



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

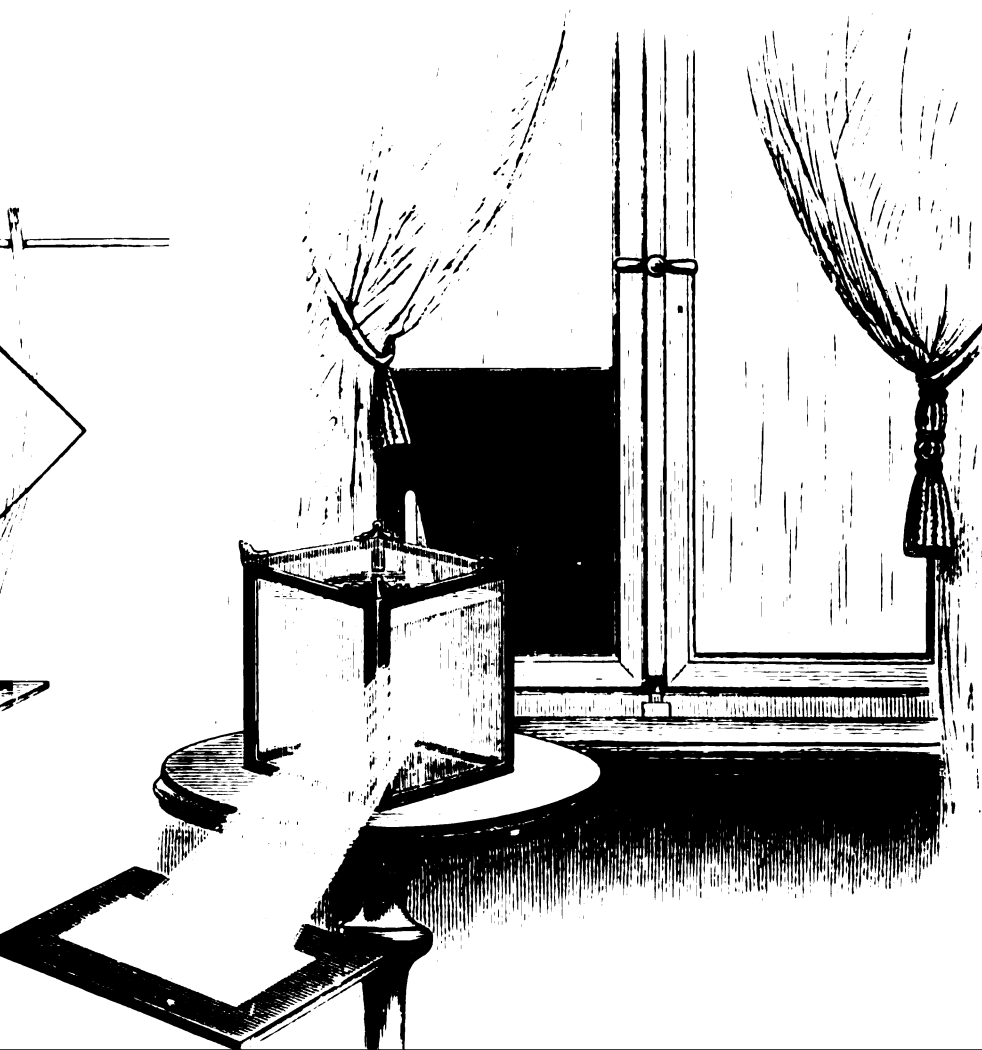
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



*Physikalisches Spielbuch
für die Jugend*

Bruno Donath

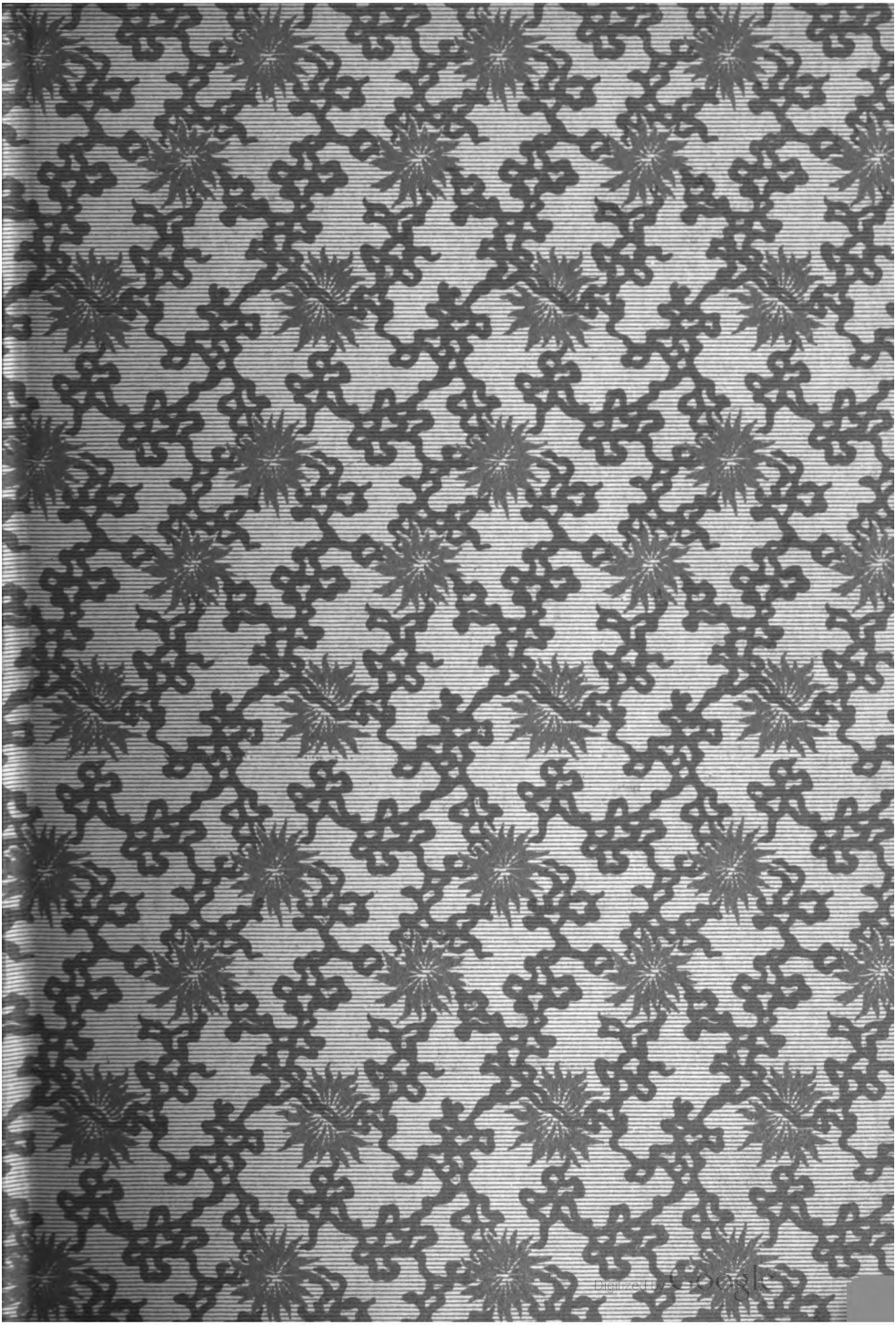
EX LIBRIS



FRITZ REDLICH

133





Physikalisches Spielbuch

für die Jugend

Physikalisches Spielbuch

für die Jugend

Zugleich eine leichtfaßliche Anleitung
zu
selbständigem Experimentieren und fröhlichem Nachdenken

Von

Dr. B. Donath

Mit 156 eingedruckten Abbildungen

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn
1902

KE15110



Alle Rechte, namentlich dasjenige der Übersetzung in fremde Sprachen,
vorbehalten

V o r w o r t.

Vor Jahresfrist wurde mir seitens der Verlagsbuchhandlung W. F. U. Zimmermanns Buch „Physikalische Kunststücke“ mit dem Ersuchen überandt, eine Neubearbeitung desselben zu übernehmen. Die Anregung hierzu war von Herrn Professor E. Wiedemann in Erlangen ausgegangen, der mir später schrieb, daß er dem Buche viel verdanke und es schon von seinem Vater, der seine ersten physikalischen Versuche danach angestellt, überkommen habe. Trotz dieser Empfehlung zögerte ich anfangs zuzusagen, denn in meinen Händen befand sich ein fast vergessenes Opus, vergilbte Blätter, die kaum mehr einen Wert zu besitzen schienen. Je mehr ich jedoch in ihnen las, desto interessanter erschienen sie mir und desto rückhaltloser mußte ich den Verfasser bewundern, der es, selbst wissenschaftlich durch und durch gebildet, verstanden hatte, zu Kindern zu sprechen und die Pestalozzische Lehrmethode auf das Gebiet der Physik zu übertragen. Daß vieles an seinem Buche heute altmodisch und wunderbar anmutet, ist selbstverständlich, daß vieles nach dem jetzigen Stande unseres

Wissens sogar falsch ist, darf ebenso wenig überraschen. Doch war es nicht dieser Umstand allein, der mich von einer oberflächlichen Bearbeitung abraten und eine freie Neuschaffung empfehlen ließ. Die Zeiten haben sich geändert und unsere Jugend ist eine andere, leider auch anspruchsvollere als ehedem. Sie wächst auf in einer unseren Großvätern noch völlig fremden Welt von Begriffen, einer Welt, die diesen, könnten sie wieder unter uns treten, voll des unheimlichen Zaubers erscheinen müßte. Elektrisches Licht, elektrische Wagen, Telephonie, Telegraphie, tausendpferdige Dampfmaschinen sind dem Knaben von heute, wenigstens dem Begriffe nach, geläufige Dinge. Seine Belehrung muß aus neuen Gesichtspunkten heraus erfolgen. So bleibt denn von dem Zimmermannschen Buche kaum etwas übrig als die fruchtbare und gewiß auch einwandfreie Idee: Unter der Form leichter Beschäftigung und amüsanten Spieles zu unterhalten und zugleich zu belehren. Sie wurde als wertvollster Bestandteil auch dem neuen Buche zu Grunde gelegt.

Was die formale Seite anbelangt, so konnte der Stoff nicht unwesentlich erweitert werden auf Kosten derjenigen Versuche, welche sich nicht über den Wert einer gewöhnlichen Spielerei erheben und derjenigen, die sich weit mehr an den Geldbeutel als an die Geschicklichkeit und den ausdauernden Willen des jungen Experimentators wenden. An geeigneten Stellen habe ich die Darstellung vertieft, um so auch den Bedürfnissen der reiferen Jugend entgegenzukommen. In dem Bestreben, den Stoff mehreren Altersklassen zugleich entsprechend zu gestalten, ohne dabei die Einheitlichkeit der Darbietung zu verletzen, habe ich die größten Schwierigkeiten

gefunden. Inwiefern sie glücklich überwunden sind, möge der erwachsene Leser beurteilen, der in seinen Mußestunden vielleicht nicht ungern in dem Büchlein blättert.

Möge das Werkchen in seinem anspruchlos heiteren Gewande eben soviel Freunde finden, wie sein Vorbild vor 60 Jahren.

Berlin, im November 1902.

Dr. B. Donath.

Inhaltsverzeichnis.

An unsere jungen Leser	Seite 1
----------------------------------	------------

Die Werkstatt.

Arbeiten aus Pappe	3
Arbeiten aus Holz	6
Arbeiten aus Blech	11
Das Löten	13
Die Bearbeitung des Glases	16
Werkzeuge und Materialien	19

Erster Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Mechanik.

Von der Trägheit eines Körpers	21
Die Kugel an einer Schnur	22
Postkarte und Taler	24
Einen Holzstab zu zerbrechen, der auf zwei Gläsern ruht, ohne diese zu zerbrechen	25
Derselbe Versuch mit einem Pfeifenstiel	26
Vom Schwerpunkt eines Körpers	26
Der aufwärts rollende Zylinder	27
Der Stehauf	31
Versuch mit einem Doppellegel	32
Jemand so zu stellen, daß er das Bein nicht heben kann	34
Jemand so zu setzen, daß er nicht aufstehen kann	34
Von der Zentrifugalkraft	34
Ein Gefäß voll Wasser so mit der Öffnung nach unten zu bringen, daß nichts ausfließt	35

	Seite
Die Zentrifugalbahn	36
Amüsante und lehrreiche Versuche mit dem Kreisel	38
Kreisel und Erde (Erklärung der Jahreszeiten)	42
Vom Luftdruck	45
Der Luftballon	46
Geschichtliches	48
Bau einer Montgolfière	52
Bau einer Charlière	55
Ein Versuch mit dem Barometer	57
Von allerhand Flugmaschinen	59
Der Drache	59
Der photographische Drache	67
Flugschraube und Bumerang	69
Ein künstlicher Schmetterling	72
Mechanischer Vogel	75
Vom Flug des Menschen	77
Licht und Papierblüte	78
Kugel, Karte und Garnröllchen	79
Eine Kugel, die auf einem Luftstrahl tanzt	80
Rauchringe in der Luft und Lufttringe im Rauch	82
Ein mit Wasser gefülltes Glas umzukehren, ohne daß ein Tropfen herausläuft	83
Der Wundertrichter	84
Eine Fontäne, die auf Kommando fließt	85
Der Heber	87
Der Heronsball	91
Der Heronsbrunnen	93
Der Kartesianische Taucher	96
Künstliche Bluteigel	100
Pumpen und ihre Verfertigung	101
Ein ganz einfacher Zimmerspringbrunnen	107
Der hydraulische Widder	108
Der Rückstoß	109
Das Rückstoßrad	110
Eine Dampfmaschine für 50 Pfennige	111
Billiger Dampfer	112
Zu bestimmen, welche von zwei Flüssigkeiten die schwerere ist, ohne sie zu berühren oder auf eine Wage zu setzen	114
Ein Ei inmitten einer Flüssigkeit schwebend zu erhalten	117
Schwebende Kugel aus Öl	117
Allerhand Versuche mit Seifenblasen	119
Die Seifenblase als Luftballon	119

	Seite
Eine Seifenblase in der anderen	122
Die Seifenblase als Blasebalg	123
Figuren aus Seifenhäutchen	124

Zweiter Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Schallehre.

Vom Schall überhaupt	127
Die Geschwindigkeit des Schalles	129
Wie mißt man die Entfernung eines Gegenstandes ohne Meterstab	129
Einen Schlag so auszuführen, daß man ihn doppelt hört	132
Die unsichtbare Spielbause	134
Ein billiges Telephon (Fadentelephon)	134
Künstliches Kirchturmgeräusch und künstlicher Donner	135
Das Sprachrohr	136
Akustische Täuschungen	140
Die redende Figur (Hohlspiegelgesetze)	143
Das unsichtbare Mädchen	148
Bauchredner	151
Der musikalische Streifen (Tonverhältnisse)	156
Tönende Luftsäulen (Resonanz)	166
Eine Harmonika aus Holzstäben	170
Der Dreiklang auf Pappfalteralen	177
Musizierende Weingläser	178
Klangfiguren	180
Ein tönender Wasserstrahl (hydraulisches Mikrophon)	184
Schallempfindliche Flammen	188

Dritter Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Wärmelehre.

Ein Thermometer aus Metall	193
Luftthermometer	195
Die Wärmeschlange	196
Wärmeerzeugung ohne Feuer	197
a) durch Reibung (Arbeit)	199
b) durch chemische Vorgänge	202
Wärmemischungen	204
Erwärmung einer Flüssigkeit durch Umschütteln	208
Künstliche Kälte in warmen Räumen	210
Kältemischungen	212
Künstlicher Nebel in einer Flasche	213

Vierter Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Lichtlehre.

	Seite
Von der Sonne	219
Bau einer Sonnenuhr	222
Gegenläufige Schatten an der Wand	227
Bunte Schatten	228
Langende Schatten	230
Der Geisterreigen	230
Bilder durch ein Loch	232
Ein billiger photographischer Apparat (Beschreibung einer photographischen Aufnahme)	233
Photographische Aufnahme mit einer Zigarrenkiste	241
Die Camera obscura (Bisencamera)	242
Die Spiegelcamera (als Zeichenapparat)	245
Das Auge eine Bisencamera	247
Künstliches Auge aus einem Gummiball	252
Allerhand photographische Scherze	255
Aufnahmen bei Mondschein	255
Blitzaufnahmen	256
Photographierte Eisblumen	257
Silhouetten	257
Verzerrte Bilder	258
Geisterphotographien	258
Selbstporträts scheinbar Tiere	259
Die Laterna magica	261
Projektion von Experimenten	270
Der Spiegel	275
Spiegelbilder ohne Ende	278
Ein Spiegel, in dem Rechts und Links nicht vertauscht ist	279
Ein Spiegel, in dem man drei Augen und zwei Nasen hat (Figurspiegel)	281
Das Kaleidoskop	282
Vorrichtung, um (angeblich) durch ein Brett zu sehen	284
Durchsichtige Spiegel	286
Erscheinung eines Blumenstraußes in einer leeren Vase	287
Der Profilspiegel	288
Hohlspiegel	289
Von der Anfertigung eines Hohlspiegels	293
Zwei Rezepte zur Versilberung von Glas	295
Schwlebende Blumen und andere Gegenstände	298

Anders gekrümmte Spiegel (Kugel- und Zylinderspiegel) „Anamor- phosen“	300
Optische Wiederherstellung von verzerrten Zeichnungen ohne Spiegel	303
Das Prisma	303
Aquarium und Waschküffel als Prisma	308
Was das Prisma verrät	311
Ein billiges Spektroskop	312
Der Farbkreisfel	315
Farben in hellem Licht schwarz erscheinen zu lassen	316
Einen Buchstaben in heller Beleuchtung verschwinden zu lassen	318
Ein leuchtender Springbrunnen	319
Eine Fata Morgana auf der heißen Herdplatte	322
Farbenspiele im Fernrohr	324
Durchsichtige Körper bunt erscheinen zu lassen, ohne sie zu färben .	326
Mit Hilfe von Glasplatten zu erkennen, ob in einem Glase Zucker aufgelöst ist	331
Optische Täuschungen	332
Raumtäuschungen	333
Richtungstäuschungen	336
Bewegungstäuschungen	340
Täuschungen durch Überstrahlung	347
Ermüdungs- und Farbentäuschungen	349
Gefärbte Schatten als optische Täuschung	351

Fünfter Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Elektrizitätslehre.

Reibungselektrizität.

Ein Körper gerät in den elektrischen Zustand	353
Seifenblase und Siegellackstange	354
Holundermarkpendel und Glasstab	355
Der folgsame Spazierstock	356
Uno-Rato	357
Ein sonderbarer Springbrunnen	358
Von den Leitern und Nichtleitern	359
Zweierlei Arten von Elektrizität	361
Elektrische Schweinsblasen	366
Positive und negative Elektrizität	366
Der Elektrophor	367
Von der Anfertigung einer Reibungselektrifiziermaschine	370
a) Scheibenmaschine	371
b) Zylindermaschine	376

	Seite
Der Kugeltanz	377
Tanzende Puppen	378
Elektrisches Glodenspiel	380
Elektrische Brettschaukel	381
Mit der Elektrifiziermaschine ein Licht auszublasen	382
Das elektrische Mühlrad	385
Elektrisches Flugrad	386
Elektrischer Rückstoßwagen	387
Elektrische Funken	389
Der Heiligenschein	390
Der Folierschemel	390
Begleider Flaschen und Batterien	392
Richtenberg'sche Figuren	400
Elektrische Entladung durch eine Kette von Menschen	402
Die elektrische Weinflasche	403
Eine Waschkübel als Geldschrank	404
Der elektrische Zitterfisch	404
Die elektrifizierte Lärklinke	405
Das elektrische Blasrohr	406
Der elektrische Rechenmeister	407
Das Gewitter in der Stube	409
Blitztafeln	414
Funkenröhren	418
Elektrisch leuchtende Buchstaben	419
Die Funkenspirale	420
Die Funken säule	420
Batterie leuchtender Gläser	421
Elektrisch leuchtende Landschaften	423
Der Scheibenschütz	424
Elektrische Seeschlacht	424
Die elektrische Knallgasanone	425

Magnetismus.

Künstliche Magnete	428
Magnetische Regeln	430
Von der Anfertigung eines Kompasses	432
Ein magnetisches Roulettspiel	435
Ein angebliches Röntgenperspektiv	437
Farben in einer Pappschachtel zu erkennen	438
Der magnetische Stundenzeiger	439
Einrichtung des magnetischen Tisches	440
Die klugen Fische	443

	Seite
Der eigensinnige Vogel	444
Ein magnetischer Taucher	446
Die überempfindliche Waage	448
Spiel mit schwimmenden Magnetpolen	449
Magnetische Linien, Sträucher und Bäume	450

Der galvanische Strom.

Vom galvanischen Strom, den Elementen und Batterien	457
Drähte	461
Der elektrische Strom zerlegt das Wasser in zwei Gase	462
Knallgastelegraphie	464
Zwei Farben in derselben Flüssigkeit durch den elektrischen Strom hervorzurufen	467
Der gehorsame Schreibstift	467
Gegenstände mit dem galvanischen Strom zu verkupfern und nachzubilden	468
Bleibaum und Bleilaube	471

Magnetismus und Elektrizität.

Elektromagnetische Telegraphenapparate aus Streichholzschachteln	472
Die beweglichen Augen	476
Magnetismus durch Elektrizität	476
Der Klopftisch	480
Die Wünschelrute	482
Eine elektromagnetische Kanone	483
Der elektrische Schmetterling	484
Die Hausklingel als Elektrifizierapparat	485
Elektrische Bewegungsmaschinen (Elektromotore)	488
Elektrizität durch Magnetismus	492
Wasser, das ohne Feuer kocht	494

Sechster Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Chemie.

Die Bereitung des Wasserstoffes	496
Experimente	497
Das Knallgas	501
Die Bereitung des Sauerstoffes	502
Verbrennungsercheinungen im Sauerstoff	504
Feuererscheinungen unter Wasser	506
Eisen in freier Luft verbrennen zu lassen	507
Die Bereitung der Kohlensäure	508

	Seite
Ein Licht mit einem unsichtbaren Gase auszugießen	509
Die Farben Schwarz, Weiß, Rot zu erzeugen durch Eingießen einer wasserklaren Flüssigkeit in drei andere eben solche	511
Entstehen und Verschwinden einer blauen Farbe	512
Tinte (scheinbar) in Wasser zu verwandeln	512
Eine Flüssigkeit durch Zusatz von zwei farblosen Flüssigkeiten rot oder blau zu färben	513
Farbenänderungen einer Kohlablöchung	514
Eine grüne Flüssigkeit in eine rote zu verwandeln und umgekehrt	514
Eine gelbe Flüssigkeit, die durch Umgießen blau wird	515
Farbenänderungen durch Erhitzung	515
Grün geht durch Erwärmung in Rot über	516
Unterhaltende Anwendung der vorigen Versuche	516
Mit einer farblosen Flüssigkeit Tintenschrift hervorzubringen	516
Wie die rein gewaschenen Hände an einem sauberen Hand- tuch schwarz werden können	516
Mit derselben Farbe blau und rot zu malen	517
Eine rote Rose in eine weiße, darauf in eine grüne und schwarze zu verwandeln	518
Sympathetische Tinten	519
A) Tinten, welche durch eine Flüssigkeit sichtbar werden	519
B) Tinten, welche durch Erwärmung sichtbar werden	520
C) Tinten, welche durch Licht sichtbar werden	521
Tinte, welche durch ihren Streusand sichtbar wird	522
Eine Winterlandschaft in eine Sommerlandschaft zu verwandeln	522
Rosen, deren Farbe sich mit dem Wetter ändert	522
Die Zauberschachtel	524
Die erratene Karte	524
Eine Karte in die andere zu verwandeln	525
Leuchtende Schrift an der Wand	525
Bunt leuchtende Flammen	526
Bengalische Feuer und Lichter	527
Das Pulvermännchen	531
Buntes Kaminfeuer	532
Künstliche Nebel aus Salmiak	532
Künstlicher Nebel im Zimmer	534
Kristallzüchtere	534
Körbchen und andere Gegenstände aus Kristallen	538
Einen Gegenstand an der Asche eines verbrannten Zwirnsfadens aufzuhängen	539
Die Pharaoschlange	540
Namen- und Sachregister	542

An unsere jungen Leser!

Wir wollen gute Kameraden sein, in unseren Freistunden einander aufsuchen und mit unseren wenigen, zum Teil selbstgefertigten Handwerkszeugen hämmern, feilen, sägen und hobeln, daß es eine Lust ist. Freilich ist kein Meister vom Himmel gefallen; auch wir werden bei der Herstellung unserer kleinen, zum Teil amüsanten, immer aber in ihrer Art lehrreichen und zum fröhlichen Nachdenken anregenden physikalischen Apparate und Maschinenten nicht gleich Vollkommenes leisten. Doch das schadet gar nichts und niemand wird um einiger mißlungener Versuche willen die Flinte ins Korn werfen wollen. Verständige Überlegung, Geschicklichkeit, die bald erworben werden kann, vor allem aber Geduld führen stets zum Ziel. Unsere Versuche werden uns dafür viel Freude bereiten; auf jeden Unbefangenen aber müssen sie wirken wie Wunder, fast wie Zauberei und das ist sehr verständlich. Ist doch das ganze Naturgetriebe um uns, das Streben der Körper zur Erde, das Zucken der Blitze, das erhabene Rollen des Donners sowohl wie das Blühen der Bäume, der majestätische Reigen der Weltkörper wie das stille Schaffen des Sonnenlichtes im Grün der Blätter, die aufbauende Arbeit kleinster Kräfte im Kristall wie die vernichtende Wucht des Bogenanpralles — ist doch alles dies nichts als ein großes Wunder, ein Wunder, das vom Menschengesicht erst begriffen wird, wenn er die Natur geschickt genug befragt, um nicht gleich der sinnverwirrenden Antworten

auf einmal zu viel zu erhalten. Jedes Experiment ist eine solche Frage an die Natur und voll wißbegieriger Fragen ist auch dieses Buch, das durchlesen, aber nicht durchblättern sein will.

Wir laden alle unsere jungen Freunde zu unseren Versuchen ein und sind für unsere kleine Mühe reichlich entschädigt, wenn wir Staunen und Bewunderung auf ihren Mienen lesen.

Nichts ist selbstverständlich, nichts ist alltäglich, als was der Mensch dazu macht, und mit dem Bewundern fängt die Naturerkenntnis an.

Die Werkstatt.

Nun ans Werk! Wer bauen will, bedarf des Baumaterials ebenso wie des Handwerkzeuges. Beides wollen wir auf das Mindestmaß beschränken, denn Geschicklichkeit und Ausdauer gelten noch immer das meiste. Aber ohne eine kleine Werkstatt kommen wir doch nicht aus, und schließlich werden uns unsere Eltern gern ein Winkelchen dafür anweisen, denn etwas Handwerkzeug und eine geschickte Hand, die mit kleinen Reparaturen umzugehen weiß, ist in jedem Haushalt erwünscht.

Man wolle nun aber ja nicht alles selbst machen, was in diesem Buche angegeben ist. Einige Erfahrung entscheidet schnell, welche Arbeiten man besser dem Handwerker überläßt. Sie werden besser und auch billiger ausfallen, als wenn man selbst Zeit, Mühe und Material daran verschwendet. Wir denken z. B. an das Rundschneiden von Glasplatten, die Anfertigung von Blechröhren, das Ausdrehen von Holzkegeln und andere Dinge mehr.

Im allgemeinen aber sind unsere Apparate weniger schön und elegant als zweckmäßig. Pappe, dünnes Blech, etwas Holz und Glas, Nägel und Leim genügen zu ihrer Herstellung. Im folgenden Abschnitt sollen in aller Kürze die Manipulationen beschrieben werden, welche immer wiederkehren und gleichsam die Elemente unserer Handwerkskunst bilden.

Arbeiten aus Pappe. Pappe ist ein Material, das wir für unsere Arbeiten nicht hoch genug schätzen können. Aus Pappe lassen sich fast alle Apparate herstellen, zu denen man sonst Holz

und Metall gebraucht. Aber nicht jede Sorte von Pappe ist brauchbar. Wir wählen die graue, feste Buchbinderpappe von etwa 1 bis 2 mm Dicke und nicht jene ordinäre leicht brüchige Sorte, wie man sie zum Einpacken von Waren verwendet. Es ist kein Nachteil, wenn die Pappe beiderseits geleimt ist.

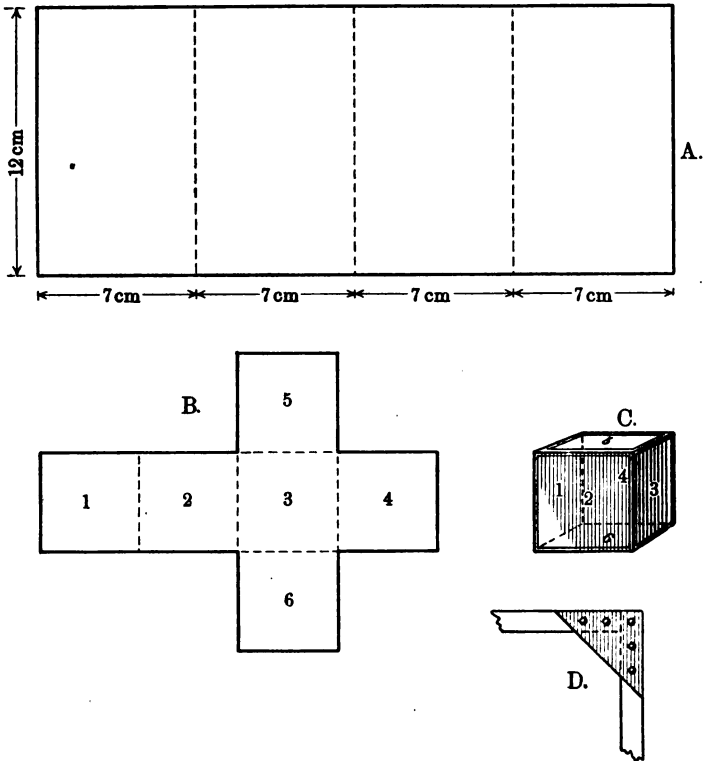


Fig. 1. Arbeiten aus Pappe.

Am leichtesten stellen sich aus Pappe Gebilde her, die durch ebene Flächen begrenzt sind, z. B. Würfel, Kästchen, Pyramiden u. s. w. Man hat dazu keineswegs nötig, alle Flächen des Körpers einzeln auszuschnneiden und dann mit Hilfe von Papierstreifen zusammenzukleben, kann vielmehr fast stets einige Flächen im Zusammenhang

lassen und gegeneinander knicken. Wenn es sich z. B. darum handelt, die beiderseits offenen Kasten für die Glasplattenfäße auf Seite 327 anzufertigen, wird man am zweckmäßigsten so verfahren (Fig. 1):

Man schneidet von der Pappe einen Streifen ab, so breit, als der Kasten lang ist und viermal so lang als die Schmalseite des Kastens (also 12 cm breit und $4 \times 7 = 28$ cm lang). Zum Schneiden der Pappe nehme man niemals eine Schere, sondern ein scharfes Taschenmesser, das man an einem starken und gut anliegenden Lineal entlang führt. Den ersten Schnitt führt man mit mäßiger Kraft, um ein Abgleiten des Messers zu verhüten, bei den späteren Schnitten kann man stärker aufdrücken, da die Klinge dann bereits eine Führung vorfindet. Als Unterlage diene ein hartes Holzbrett, wie man es in der Küche findet.

Ist der Streifen genau rechtwinklig hergestellt, so schneidet man ihn in Abständen von 7 zu 7 cm ein, wie die Figur es zeigt, indem man den Schnitt etwa bis auf die Hälfte der Pappendicke vertieft. Man wird dann finden, daß sich die Pappe leicht und völlig scharfkantig nach der dem Schnitt entgegengesetzten Seite umknicken läßt, ohne zu brechen. So entsteht dann ohne weitere Umstände der gewünschte Kasten. Die letzten beiden, frei zusammenstoßenden Kanten werden durch ein schmales Streifen Papier sorgfältig verklebt. Überhaupt empfiehlt es sich, die gebrochenen Kanten nicht nur des besseren Aussehens, sondern auch der besseren Haltbarkeit wegen mit Papierstreifen oder besser noch mit dem in jeder Papierhandlung erhältlichen, Kaliko genannten, Leinwandstoffe zu bekleben.

Handelt es sich um einen rings geschlossenen Körper, beispielsweise einen Würfel (Fig. 1, B und C), so wird man ebenfalls den Zuschnitt aus einem Stück machen können, indem man die Knickschnitte in der durch die punktierten Linien angedeuteten Weise führt. Die Flächen 5 und 6 bilden Deckel und Boden des Würfels.

In ähnlicher Weise wird man bei einiger Überlegung auch für andere Körper Modellschnitte ausfindig machen. Oft hilft dabei eine einstweilen aus Papier zurechtgeschnittene Probefigur auf

den richtigen Weg. Haupterfordernis ist aber genaueste, ja peinlich akkurate Arbeit, Verwendung des Winkels und Lineals unter allen Umständen.

Als Klebemittel verwenden wir nicht Gummi arabikum, auch nicht den sogenannten Fischleim, sondern einen Kleister, der leicht nach folgendem Rezept bereitet wird. Man löst etwa einen Eßlöffel voll Stärke in einem Tassentopf voll kalten Wassers und bringt dann die Lösung unter ständigem Umrühren in einem Topf über das Herdfeuer oder über eine Lampe, bis sich die heiße Flüssigkeit beim Quirlen plötzlich in einen durchscheinigen Brei verwandelt. Dann ist der Kleister fertig. Er hält sich etwa einen Tag gebrauchsfähig und besitzt den Vorzug, gut zu binden und nicht zu schmutzen. Zum Aufziehen von Photographieen eignet er sich vorzüglich.

Mit großem Vorteil läßt sich Pappe auch als Befestigungsmittel bei Holzarbeiten verwenden, da sie sich vorzüglich mit kleinen Nägeln (sogenannten Kammzwecken) gegen Holz festnageln läßt. Als Beispiel möge die in Fig. 1, D dargestellte Zusammenfügung zweier leichter Holzplatten durch eine Pappdecke dienen. Soll die Verbindung recht fest werden, so nagelt man beiderseits Pappe auf und nimmt sie nicht unter 2 mm stark.

Die Bearbeitung des Holzes. Unsere kleine Werkstatt enthält vor der Hand nur das Notdürftigste. Hobel und Hobelbank finden wir in ihr nicht vor, noch weniger natürlich eine Drehbank. Wir werden daher Wert darauf legen, uns mit einem Tischler und Drechsler in der Nachbarschaft zu befreunden, der sich bald für unsere kleinen Arbeiten interessieren und gern bereit sein wird, mit seiner geschickten Hand und seinen guten Werkzeugen unseren Bemühungen nachzuhelfen. Jedenfalls wird er eine etwaige Bezahlung niedrig genug bemessen.

Es sollen daher hier nur solche Holzarbeiten besprochen werden, die ohne weitere Umstände ausgeführt werden können. Zu ihnen gehören in erster Linie alle Laubsägearbeiten, soweit es sich darum handelt, Brettchen die richtige Form zu geben oder sie so zurecht

zu schneiden, daß man sie aneinanderpassen und verleimen oder vernageln kann. Zur Laubsägearbeit wird ein Sägebügel, mehrere gröbere und feinere Sägen und ein an den Tisch zu schraubender Sägebock mit keilförmigem Ausschnitt gebraucht. Eine solche Ausstattung ist heutzutage in jeder Eisenhandlung schon für wenig Geld zu haben. Unsere Leser wünschen sie sich zum Geburtstag oder zu Weihnachten.

Das Material ist in der Hauptsache, außer dem harten, weißen Laubsägeholz, das in allen Stärken käuflich ist, gutes, feinfaseriges und nicht zu schwaches Zigarrentistenholz. Soll aus letzterem beispielsweise ein Grundbrettchen für einen Apparat gefertigt werden, so wird mit scharfen Bleistiftlinien und unter Zuhilfenahme von Lineal und Winkel (es lohnt sich stets, aus einer Eisenhandlung einen guten eisernen Winkel zu kaufen) der Umriss auf das Holz aufgetragen und zwar so, daß die Fasern des Holzes einer der Seiten — sagen wir der Längsseite — parallel laufen. Dann geht man an das Aussägen. Auch das Arbeiten mit der Laubsäge erfordert Übung. Man biegt den Sägebügel etwas zusammen, so daß die zwischen die Klemmbanken desselben eingespannte Säge gerade gezogen wird. Die Zähne der Säge sind dabei nach vorn und unten — dem Handgriff des Bügels zu — gerichtet. Es ist am besten, wenn man den Sägebügel so ergreift, daß er nicht gegen den Körper gerichtet ist, sondern etwa über dem Unterarm steht. Das Sägeblatt muß dann etwas nach rechts gedreht werden, wozu der Bügel eine Vorrichtung besitzt.

Der Arbeitende sitzt vor dem an den Tisch geschraubten Sägebock, auf dessen Platte er das Holzbrettchen liegen hat und mit der linken Hand so dirigiert, daß die Säge immer der Vorzeichnung folgt. Wer nicht lernt, die Säge senkrecht zu führen und ohne Ungebuld und scharfen Druck nach vorn, stetig arbeiten zu lassen, wird niemals eine auch nur leidliche Laubsägearbeit zustande bringen.

Das ausgesägte Brettchen ist nun noch keineswegs geeignet, dem von uns im Auge gehaltenen Zwecke zu dienen, da es einmal zu schwach ist und dann das Bestreben hat, sich der Faser

nach zu werfen. Beiden Übelständen helfen wir ab durch Ausfügen eines zweiten, gerade so großen Brettchens, dessen Holzfasern jedoch quer zu denen des ersten — also in unserem Falle parallel zur schmalen Seite — verlaufen. Beide Brettchen werden dann aufeinander geleimt oder, wenn die Dicke noch nicht genügt, noch ein drittes, dem ersten ganz gleiches hinzugefügt, so daß die Brettchen 1 und 3 das zweite Brettchen zwischen sich einschließen (Fig. 2, A).

Aber Leimen ist auch eine Kunst. Wie oft wird unrichtig geleimt. Es ist durchaus notwendig, die zu leimenden Flächen auf das beste zu reinigen, was zweckmäßig durch Abreiben mit grobem Sandpapier geschieht. Der Leim wird heiß mit einem Pinsel gleichförmig und nicht zu dick aufgetragen und zwar auf beide Teile.

Darauf werden die Flächen scharf aneinander gepreßt, am besten mit Tischlerschraubzwingen. In Ermangelung letzterer genügt auch eine kräftige Belastung mit schweren Gewichten. Keinesfalls aber entferne man die Belastung vor Ablauf von mindestens 10 Stunden, da der Leim eher nicht abbindet, und man dann in die Gefahr kommt, eine Arbeit zu erhalten, die nach einiger Zeit wieder auseinander plagt. Überhaupt merke man sich, daß Ungebuld nirgends schlechter angebracht ist als bei unseren Arbeiten. Wer nicht viel Zeit übrig hat, der arbeite langsam und vorsichtig.

Wir verwenden den gewöhnlichen, in Tafeln käuflichen Tischlerleim, der zerbrochen, in kleinen Stücken heißem Wasser so lange zugesetzt wird, bis, unter stetigem Umrühren mit einem Holzspachtel, eine nicht zu zähflüssige Masse entsteht. Es ist ganz zwecklos, Fischleim oder gar Gummi arabikum, etwa weil man es gerade zur Hand hat, für Holzarbeiten zu verwenden.

Handelt es sich darum, Nähmchen aus Holz herzustellen, so ist es unzumutbar, schmale Brettstückchen an den Ecken aufeinander zu nageln, oder zu leimen, da sie dann nicht in eine Ebene zu liegen kommen. Das einzuschlagende Verfahren ist einfach und man sollte nicht zögern, es anzuwenden, um eine saubere Arbeit

zu erzielen. Man legt die Brettchen mit ihren Enden im rechten Winkel genau passend aufeinander und merkt durch einen Bleistiftstrich die Breite des einen auf dem anderen an. Auf den Bleistiftstrichen sägt man mit der horizontal gehaltenen Laubsäge bis auf

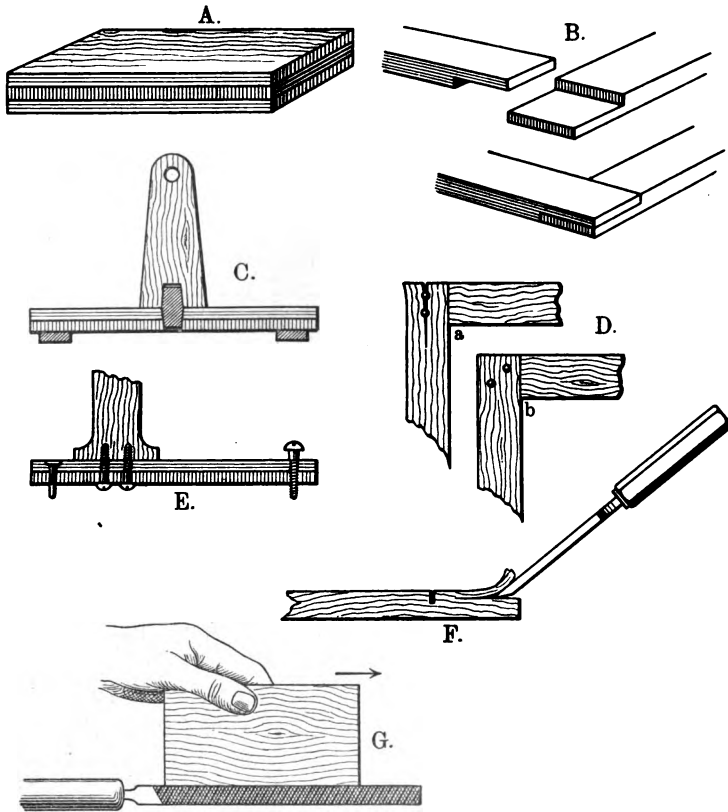


Fig. 2. Arbeiten aus Holz.

die halbe Dicke des Holzes ein und spaltet dann das Holz, mit einem scharfen Taschenmesser am Ende des Brettchens ansetzend, bis zum Einschnitt so weit ab, daß von diesem bis zum Ende das Brettchen nur noch seine halbe Dicke behält. Geschieht dies an

beiden Brettchen, so passen sie dann, rechtwinklig aufeinander gelegt, derart zusammen, daß an der Auflagestelle die Brettdicke nicht überschritten wird. (Vergl. Fig. 2, B a. v. C.) Beim Aufeinanderpressen herausquellender Leim wird sofort abgekragt.

Glaubt man durchaus mit dem Nageln schneller und besser fortzukommen, so wähle man dünne Stifte mit flachem Kopf. Der Hammer sei leicht (ein sogenannter Niethammer), die Schläge scheitelrecht treffend, kurz und nicht zu kräftig. Hat man mehrere Nägel einzuschlagen, so achte man darauf, daß sie nicht hintereinander zwischen dieselben Holzfasern gesetzt werden, da sie sonst das Holz aufspalten (Fig. 2, D a). Sie werden vielmehr gegeneinander verkegt, wie es die Figur unter b zeigt. Sollen hölzerne Gegenstände auf einem Brett befestigt werden — sagen wir einmal ein Lagerbock für eine Welle (Fig. 2, C u. E) —, so genügt im allgemeinen ein Aufleimen allein nicht, man schraubt dann den Gegenstand entweder von unten her an (Messingschrauben sind den eisernen, da sie nicht rosten, vorzuziehen), oder man bohrt sowohl in den Bock wie in das Brett ein Loch, um dann, wie es die Figur verdeutlicht, einen beide Stücke verbindenden Holzpflock mit einzuleimen. Schraubenslöcher sollte man, um ein Blagen des Holzes zu vermeiden, stets mit einem Nagelbohrer vorbohren. Besser ist ein sogenannter Drillbohrer, für größere Löcher ein Zentrumbohrer, der allerdings teuer ist.

Statt der ungeleimten Holzfüße kann man, namentlich bei Apparaten, welche unter keinen Umständen wackeln dürfen, auch starke Nägel verwenden, die man von oben her an den Ecken durch das Holz treibt (vorbohren!) und an der Spitze etwas rund feilt. Die vierte Ecke erhält eine Schraube und damit einen in der Höhe regulierbaren Fuß, so daß durch diese Vorrichtung stets ein fester Stand erzielt werden kann (Fig. 2, E).

Soll in der Mitte eines Brettes ein Kreis oder sonst irgend eine andere Figur ausgefägt werden, so bohrt man innerhalb derselben ein Loch und steckt die aus ihrer oberen Klemme befreite Laubfäge von unten hindurch, um sie darauf wieder in der Klemme des Bügels zu befestigen. Es ist selbstverständlich, daß

hierbei die Größe des Werkstückes durch die Tiefe des Sägebügels begrenzt ist.

Zusammengeleimte Brettchen pflegen nicht so schön scharfkantig und an den Seiten nicht so glatt auszufallen, als man wünscht. Hier kann man leicht nachhelfen, indem man die betreffende Fläche, das Brett hochkant haltend, in der Längsrichtung über eine mittelgroße Feile zieht (Fig. 2, G). Läßt man sich hierbei Zeit und führt die Striche, ohne dabei zu kanten, so kann man einer glatten und scharf begrenzten Fläche sicher sein. Sind alle groben Unebenheiten beseitigt, so wiederholt man die Prozedur auf grobem Sandpapier, das man zu dem Zweck auf ein ebenes Brett heftet. Wollte man mit dem Papier in der Hand schleifen, so könnte man nie auf scharfe Kanten, die jeder Arbeit ein so sauberes Aussehen verleihen, rechnen. Durch Nachschleifen mit feinerem und schließlich feinstem Sandpapier erhält man ein Resultat, das sich schon sehen lassen kann. In dieser Weise werden alle Flächen bearbeitet. Wo man nicht hinzu kann, wie etwa bei den Innentanten von Rähmchen, wickelt man Sandpapier glatt um ein linealartiges Holzbrettchen und sucht, mit diesem hin und her streichend, eine Glättung und Säuberung zu erzielen. Vorausgegangene Genauigkeit beim Sägen nimmt viel von dieser Arbeit ab.

Will man ein übriges tun und der Arbeit ein politurähnliches Aussehen verleihen, so überstreicht man in der Richtung der Faser mit einer Lasur, die durch Auflösung von 10 bis 15 g Schellack in einem viertel Liter Alkohol leicht und billig herzustellen ist. Es dient dazu ein weicher breiter Pinsel.

Der gute und genaue Bau eines Apparates bleibt aber die Hauptsache. Alle Bearbeitung und Lasur können ihm kein Ansehen verleihen, wenn er krumm und schief dasteht.

Wollen wir uns außer gutem Zigarrentisten- und Laubsägeholz einige Vorräte an Holz halten, so empfiehlt es sich, beim Tischler einige gehobelte Brettchen in verschiedener Größe bis etwa 25 qcm, etwa einen halben Zoll (13 mm) dick und einige Lattenstücke von quadratischem und rechtwinkligem Querschnitt, höchstens

2 cm dick, zu kaufen. Der Tischler hat immer für uns passende Abfälle umherliegen und behobelt sie uns gern. Astfreies, trockenes Kiefernholz ist am geeignetsten.

Arbeiten in Metall. Wir brauchen nur wenig Material für unsere Zwecke. Etwas Zinkblech, Weißblech (verzinnetes Eisenblech) und Messingblech, alle Sorten höchstens 0,5 mm dick, so daß man sie noch mit einer starken Schere schneiden kann, und etwas Messingdraht oder Kupferdraht von 1 und 2 mm Durchmesser genügen.

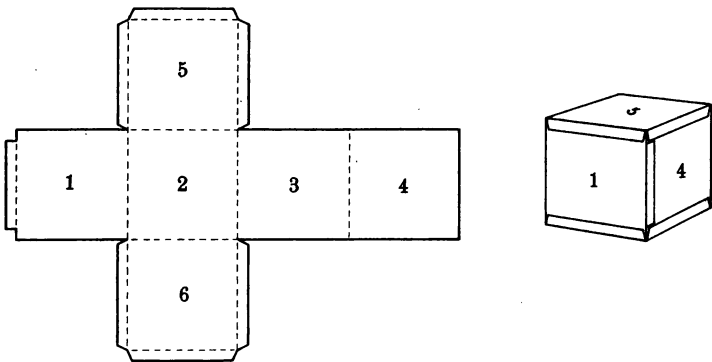


Fig. 3. Arbeiten aus Blech.

Recht nötig ist dagegen ein kleiner Schraubstock, den man am Tischrand befestigt. Größere Eisenwarenhandlungen führen derartige Schraubstöcke bereits zum Preise von 3 und 4 Mark. Man achte beim Ankauf darauf, daß die Feder, welche beim Aufdrehen die Backen des Schraubstockes auseinander sperrt, nicht zufällig fehlt.

Für Kasten und andere Hohlkörper aus Blech wird ähnlich verfahren, wie unter „Papparbeiten“ angegeben, d. h. es wird zunächst die auseinandergelegte Flächenfigur auf Blech aufgezeichnet und zwar unter verständiger Überlegung so, daß möglichst viel Seiten durch Knickung miteinander verbunden werden können. Zu beachten ist bei dem Entwurf, daß ein Überlöten von Metallstreifen

an den Schlußseiten nicht ratsam ist und eine Verlötung der scharfen Kanten miteinander nicht hält. Man läßt daher an den freien Kanten noch schmale Streifen zum Verlöten stehen und das Muster für einen Blechwürfel würde sich danach so gestalten, wie Fig. 3 es zeigt.

Fast noch mehr als bei den Papparbeiten ist hier die peinlichste Sauberkeit und Genauigkeit bei der Aufzeichnung und weiteren Behandlung geboten, denn Pappe ist ein immerhin noch etwas geschmeidiges und dehnbares Material, Blech aber starr und steif. Die Vorzeichnung erhält man unter Benutzung von Zirkel und Winkel durch Einrizen mit der Spitze einer kräftigen Stopfnadel, die, um sie besser regieren zu können, in ein vorgebohrtes Gest aus Holz mit Siegellack eingekittet wird. Ausgeschnitten wird die Figur mit einer kräftigen alten Schneiderschere. Sollte sich hierbei das Blech krümmen, so kann man es später durch Klopfen mit einem Holzhammerchen auf einer ebenen Unterlage wieder gerade richten.

Alle Sorgfalt ist auf das Knicken der Kanten zu verwenden, was sich mit einiger Genauigkeit und Schärfe nur im Schraubstock erzielen läßt. Das Blech wird so eingespannt, daß die vorgezeichnete Linie eben oberhalb der Klemmbanken zu sehen ist und dann mit der Hand das Blech herumgebogen unter Nachhilfe eines kleinen Hammers, dessen Schläge sich gegen den entstehenden Knick richten müssen. Sind erst einige Seiten umgebogen, so kann man an den Schraubstock nicht mehr heran und behilft sich dann damit, in denselben seitlich ein Stück Flacheisen einzuspannen, über das sich bei einiger Geschicklichkeit auch die anderen Seiten herumhämmern lassen.

Die umgebogenen Lappen müssen gegen ihre Seitenflächen verlötet werden. Falls man nicht vorzieht, alle Blecharbeiten einem Klempner zu übertragen, was wir zumal bei den leichteren nicht anraten wollen, muß schon zum Ankauf einer kleinen Löt-ausrüstung geschritten werden. Schließlich ist aber auch in jedem Haushalt Lötwerkzeug so erwünscht, daß man vor der kleinen Ausgabe (alles in allem etwa 2 bis 3 Mark) nicht zurückschrecken

sollte. Zu einer Lötausrüstung gehören (Fig. 4): ein LötKolben (einer zu 1,50 Mark genügt), ein Stück Salmiak, einige Stangen Lötzinn, eine Spirituslampe und Lötzwasser.

Ein vorzügliches Lötzwasser kann man nach folgendem Rezept leicht selbst herstellen. Abfälle von Zinkblech werden in einer Tasse oder einem Schälchen mit zur Hälfte verdünnter Salzsäure übergossen. Sobald nach einiger Zeit das Brausen aufhört und sich kein Zink mehr auflöst, ist das Lötzwasser fertig. Es kann, in eine Flasche gefüllt, beliebig lange aufbewahrt werden. Zum Auftragen auf den zu lötenden Gegenstand bedient man sich am besten einer Federfahne. Lötzwasser hinterläßt an den Fingern

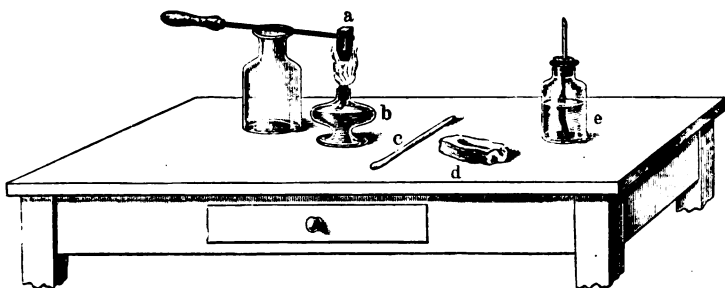


Fig. 4. Lötwerkzeuge.

einen unangenehmen, stumpf sich anfühlenden Schmutz, der mit Leichtigkeit durch Waschen mit Seifenwasser und Auftropfen von Salmiakgeist auf die betroffene Stelle entfernt wird.

Der LötKolben muß über der Spirituslampe recht stark erhitzt werden, niemals aber sollte er rotglühend sein. Unsere erste Sorge ist, die Schneide des Kolbens mit einem Überzug von Zinn zu versehen. Hierzu wird der heiße Kolben mit der Schneide in ein Schälchen mit Lötzwasser getaucht und dann gegen das Lötzinn gerieben. Nimmt er das letztere so nicht an, was der Fall ist, wenn die Schneide gar zu schmutzig ist, dann kann die erforderliche Sauberkeit durch Reiben auf dem Salmiakstück leicht erzielt werden.

Eine große Sauberkeit der miteinander zu verlötenden Teile

ist erstes Erfordernis. Sie wird erreicht durch Abreiben mit Schmirgel- oder Sandpapier. Das verzinnete Eisenblech (Weißblech) macht eine vorherige Reinigung meist entbehrlich. Einige Übung im Löten erhält man bald, wenn man seine Kunst zunächst daran versucht, Drähte zusammenzulöten, Drähte an Blech zu löten oder Blechabfälle miteinander zu vereinigen. In allen Fällen müssen die Teile gut schließend aufeinander gepaßt und in der richtigen Lage mit der Hand oder mit einer Flachzange festgehalten werden. Müssen Bleche hierbei auf eine Unterlage gelegt werden, so sei diese wegen der starken Abkühlung nicht von Metall, sondern von Holz. Die zu vereinigenden Stücke werden an den Stellen, auf welchen das Lot fließen soll, gut mit Lötwasser bestrichen. Man bedenke auch, daß stumpf aneinander gelötete Teile nicht halten, sondern daß sie sich stets mit einer genügenden Fläche berühren müssen. Drähte, welche senkrecht auf einer Blechfläche stehen sollen, werden daher rechtwinklig in die Höhe gebogen, Bleche auf mindestens 2 mm Breite übereinander gelegt. Ist der heiße LötKolben gut verzinkt, so nimmt er meist so viel Lot an, als für kleinere Gegenstände nötig ist. Man lasse alle Ungeduld beiseite und halte den Kolben ruhig auf die zu verlötende Stelle. Erst wenn diese genügend durchgewärmt ist, fließt das Lot vom Kolben herab und verteilt sich auf den Gegenstand. Hastiges Hin- und Herfahren mit dem Kolben, z. B. auf der Trennungsnaher zweier Bleche, bringt das Lot nicht schneller zum Fluß. Man nehme hierbei öfter Zinn auf den Kolben und gehe langsam vorwärts, das fließende Zinn gleichsam vor sich hertreibend. Erst wenn es erstarrt ist, können die Teile als vereinigt betrachtet werden. Bei größeren Gegenständen führt man, um mehr Lötzinn aufzubringen, die Lotstange mit dem Kolben zugleich vorwärts. Wir kommen jedoch meist schon aus, wenn wir das Lot tropfenweise mit dem Kolben aufnehmen und erzielen eine sauberere Lötung.

Selbstverständlich sehen wir davon ab, unseren Metallapparaten, besonders denen aus Messingblech, jenen goldigen Glanz zu geben, wie ihn die Mechaniker durch Auftragen von Lacken und Firnissen erhalten. Dazu gehört sehr viel Übung. Wir begnügen

uns damit, die Stücke mit feinem Schmirgelpapier, die Messinggegenstände auch mit Putzpomade, die Weißblechschalen durch Nachreiben mit Wiener Kalk recht sauber zu machen, nachdem wir überflüssiges Lot mit einer alten Feile heruntergetragt haben. Soll sich der Glanz halten, dann empfiehlt sich ein Überzug mit Schellacklösung, deren Herstellung auf Seite 9 beschrieben ist. Man trägt sie mit einem weichen breiten Pinsel gleichmäßig dünn auf und erhitzt den Gegenstand in einiger Höhe über einer Spiritusflamme so weit, daß er kaum noch mit der Hand berührt werden kann. Nach dem Erkalten wird der Überzug sehr fest und haltbar. Für grüne oder schwarze glänzende Überzüge wählt man einen guten Spirituslack, den jeder Drogist vorrätig hält.

Die von uns verarbeiteten Bleche sind so dünn — größere Blecharbeiten müssen wir ohnehin durch den Klempner machen lassen —, daß wir einer besonderen Vorrichtung zum Bohren von Löchern entbehren können, uns vielmehr damit begnügen, Löcher, wo solche etwa zum Anschrauben oder zum Einführen der Laubsäge nötig werden, durchzuschlagen. Hierzu dient ein unten stumpf zugespitztes stählernes Eisen, das unter dem Namen „Durchschlag“, für unsere Zwecke in einer Lochstärke von 2 mm, in jeder Eisenhandlung für sehr wenig Geld zu haben ist. Sein Gebrauch ist überaus einfach. Das Blech wird mit der zu durchlochenden Stelle über den Schraubstock gelegt, dessen Backen so weit auseinander stehen, daß sie den Durchschlag zwischen sich hindurchlassen. Man hält den Durchschlag mit der linken Hand senkrecht auf den zu durchlochenden Fleck und treibt ihn dann mit einem kurzen Hammer Schlag durch das Blech hindurch. Die nach unten aufgeworfenen Ränder des Loches können mit der Feile fortgenommen werden.

Es dürfte wenig bekannt sein, daß dünne Bleche sich auch mit der Laubsäge bearbeiten lassen. Ganz besonders eignen sich hierzu das Messing- und Zinkblech.

Die Bearbeitung des Glases. Glasröhren sind für unsere Zwecke ein sehr schätzenswertes Material, das zudem gar nicht so

teuer ist. Einige Röhren von 4 bis 8 mm äußerem Durchmesser und nicht zu starker Wandung (sogenannte Blaseröhren) mögen unseren Vorrat ausmachen. Man kauft sie am besten bei einem Glasbläser selbst oder in einem Geschäft, das chemische Glasinstrumente führt.

Es kommen für uns nur solche Arbeiten in Frage, die sich mit einer einfachen Spiritusflamme herstellen lassen, also das Schließen von Röhren, das Biegen, das Ausziehen und das Aneinanderblasen.

Um ein beliebiges Stück von einer Glasröhre abzutrennen, führt man quer zur Längsrichtung über die Stelle, an der das Rohr brechen soll, mit einer scharfen Dreikantfeile einen Schnitt, der sich beiläufig bis halb um die Röhre herumziehen kann. Dann ergreift man die Röhre mit beiden Händen, sie dabei vor den Leib haltend, so, daß der Schnitt nach vorn zu liegen kommt und die Daumen der beiden Hände auf der Körperseite hinter dem Schnitt fast zusammenstoßen. Zieht man nun die Röhre auseinander und biegt sie dabei gleichzeitig nach hinten, so wird sie an der geritzten Stelle glatt auseinander brechen. Die Bruchstelle wird sofort nach vorsichtigem Anwärmen in den oberen Teil der Flamme unserer Spirituslampe gebracht und unter ständigem Drehen der Röhre darin so lange belassen, bis die scharfen Ränder rund geschmolzen sind. Durch diese Vorsichtsmaßregel verhindert man nicht nur ein Springen der Röhre, sondern erleichtert auch das spätere Aufziehen von Gummischläuchen auf diese ganz bedeutend.

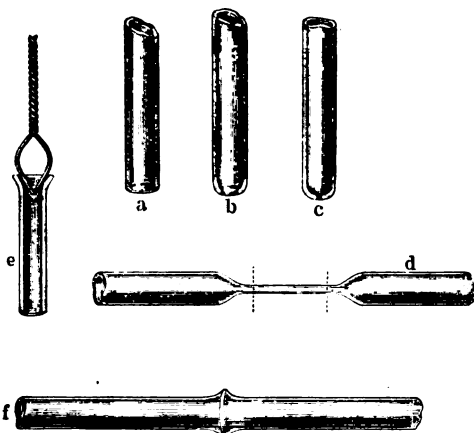


Fig. 5. Glasarbeiten.

Soll die Röhre vorn ganz geschlossen werden (Fig. 5, a, b, c, a. v. S.), so läßt man sie — immer unter Drehen — so lange in der Flamme, bis die weich werdenden Wände völlig zusammenfallen und zu einer Rundung verschmelzen. Es ist dies beiläufig auch der Gang der Arbeit, um die Öffnung einer Röhre beliebig zu verengen und schließlich so feine Öffnungen herzustellen, als man nur will.

Um eine Röhre zu biegen, braucht man eine möglichst breite, große Flamme. Man ziehe also den Docht der Lampe etwas weiter heraus und breite ihn mit einer Nadel nach allen Seiten aus. Unter Aufstützen der Ellbogen auf den Tisch (um einen sicheren Halt zu haben) ergreift man die Röhre mit beiden Händen und zwar so, daß sie auf den gekrümmten kleinen Fingern aufliegt und sich mit Daumen und Zeigefinger drehen läßt. Man bringt sie so drehend in den breitesten Teil der Flamme. Sobald ein Weichwerden des Glases zu spüren ist — zu weites Erhitzen ist schädlich —, wird die Röhre schnell aus der Flamme genommen und ihr die erforderliche Biegung beigebracht. Man sieht dabei auch seitlich und richtet die Schenkel in eine Ebene. Es ist nicht zu verhindern, daß die äußere Wandung der Biegung stets dabei etwas einfällt. Die Glasbläser verschließen daher die Röhre auf der einen Seite und blasen während des Biegens mit dem Munde von der anderen Seite her Luft ein, um die Wandung aufzutreiben. Dies Verfahren erfordert natürlich sehr viel Übung.

Um eine Röhre in zwei Spitzen auszuziehen, beginnt man, wie eben beschrieben (vergl. Fig. 5, d). Unter fleißigem Drehen erhitzt man bis zur Rotglut, nimmt die Röhre aus der Flamme und zieht sie auseinander, wodurch zwei Spitzen entstehen, die einstweilen noch durch einen feinen Glasfaden zusammenhängen. Er wird so weit abgebrochen, als man wünscht, je weiter, desto größer wird die Öffnung. Leichtes Einschneiden mit der Feile vor dem Bruch ist hierbei anzuraten. Anfangsversuche werden wohl stets unglücklich ausfallen. Man verliere aber den Mut nicht.

Um die Röhren vorn trichterförmig zu erweitern, bedient man sich eines aus Draht geformten Spachtels (Fig. 5, e), den man in das rotglühende Röhrenende unter rascher Drehung um seine Achse eindrückt.

Die gleiche Arbeit muß vorangehen, wenn zwei Röhren mit ihren Enden zusammengeschmolzen werden sollen. Die beiden aufgetriebenen Enden werden dann gleichzeitig in der Flamme bis zur hellen Rotglut erhitzt und dann aneinander gedrückt. Die Verbindung ist jedoch noch keineswegs so innig, als daß sie nicht beim Erkalten springen sollte. Deshalb wird es notwendig, noch ein Verblasen der Stelle folgendermaßen vorzunehmen. Die eine Röhrenseite wird durch einen Kork geschlossen und, sobald die Röhrenstücke aneinander gedrückt sind, von der anderen Seite her — natürlich außerhalb der Flamme — durch Einblasen von Luft die glühende Stelle etwas aufgeblasen. Darauf geht man unter stetigem Drehen wieder in die Flamme und läßt die Glaswände wieder zusammenfallen. Darauf abermaliges Aufblasen u. s. f., bis man annehmen darf, daß das Glas gut miteinander verschmolzen ist. Zwei- bis dreimal genügen. Zuletzt bläst man noch ein wenig auf und zieht dann die Röhre etwas auseinander, wodurch ein überall gleicher Durchmesser erzielt wird. Zum Zusammenschmelzen vor unserer einfachen Lampe eignen sich nur die dünneren Glasröhren.

Es darf wohl als selbstverständlich vorausgesetzt werden, daß man eben erhitzte Glasröhren nicht auf den Tisch legen darf, da sie einerseits durch zu schnelle Abkühlung leicht springen, andererseits die Tischplatte durch Brandstreifen verderben. Am besten steckt man sie aufrecht auf Nägel, die von unten her durch ein Brettchen geschlagen sind.

Werkzeuge und Materialien. Nach einem Ausspruche Franklins muß ein Geschickter mit dem Bohrer sägen und mit der Säge bohren können. Ein guter Arbeiter braucht nur wenig Handwerkszeug.

Auch wir kommen für den Anfang mit wenig Handwerkszeug aus, aber wir achten darauf, daß das Wenige gut sei, und werden dabei billiger wirtschaften als mit der Anschaffung der vielen zum Teil wenig haltbaren Dinge, wie sie die sogenannten wohlfeilen Handwerkszeugkästen enthalten. Es empfiehlt sich, jedes Stück einzeln in einer guten Eisenhandlung einzukaufen:

Zunächst genügen:

- 1 kleiner Schraubstock,
- 1 Lötkolben mit Zubehör und Spirituslampe,
- 1 Laubsägebügel mit Bock und Sägen,
- 1 mittelgroßer Hammer,
- 1 Flachzange,
- 1 mittelstarker Nagelbohrer,
- 1 mittelgrobe Feile,
- 1 rechter Winkel aus Eisen,
- 1 starke Schere;

später können hinzugekauft werden:

- 1 Beißzange,
- 1 Zentrumsbohrer (Brustleier) mit verschiedenen Einsätzen
- 1 Raspel,
- 1 Schlichtfeile u. a. m.

An Materialien können vorhanden sein: Einige nicht zu kleine Stücke von Weißblech, Zinkblech und Messingblech (0,5 mm stark); Kupfer- oder Messingdraht (1 bis 2 mm stark); diverse Nägel und Schraubchen; 1 Bogen graue, gut geleimte Pappe (1 bis 2 mm stark); Zigarrentistenholz in verschiedenen Stärken; einige Glasröhren von 4 bis 8 mm Durchmesser und nicht zu starker Wandung (sogenannte Blaseröhren); einige Bogen verschieden feines Sandpapier.

Alle sonst etwa erforderlichen Materialien werden nur im Bedarfsfalle angeschafft.

Erster Abschnitt.

Versuche aus der Mechanik.

Von der Trägheit eines Körpers. Jeder von uns weiß, daß sich ein Pferdegespann am meisten anstrengen muß, wenn es einen Wagen anzieht. Kollt der Wagen erst, dann haben es die Pferde leichter. Die gleiche Erscheinung kann man täglich auf der Eisenbahn beobachten, wenn man darauf achtet, wie schwer es den Lokomotiven wird, den Zug in Gang zu bringen. Sind die Schienen vom Regen naß, so gleiten bisweilen die Räder aus. Anderseits hört auch ein Zug nicht gleich auf zu laufen, wenn der Lokomotivführer den Dampf auf der Maschine absperrt. Man sagt dann, der Zug besitze ein Beharrungsvermögen, mit welchem er sich sträubt, den Zustand, in dem er sich einmal befindet, zu verändern, das sich also gegen ein Ingangsetzen ebenso auflehnt, wenn der Zug steht, wie gegen ein Anhalten, wenn er läuft. Einmal in Gang gesetzt, würde er gar nicht aufhören zu laufen, wenn nicht äußere Kräfte, hervorgerufen besonders durch die Reibung der Bremsen an den Radreifen, durch die Reibung der Räder an den Schienen, durch den Luftwiderstand, seine Bewegung allmählich vernichteten.

Wo diese hemmenden Kräfte fehlen, oder doch äußerst gering sind, wie beispielsweise beim Fluge der Planeten durch den Welt-raum, sehen wir in der That Bewegungen, die für unsere Begriffe von ewiger Dauer sind.

Dies Beharrungsvermögen der Körper nun hat man recht passend auch als ihre Trägheit bezeichnet. Wir begegnen ihr überall und haben mit ihr vielleicht schon unangenehme Bekanntschaft gemacht, wenn z. B. beim heftigen Bremsen der elektrischen Straßenbahnwagen unser Körper, bei seiner Vorwärtsbewegung beharrend, in der Fahrtrichtung durch den Wagen geschleudert wurde. Auch der Reiter, der über den Kopf seines plötzlich im schnellen Laufe anhaltenden Pferdes fliegt, weiß ein Lied von ihr zu singen. Solcher Beispiele kann man eine große Reihe auf-

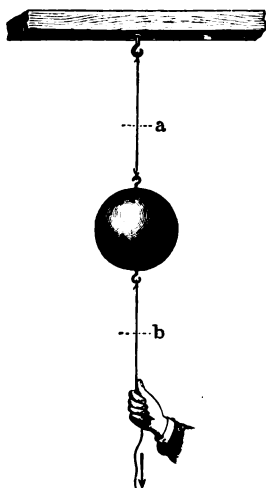


Fig. 6.

Die Trägheit einer Kugel.

Ein gleicher Faden ist unten an der Kugel befestigt.

Wenn man nun jemand die Frage vorlegt, welche von den beiden Schnüren wohl reißen wird, wenn man, wie es die Fig. 6 zeigt, an der unteren Schnur zieht, so wird er sicherlich sagen: die obere, denn sie hat außer dem von der Hand ausgeübten Zug auch noch das Gewicht der Kugel auszuhalten. Er hat recht, aber er hätte ebenfalls recht, wenn er geantwortet hätte: die untere. Man kann nämlich nach Belieben die eine oder die andere Schnur reißen

zählen und einige davon sind so lehrreich und amüsant zugleich, daß wir sie unseren jungen Lesern nicht vorenthalten wollen.

Die Kugel an der Schnur. Es wird sich für uns nicht lohnen, den nun zu beschreibenden Versuch wirklich auszuführen, da wir dazu einer ziemlich schweren, oben und unten mit einem Haken versehenen Kugel, etwa einer kleinen Kanonenkugel, bedürfen. Er verdeutlicht jedoch den Begriff der Trägheit so gut, daß wir ihn besprechen müssen.

Die in Rede stehende Kugel ist an einem Balken aufgehängt und zwar mit einem Faden, der das Gewicht der Kugel gerade tragen kann, ohne zu

lassen, wenn man es nur richtig anfängt. Ist die Bewegung der Hand kräftig und schnell, ruckartig, so reißt die untere Schnur bei *b*; zieht man dagegen langsam, so reißt die obere Schnur bei *a*. Nach allem, was wir bereits über die Trägheit der Körper wissen, wird uns die Erklärung dieser eigentümlichen Erscheinung nicht schwer fallen. Der Kugel wohnt das Bestreben inne, an ihrer Stelle zu verharren. Erfolgt nun der Zug kurz und ruckartig, so fehlt der Kugel die Zeit, sich nach unten in Bewegung zu setzen, und der untere Faden reißt. Ein langsamer Zug hingegen überwindet diese Trägheit der Kugel und der bereits durch das Gewicht der Kugel stark beanspruchte obere Faden reißt.

Erklärt dieser Versuch die Schaustellungen von Leuten, welche auf einem auf ihrer Brust ruhenden Amboß schmieden lassen oder auf deren Brust ohne Schaden für sie ein schwerer Stein durch Hammerschläge zertrümmert wird? Sicherlich. Zu diesem Versuch gehören keineswegs außergewöhnliche Kräfte. Wohl schon jeder von uns hat ihn einmal in den Schaubuden der Jahrmärkte ausführen sehen. Der Athlet legt sich dabei auf zwei Stühle und zwar mit dem Kopf, dem Hals und den oberen Teilen der Schultern auf den einen, mit den Beinen auf den anderen Stuhl, so daß der nach oben durchgedrückte Rücken ununterstützt bleibt und für den Amboß eine elastische Unterlage abgibt. Unter den Amboß wird ein mehrfach zusammengelegtes weiches Tuch gebreitet, das den Druck desselben gleichmäßig auf die Brust verteilt. So ist es gar kein Kunststück, einen Amboß von 2 bis 5 Zentnern zu tragen. Denn nehmen wir an, der Amboß sei 4 Zentner schwer und habe eine untere Grundfläche von 600 qcm, so drücken auf jeden Quadratcentimeter Brustfläche etwa 333 g, was ein kräftiger Mann ganz wohl aushalten kann. Wird nun ein kurzer, kräftiger Schlag mit einem nicht zu schweren Hammer auf den Amboß geführt, so spielt der Amboß die Rolle der Kugel im vorigen Experiment. Er kann sich vermöge seiner Trägheit nur schwer bequemen, sich — nach unten hin auf die Brust drückend — in Bewegung zu setzen, und man kann leicht ausrechnen, der wievielte Teil der Wucht des Hammerschlages sich auf den Amboß

überträgt, wenn man erfährt, daß die Wirkungen sich zueinander verhalten wie die Gewichte von Hammer und Amboß. Hat der Hammer ein Gewicht von 5 kg — und das ist schon ein gehöriger Hammer —, so wirkt der Schlag bei unserem Amboß nur mit dem vierzigsten Teil seiner Wucht auf den Körper. Hinzukommt noch, daß bei derartigen Versuchen, bei welchen ein Stück Wand- eisen auf dem Amboß durchschlagen zu werden pflegt, sich zwar mit Hilfe eines scharfen Schrothammers die Wucht der Schläge auf eine kleine Stelle des Eisens konzentriert, für die tragende Brust aber auf die untere Fläche des Amboßes verteilt wird, in unserem Falle also auf 600 qcm. Hat der Schrothammer eine Fläche von 0,5 qcm, so wird mithin wegen der Ausbreitung die Wucht des Schlages auf den 1200 sten Teil und außerdem wegen der Schwere des Amboßes noch auf den 40 sten Teil verringert, so daß der Körper nur den 48 000 sten Teil der Kraft des Schlages auszuhalten hat und mithin kaum eine geringe Erschütterung verspüren wird.

Unsere Leser können sich nun einmal selbst darüber klar werden, wie die Dinge stehen, wenn es sich darum handelt, ein großes Steinstück durch wuchtige Hammerschläge auf der Brust eines Menschen zu zertrümmern.

Postkarte und Taler. Trotzdem bei einiger Vorsicht in der Tat wenig Gefahr dabei ist, wird wohl kaum jemand von uns Lust dazu haben, die Probe auf das vorige Exempel zu machen.

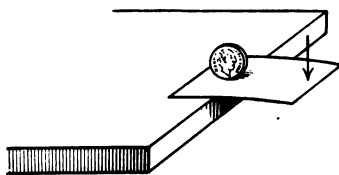


Fig. 7. Postkarte und Taler.

Wozu auch? Zeigen doch Versuche in kleinerem Maßstabe ganz die gleichen Erscheinungen. Zu ihnen gehört auch der Versuch mit der Postkarte und dem Taler (Fig. 7).

Wir legen eine Postkarte so auf den Rand des Tisches, daß sie mit etwa zwei Dritteln ihrer Länge über diesen herausragt. Bei einiger Geduld kann man es dahin bringen, daß ein Taler aufrecht auf der Postkarte stehen bleibt und zwar so, daß der Rand desselben nach der überhängenden Seite der Postkarte zu

gerichtet ist. Natürlich muß der Tisch ganz wagerecht stehen. Es fragt sich nun, ob man die Postkarte unter dem Taler fortziehen kann, ohne daß dieser umfällt oder auch nur wackelt. Wer nicht mit uns schon gewizigt ist und etwas von der Trägheit der Körper weiß, wird dies für unmöglich erklären. Wir sind uns sofort darüber klar, daß wir die Karte nicht ängstlich und langsam, sondern schnell und mit einem kurzen Ruck entfernen müssen. Das läßt sich auf sehr einfache Art machen, wenn man in der Richtung des Pfeiles — von oben nach unten — einen kräftigen Schlag mit der flachen Hand auf den hervorstehenden Teil der Karte ausübt. Es wirkt höchst überraschend, den Taler plötzlich seiner Unterlage beraubt, und ohne daß er sich auch nur gerührt hätte, auf dem Tische stehen zu sehen. Übrigens gelingt der Versuch am besten mit einer nicht zu steifen Karte. Die blauen Zweipennigkarten der Post eignen sich gut dazu.

Einen Holzstab zu zerbrechen, der auf zwei Gläser gelegt ist, ohne diese zu verletzen. Wir alle wissen aus Erfahrung, daß ein Steinwurf eine Fensterscheibe zertrümmert, während ein aus nächster Nähe abgegebener Flintenschuß ein mehr oder minder rundes Loch in dieselbe bohrt. Auch hier finden wir die Erklärung in der Trägheit der Glasscheibe, die nicht Zeit findet, mit einem größeren Teil ihrer Masse der geschwinden Flintenkugel zu folgen.

Ein ganz ähnliches, recht überraschendes Experiment kann man ohne viel Vorbereitungen auf folgende Weise anstellen. Ein Holzstab von höchstens Fingerdicke und mindestens 1 m Länge, besser aber länger, wird so auf zwei Gläser gelegt, daß seine Enden etwa 1 cm über den Rand derselben ragen. Die Gläser werden auf zwei kleine Tischchen gestellt, die man so weit auseinander rückt, als es die Länge des Stabes erlaubt. Es ist selbstverständlich, daß ganz gewöhnliche Gläser für den Versuch, der immerhin einmal mißglücken kann, gewählt werden können. Sind es Stengelgläser, so wird das Experiment dadurch wirksamer. Man füllt sie zweckmäßig mit Wasser, damit sie etwas fester stehen.

Nun kommt es darauf an, mit einem tüchtigen Stecken, den man mit beiden Händen ergreift, von oben her einen herzhaften und kräftigen Schlag auf den Stab zu führen. Sitzt der Hieb gut in der Mitte, so wird der Stab krachend zersplittern, ohne daß eines der Gläser verletzt wird, ja ohne daß sich in ihnen das Wasser auch nur bewegt.

Derselbe Versuch mit einem Pfeifenstiel und Papierschlängen, die an Messern aufgehängt sind. Viel eindrucksvoller noch kann das vorige Experiment folgendermaßen gestaltet werden. Zwei Gehilfen halten je ein Messer in der Hand, und zwar wagerecht mit der Schneide nach oben. Der Stiel einer langen holländischen Tonpfeife, wie man sie für wenige Pfennige

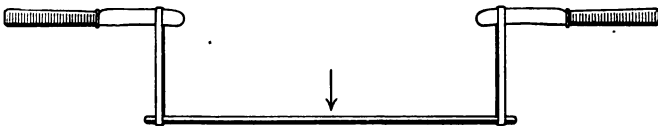


Fig. 8. Pfeifenstiel an Papierschlängen.

bei jedem Zigarrenhändler bekommt, wird nun, wie es Fig. 8 zeigt, an zwei Schlingen aus Seidenpapier, die man über die Messerschneiden schiebt, lose und vorsichtig aufgehängt. Führt man auch hier mit einem nicht zu leichten Stock einen kräftigen Schlag auf die Mitte des Pfeifenstiels, so vermögen die Enden desselben wegen ihrer Trägheit dem Schlage nicht so schnell zu folgen, als der Stiel zerbricht. Man sieht daher den zertrümmerten Pfeifenstiel herabfallen, ohne daß die Papierstreifen zerrissen sind oder sich an den Messern aufgeschligt haben. Ja, wenn man einige Übung erlangt hat, kann man die Papierschlängen sogar durch solche aus Haaren ersetzen.

Vom Schwerpunkt eines Körpers. Es ist ein merkwürdiger Punkt, von dem wir nun erzählen wollen. Er ist unsichtbar in jedem Körper enthalten und vertritt ihn gewissermaßen in allen seinen Teilen, so daß z. B. ein Körper nicht

fallen kann, wenn man nur dafür sorgt, daß sein Schwerpunkt unterstützt ist. Dieser geheimnisvolle Punkt liegt in den Körpern je nach ihrer Gestalt sehr verschieden, bei einer Kugel z. B. fällt er mit ihrem Mittelpunkt zusammen und gibt so den einfachsten Fall für unsere Erörterungen ab.

Betrachten wir einmal eine Kugel, die auf einer ganz wagerechten Unterlage liegt (Fig. 9, 1), so sehen wir, daß ihr Mittelpunkt und also auch ihr Schwerpunkt genau senkrecht über dem Punkt liegt, in welchem die Kugel auf der ebenen Fläche aufliegt.

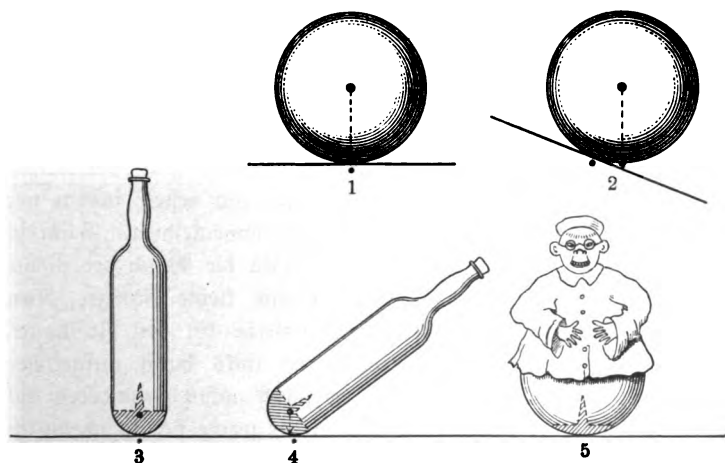


Fig. 9. Der Stehanf.

Man sagt dann, ihr Schwerpunkt sei unterstützt, und die Kugel könne daher von selbst nach keiner Seite hin fallen, d. h. nicht fortrollen, wie man sie auch drehen und wenden möge. Ist die Unterlage aber nicht wagerecht, so ändern sich damit sofort die Verhältnisse (Fig. 9, 2). Der Schwerpunkt liegt nicht mehr senkrecht über der Aufstellstelle und ist mithin auch nicht mehr unterstützt. Er kann nach rechts hin fallen, d. h. die Kugel nach rechts fortrollen.

Der aufwärts rollende Zylinder. Durch tausendfache, wenn auch unbewusste Beobachtungen und Erfahrungen haben

wir uns sehr schnell ein Urteil darüber zu machen gelernt, wie bei diesem oder jenem Körper schon nach seiner Gestalt der Schwerpunkt liegen mag und wie wir ihn halten und unterstützen müssen, damit er nicht fällt. So werden wir gar nicht erst versuchen, eine Weinflasche auf die Kante oder ein Ei auf seine Spitze zu stellen.

Alle physikalischen Scherze und Spiele, die man nun auf die Gesetze des Schwerpunktes gründen kann, beruhen darauf, ihn in einigen, dem Äußern nach recht bekannten, Körpern da anzuordnen, wo man ihn nicht vermutet. Der Körper wird dann Bewegungen ausführen müssen, die allem zuwiderlaufen, was wir sonst von ihm gewohnt sind. Urteilslose Leute sagen dann, er gehorche den Naturgesetzen nicht mehr. Wir wissen es besser und können sie, nachdem uns der Spaß gelungen ist, über ihren Irrtum aufklären.

Ein sehr einfacher Versuch ist folgender. Wir verfertigen eine zylindrische Röhre aus steifem Papier, am besten, indem wir sie locker über einem Lampenzylinder zusammenleimen. 6 cm ist ein gutes Maß für ihre Länge. Innen an die Wand der Röhre kleben wir mit Siegelack oder Leim eine kleine Münze, etwa ein Fünfspennigstück, und verbergen dasselbe für den Zuschauer, indem wir die Papierröhre rechts und links durch aufgeklebte Böden verschließen. Da man ihr äußerlich nichts Besonderes anmerkt, so vermutet jedermann, diese Röhre werde sich so verhalten wie jede andere, nämlich ruhig liegen bleiben, wenn man sie auf einen Tisch legt. Das tut sie aber durchaus nicht in allen Fällen, sondern nur dann, wenn das Geldstück zufällig gerade nach unten oder oben zu liegen kommt. Das Geldstück ist der weitaus schwerste Teil des Zylinders und der Schwerpunkt desselben liegt nicht, wie man glaubt, in der Achse, sondern am Rande. Der Schwerpunkt ist also nur in den beiden ange deuteten Fällen durch den Auflagepunkt senkrecht unterstützt, in allen anderen Lagen wird der Zylinder ins Rollen kommen müssen und sogar auf nicht allzu stark geneigten Unterlagen ein Stück aufwärts laufen. Man sieht aber sofort ein, daß er sich dabei nicht einmal ganz um die volle Hälfte seines Umfangs drehen kann. Viel vollkommener und zwar so, daß

der Zylinder sich mehrmals herumdreht und also eine ganze Strecke weit läuft, gelingt das Experiment auf folgende Weise.

Man macht den Zylinder aus fester, aber geschmeidiger Pappe etwa 12 cm lang und 6 cm im Durchmesser. Bevor er jedoch an den Seiten geschlossen wird, erhält er im Innern eine Einrichtung, wie sie Fig. 10 in Seitenansicht (A) und Längsansicht (B) zeigt.

Quer in die beiden offenen Seiten des Zylinders leimt man je ein Kreuz aus Holz, das zweckmäßig mit der Laubsäge hergestellt wird. Beide Kreuze erhalten ganz genau in der Mitte kleine Durchbohrungen, die später die Achse führen sollen und möglichst glatt und sauber sein müssen. Die Achse *a* kann ein hölzerner Stab sein, rund oder eckig, in welchem zwei Stückchen

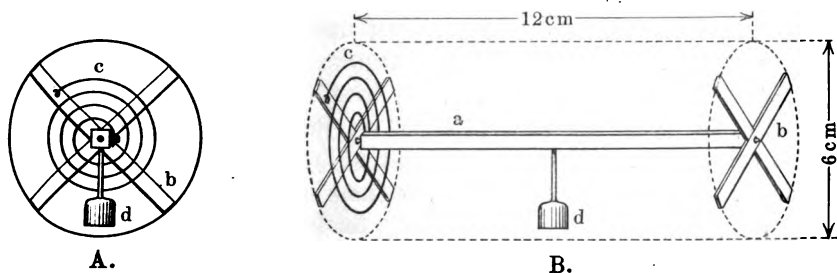


Fig. 10. Der aufwärts rollende Zylinder.

einer Stricknadel befestigt sind. Mitten an der Achse bringt man ein Querhölzchen oder ein Stück Stricknadel an, so lang, als es der Durchmesser des Zylinders erlaubt. Am Ende dieser Nadel, welche mit der Achse zusammen ein halbes Kreuz bildet, wird durch Anbinden oder Ankitten mit Siegellack ein Bleistück *d* befestigt, das nicht zu leicht ist. 200 g genügen.

Nun besorgt man sich von einem Uhrmacher eine mittelstarke Taschenuhrfeder, die man für wenig Geld haben kann, und befestigt sie so in dem Zylinder, daß das eine Ende mit einem der Holzkreuze, das andere mit der Achse auf derselben Seite dauerhaft verbunden ist, genau so, wie es unsere Abbildung deutlich zeigt.

Der auf den Tisch gelegte Zylinder bleibt ruhig liegen. Dreht

man ihn jedoch, ihn gleichsam in der Luft rollend, zwischen den Fingern herum, so wird die, von dem immer nach unten hängenden Gewicht festgehaltene Achse diese Drehung nicht mitmachen und infolgedessen die Uhrfeder aufrollen.

Man beobachtet, wie oft man herumdrehen kann, bis die Feder ganz angespannt ist. Das ist bei einer ziemlich langen Feder etwa zehnmal der Fall. Wir haben also in der kleinen Vorrichtung ein Uhrwerk vor uns, dessen einziges Rad der Zylinder selbst ist.

Setzt man den so „aufgezogenen“ Zylinder auf den Tisch, so hat natürlich die Feder das Bestreben, sich wieder aufzurollen, was sie nicht konnte, solange wir sie einerseits mit dem Zylinder an dem einen Ende festhielten und andererseits das schwere Gewicht dafür sorgte, daß sich das andere Ende nicht bewegen konnte. Lassen wir jedoch los, so ist die Feder zwar nicht stark genug, um das Gewicht im Kreise umherzuschleudern; es bleibt immer unten, aber der Zylinder rollt fort.

Man neigt nun den Tisch, auf welchem der Versuch gemacht wird, so lange, bis man sieht, ob der Zylinder, der ebenso gut wagerecht läuft wie bergauf und bergab, mit hinreichender Kraft steigt. Ist dies nicht der Fall, so muß man an dem Gewicht so lange ändern, bis es zu der Kraft der Feder in richtigem Verhältnis steht. Dann erst leimt man die beiden Seitendeckel auf und achtet darauf, daß nichts mehr von der inneren Einrichtung sichtbar bleibt, auch nicht die Enden der Achse.

Ein derartiger Zylinder macht nun nicht nur eine halbe Umdrehung, sondern kann ein Brett von fast 2 m Länge aufwärts laufen, sich dabei etwa zehnmal um seine Achse drehend. Niemand wird sich seine geheimnisvolle Kraft erklären können, besonders wenn man zunächst dafür sorgt, daß das Aufziehen unbemerkt geschieht, oder wenn man ihn vom Ende seiner Bahn, ohne ihn aufzuheben, wieder abwärts rollt, zeigend, daß ihm immerfort das Bestreben inne wohne, aufwärts zu laufen. Wir werden aber unsere Zuschauer darüber aufklären, daß der Zylinder bei seinen rätselhaften Bewegungen nicht einer geheimnisvollen widernatürlichen Macht gehorcht, sondern allein der Kraft, die wir selbst ihm mitgeteilt haben, indem wir ihn aufzogen.

Der Stehauf. Es ist ein lustiges, leicht herzustellen- des Spielzeug, dieser Stehauf, und kann in so viel verschiedenen Gestalten angefertigt werden, als man nur will. Seine possierliche Wirkung beruht wiederum darauf, daß man den Schwerpunkt ganz wo anders sucht, als da, wo er liegt.

Man fertigt einen Stehauf am besten aus einem Stückchen Holundermark an, dem man etwa, wie Fig. 9, 3 es zeigt, die Form einer 4 cm hohen Bier- oder Weinflasche geben kann. Unter den Boden der Flasche klebt man ein Stückchen Blei, das man zuerst durch Beschneiden mit dem Messer und dann vielleicht noch durch Bearbeiten mit einer Feile unten sehr sauber halbkugelig abrunden muß. Oft tut statt des Bleistückchens auch ein Nagel mit halbrundem Kopf gute Dienste, wenn er nur nicht zu lang ist. Wird die ganze Flasche schwarz oder grün lackiert oder gar noch am Stork rot gestrichen und mit einer Etikette versehen, so kommt so leicht niemand auf den Gedanken, daß fast das ganze Gewicht der Flasche und mithin auch ihr Schwerpunkt unter dem Boden liegt. Und gerade hierdurch wird ihr sonderbares Verhalten bewirkt, das man doch sonst gewiß an keiner Flasche, deren Schwerpunkt natürlich viel höher liegt, kennt, nämlich sich unter allen Umständen wieder aufzurichten, man mag sie auf die Seite legen, so oft man will. Wer von unsern Lesern alles, was auf Seite 27 über den Schwerpunkt gesagt ist, recht genau durchgelesen hat und nun die Darstellung Fig. 9, 4 aufmerksam betrachtet, wird sicher selbst erkennen, wie hier das Halbkügelchen aus Blei aufrichtend auf die leichte Flasche wirken muß.

Noch mehr Spaß macht der Versuch, wenn man statt der Flasche ein kleines Holundermännchen zurechtschnitzt, das natürlich auch mit den buntesten Farben schön bemalt wird. Hat es einen Hut auf, so muß dieser nach oben hin eine Spitze haben. Stellt man ein solches Männchen auf den Kopf, so wird der Schwerpunkt niemals genau über den Punkt zu stehen kommen, auf welchen es sich stützt. Es fällt sofort hin, um gleich darauf wieder, lustig hin und her wackelnd, auf seinen Beinen zu stehen.

Wollen wir etwas mehr an den Scherz wenden, so lassen

wir uns vom Drechsler eine Holzkugel drehen, die an ihrem Umfange irgendwo durch ein eingelassenes Gewicht beschwert ist, doch so, daß die Rundung dadurch keine Einbuße erleidet. Diese Kugel (Fig. 9, 5) stellt sich natürlich immer so ein, daß das Gewicht unten ist. Zielt man die Kugel mit einem kleinen, leichten Püppchen, dessen Kleider die Kugel zum Teil bedecken, so macht dieses ergöglich herüber und hinüber, so oft man ihm einen leichten Stoß gibt. Zuletzt stellt es sich immer wieder so ein, daß der Schwerpunkt so tief wie möglich liegt.

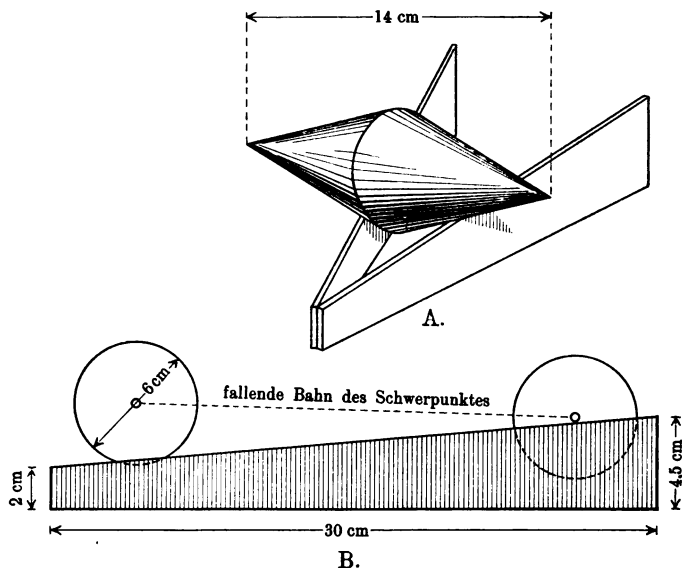


Fig. 11. Scheinbar aufwärts laufender Doppelkegel.

Versuch mit einem Doppelkegel. Außerordentlich einfach und wirklich überraschend ist folgendes Experiment.

Jeder Drechsler dreht uns aus hartem, gutem Holz einen Doppelkegel von etwa 6 cm Durchmesser und etwa 14 cm Länge. Wir stellen als Bedingung, daß er möglichst genau gearbeitet sei. Fig. 11, A zeigt einen derartigen Doppelkegel. Dann schneiden wir aus gutem Laubsägeholz zwei Brettchen, deren Abmessung

in derselben Figur bei B angegeben ist. Die obere Kante, welche zur unteren schräg verläuft, muß möglichst gerade und mit Sandpapier sauber geglättet sein. Am besten stößt sie ein Tischler, der übrigens auch die beiden Brettchen sehr schnell und billig anfertigt, mit dem Hobel zurecht. Wollen wir die Maße der Brettchen anders wählen als angegeben, sie also z. B. länger machen, so müssen wir doch stets beachten, daß der Höhenunterschied der beiden kurzen Seiten geringer ist als der halbe Durchmesser des verwendeten Regels.

Wenn man nun diese beiden ganz gleich geschnittenen Brettchen mit ihren kleinsten Kanten zusammenstellt und, wie es Fig. 11, A veranschaulicht, mit den anderen kurzen Kanten so weit voneinander bringt, als der Doppelregel lang ist, und diesen dann mit seiner Mitte auf die niedrigste Stelle der durch die oberen Kanten gebildeten Bahn setzt, so wird er sofort anfangen, sich zu drehen und nach der höchsten Stelle der Bahn hinzulaufen.

Mit diesem Versuch hat es offenbar eine ganz besondere Bewandtnis. Als wir früher (Seite 30) den Pappagylinder, scheinbar allen Naturgesetzen zuwider, bergauf laufen sahen, wußten wir Eingeweihten wohl, daß es sich um eine Täuschung handele, denn dieser Zylinder lief nicht von selbst, sondern getrieben durch eine Kraft, welche wir selbst ihm vorher durch eine versteckte Feder mitgeteilt hatten. Dieser Doppelregel aber besitzt keine verborgene Triebfeder, es geschieht etwas scheinbar Unmögliches, Unnatürliches — aber in der That auch nur scheinbar, denn der Regel steigt gar nicht, er fällt und sein Schwerpunkt, der hier mit dem Mittelpunkt zusammenfällt, liegt am Ende der Bahn tiefer als zu Anfang, wie wir uns leicht durch die Betrachtung der Fig. 11, B überzeugen können. Wenn man die beiden Brettchen, welche die schiefe Ebene bilden, näher zusammenrückt, so daß der Regel am Ende der Bahn nicht mehr so tief zwischen sie einsinken kann, dann läuft er auch nicht mehr bergauf.

Übrigens hat der Doppelregel das Bestreben, die beiden Brettchen auseinander zu drücken. Wir werden daher durch ein kleines hölzernes Querstäbchen dafür sorgen, daß dies nicht geschehen kann.

Jemand so zu stellen, daß er das Bein nicht heben kann. Zu diesem Versuch bedarf es gar keiner Vorbereitungen. Man stellt jemand gerade so an die Wand, daß die Hacken die Wand berühren. Wählt man dazu eine Wand, welche keine Scheuerleiste hat oder auch eine glatte Türe, so liegt der Schwerpunkt des straff aufgerichteten Körpers so weit nach vorn, daß er nur noch durch die Fußspitzen unterstützt wird. In dieser Stellung kann niemand sein Bein heben, da durch diese Veränderung der Schwerpunkt so weit nach vorn verschoben wird, daß der Körper fallen muß. Bedingung für das gute Gelingen dieses Experimentes ist natürlich, daß das Knie des stehenden Bleibenden nicht nach vorn herausgedrückt wird.

Jemand so zu setzen, daß er nicht aufstehen kann. Es ist wohl jedem schon einmal aufgefallen, daß es stets erst einiger — meistens unbewusster — Vorbereitungen bedarf, um von einem Stuhl aufzustehen. Man zieht dazu die Füße an den Stuhl heran und streckt meist die Arme etwas nach vorn.

Begen wir nun jemand, der sitzt, die Hände auf die Kniee und ziehen ihm die Füße etwas nach vorn, so werden wir bemerken, daß es ihm unmöglich ist, sich in dieser Stellung zu erheben. Natürlich liegt jetzt der Schwerpunkt des Körpers ganz nach hinten über und wird allein durch den Stuhl unterstützt. Erst wenn es dem Sitzenden gelingt, die Füße heranzuziehen und den Oberkörper so weit vorzubeugen, daß sein Schwerpunkt über die Füße zu liegen kommt, kann er aufstehen.

Von der Zentrifugalkraft. Wer hätte nicht schon einmal einen Stein an einer Schnur im Kreise herumgeschleudert und dabei bemerkt, daß der Stein die Schnur um so kräftiger anspannt, je schneller die Schleuder gedreht wird? Durch die zwangsweise Umherführung des Steines im Kreise wird in ihm nämlich eine Kraft erweckt, die bestrebt ist, den Stein von dem Mittelpunkt seiner Bahn — also hier von der Hand — zu entfernen. Die Physiker nennen diese Kraft die Fliehkraft oder auch die Zentrifugalkraft. Schon der kleine David verstand es, diese Kraft gegen den Riesen Goliath auszunutzen, indem er die Schnur aus der Hand gab

und den tödlichen Stein davonfliegen ließ. In der That haben alle Körper, die eine Bahn um einen Punkt beschreiben, das Bestreben, sich von diesem zu entfernen, und nur die Schnur ist es, die in unserem Falle den Körper zwingt, in der Kreisbahn zu verharren. „Aber ist es denn wirklich überall so?“ — werden unsere aufmerksamen Leser fragen. „Wir wissen doch, daß die Planeten um die Sonne kreisen, daß der Mond eine Kreisbahn um die Erde beschreibt. Wenn auch hier die Fliehkraft entstünde, dann müßten am Ende Planeten und Mond davonfliegen; es wird doch niemand im Ernst behaupten wollen, daß eine Schnur, wie bei dem Stein, sie daran hindere.“ — Und doch ist diese Schnur vorhanden, freilich keine aus gedrehten Hanffäden, auch kein Drahttau. Keines Menschen Auge hat sie je gesehen. Sie ist von der Natur ersetzt durch eine Kraft, welche bestrebt ist, die Körper einander zu nähern, die Anziehungskraft oder Schwerkraft, welche den aus der Hand geworfenen Stein ebenso gut zur Erde heranzieht wie den Mond. Und so sonderbar das klingen mag: der Mond fällt fortwährend in seiner Bahn nach der Erde hin und würde sicherlich bald auf ihr angekommen sein, wenn nicht eben sein kreisender Flug anderseits auch die Fliehkraft wachriefe. So halten sich diese beiden Kräfte schon seit ungezählten Jahr-
millionen das Gleichgewicht und werden es nach Jahr-
millionen auch noch tun. Wir aber erkennen mit staunender Ehrfurcht, daß sich die Natur bei ihren gewaltigen Experimenten schließlich keiner anderen Mittel bedient wie wir auch und daß die Naturgesetze, welche auf unserer Erde gültig sind, in den ungemessenen Fernen des Himmelsraumes ihre Kraft nicht verloren haben.

Ein Versuch mit der Zentrifugalkraft: ein Gefäß voll Wasser so mit der Öffnung nach unten zu bringen, daß kein Wasser herausfließt. Man nimmt ein zylindrisches, oben offenes Blechgefäß — eine alte Einmachebüchse ist dazu am besten — und schlägt mit einem spizen Instrument etwa einen Finger breit vom Rande zwei Löcher hinein, so daß sie einander gerade gegenüberstehen. Mit Hilfe dieser Löcher befestigt man

an dem Blechgefäß einen Bügel aus Draht, wie ihn ein Eimer hat, und in der Mitte des Bügels eine feste Schnur.

Ist das Gefäß zu etwa zwei Drittel seiner Höhe mit Wasser gefüllt, so ergreift man die Schnur und beginnt das Gefäß langsam hin und her zu schwingen. Sind die Schwingungen stark genug, dann schleudert man das Gefäß im Kreise nach oben herum u. s. w., gerade wie den Stein am Bindfaden. Hierbei kommt denn natürlich das Gefäß in seiner höchsten Lage mit der Öffnung nach unten zu stehen, aber ohne daß auch nur ein Tropfen aus ihm ausfließt. Denn das Wasser, welches mit dem Gefäß in kreisförmigen Umschwung versetzt wird, hat in Folge der Fliehkraft das Bestreben, die Bahn nach außen hin zu verlassen und wird hieran allein durch den Boden des Gefäßes gehindert. Wollen wir uns davon überzeugen, daß es wirklich einen Druck auf den Boden des Gefäßes ausübt, so brauchen wir in ihn nur ein kleines Loch zu schlagen und das Wasser wird ausspritzen, gleichgültig, ob sich das Gefäß in der tiefsten Lage mit dem Boden nach unten oder in der höchsten mit dem Boden nach oben befindet.

Die Zentrifugalbahn. In der Form, in der wir das Experiment angeben, ist es verhältnismäßig leicht auszuführen. Es ist dazu nur etwas Kupferdraht nötig, etwa 2 m lang und 2 mm dick und eine nicht zu kleine Kugel, eine sogenannte Murmel.

Wir schneiden von dem Kupferdraht zwei etwa 80 cm lange Stücke ab, hämmern sie recht gerade und legen sie nebeneinander auf den Tisch in einem Abstände, der den Durchmesser der Kugel noch nicht erreicht. Verbinden wir durch Lötung mittels kleiner Kupferdrahtstückchen von 5 zu 5 cm die beiden Kupferdrähte, so wird hierdurch ein fester Schienenweg hergestellt, auf dem die Kugel entlang rollen kann. Wir müssen nur dafür sorgen, daß die Zwischenstücke hierbei der Kugel, welche etwas zwischen die Schienen einsinkt, nicht im Wege sind. Fig. 12 zeigt genau, daß sie daher eine nach unten ausgerundete Form erhalten müssen. Die Figur zeigt auch, wie man mit diesem Schienenweg weiterhin zu verfahren hat. Man biegt nämlich aus ihm eine runde, nicht

zu kleine Schleife, deren Enden in die Höhe ragen, und unterstützt das Ganze durch angelötete Drahtbügel in der ebenfalls aus der Figur ersichtlichen Weise.

Setzt man nun die Kugel hinterhand auf den höchsten Teil der Bahn, so stürzt sie das steile Stück derselben herab und durchläuft auch, einmal in Schwung gekommen, die ganze Schleife, ohne herunterzufallen. Und doch steht sie in dem höchsten Teile derselben geradezu auf dem Kopf.

Auch hier ist es wiederum die Zentrifugalkraft, die das Kunststück zuwege bringt. Die im Kreise umlaufende Kugel will die Kreis-

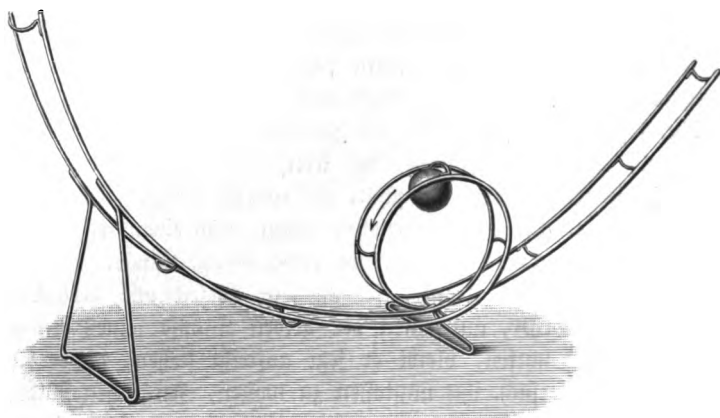


Fig. 12. Die Zentrifugalbahn.

bahn nach außen hin verlassen, daran hindern sie aber die Schienen, so daß sie stets gegen diese gedrückt wird, auch oben in der Schleife.

Man hat nicht gezögert, diesen Versuch im großen zu wiederholen, und hat die Kugel durch einen kleinen Wagen ersetzt, in dem Menschen Platz nehmen können. Im Grunde ist auch keine Gefahr dabei. Denn läuft der Wagen nur schnell genug und ist er gegen Entgleisung ausreichend gesichert, so werden alle Personen wohlbehalten durch die Schleife hindurchkommen, wenn sie dort auch einen Augenblick die Stellung unserer Gegenfüßler einnehmen. Übrigens wollen wir nicht vergessen hinzuzufügen, daß diese Art

der Volksbelustigung nicht einmal in Amerika, wie 1901 auf der Ausstellung in Buffalo, rechten Anklang gefunden hat.

Amüsante und lehrreiche Versuche mit dem Kreisel.

Wer hat ihn nicht liebgewonnen, den anspruchlosen Freund mit seinem drolligen Gebrumme und seinen lustigen Sprüngen. Er ist wirklich ein Genie, der Kreisel, und es steckt noch weit mehr in ihm, als man denkt. Ja, als physikalisches Instrument betrachtet, tut er sogar schrecklich wichtig und will sehr ernst genommen sein. Und mit Recht. Denn er lehrt uns ein Naturgesetz von größter Bedeutung kennen.

Der von uns verwendete Kreisel ist nicht der gewöhnliche, kegelförmige. Wir wählen einen solchen, dessen Achse in einem Metallring zwischen Spigen läuft und dessen Schwungscheibe hinreichend groß und schwer ist, um genügend viele Umdrehungen zu machen. Es lohnt sich nicht, den Kreisel selbst anzufertigen, da man in jedem Spielwarengeschäft für fünfzig Pfennig einen sehr brauchbaren erhält. Zum Aufziehen nimmt man einen recht festen, aber nicht zu dicken Bindfaden von etwa 60 cm Länge.

Dreht sich der Kreisel, so ist sein Wesen wie verändert. Während er vorher, auf einen der beiden Knöpfe seines Ringes gestellt, sofort umfiel, bleibt er jetzt aufrecht stehen, ja er setzt sogar einem Versuch, ihn umstoßen zu wollen, energischen Widerstand entgegen. Nimmt dagegen seine Umdrehungsgeschwindigkeit ab, so verliert er immer mehr und mehr an innerem Halt, beginnt mit seinem oberen Knopf einen Kreis zu beschreiben und fällt schließlich wieder auf die Seite. Dies Verhalten zu erklären, hat den Gelehrten viel Kopfzerbrechen gemacht, bis sie schließlich zur Ansicht kamen, daß auch wohl hier das Beharrungsvermögen mitsprechen müsse und zwar durch den Umschwung der um die Achse gleich verteilten Massen so, daß immer die Achse das Bestreben habe, mit sich selbst parallel zu bleiben. Daher können wir auch den Kreisel auf einem glatten Tisch — mit einem Stäbchen gegen seinen Fußpunkt drückend — leicht von einer Stelle zur anderen verschieben, denn hierbei bleibt die Achse aufrecht

stehen und ist sich mithin bei der Verschiebung immer selbst parallel. Es kostet jedoch, wie wir schon sahen, eine gewisse Anstrengung, die Achse zu neigen. Ist dann einmal der Kreisel in die neue Lage gebracht, so hat er wiederum das Bestreben, in ihr zu verharren. So kommt es, daß man einen Kreisel in Stellungen bringen kann, die ganz wunderbar aussehen, da sie scheinbar allen Gleichgewichts- und Schwerpunktsgesetzen Hohn sprechen. Er ist z. B. fähig, auf der Spitze einer Nähnadel zu balancieren, und nimmt es mit jedem Seiltänzer auf, wenn er in aufrechter

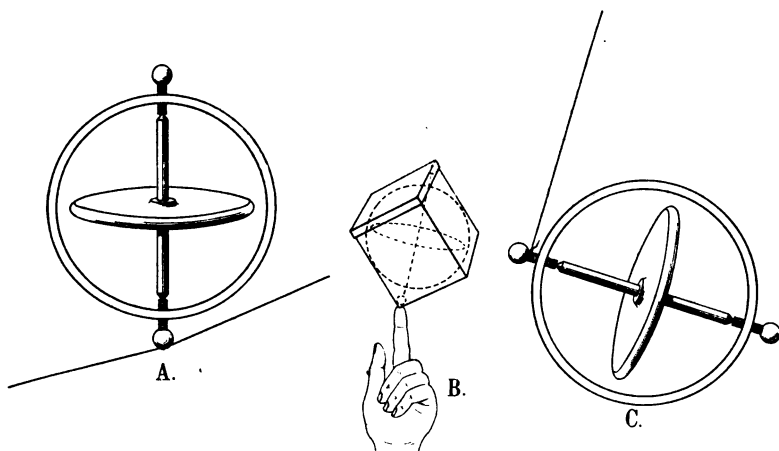


Fig. 13. Kreiselversuche.

Stellung auf einem noch so dünnen Faden hin und her läuft. Für den ersteren Versuch stecken wir eine Nähnadel umgekehrt in den Kork einer Flasche, so daß ihre Spitze nach oben steht, und setzen den sich drehenden Kreisel gerade und mit möglichster Vorsicht auf. Es ist gut, wenn hierfür der eine Knopf des Ringes eine kleine Vertiefung besitzt, um ein Abgleiten der Nadelspitze zu verhindern. Geben wir dann dem Kreisel eine etwas schiefe Lage, so beschreibt er mit seinem freien Pol einen Kreis, ohne aber herabzufallen. Für den zweiten Versuch ist ein kleiner Einschnitt in einem der Ringknöpfe erforderlich (Fig. 13, A). Man

stellt ihn leicht mit der Laubsäge her, falls er nicht bereits vom Fabrikanten vorgeesehen ist, um eine Regulierung der Achsenlager mit dem Schraubenzieher zu ermöglichen. Ein dünner, aber fester, am besten gewichster Zwirnsfaden, den man mit dem einen Ende an irgend einem Gegenstande, vielleicht an einer Türklinke, befestigt, gibt das Seil für unseren künstlichen Seiltänzer ab. Das andere Ende halten wir in der Hand und setzen den schnurrenden Kreisel so auf, wie es die Abbildung zeigt. Er bleibt nun auf der schwanken Schnur stehen oder läuft — richtiger gleitet — von der einen Seite zur anderen, je nachdem man die Schnur hebt oder senkt. Ist der Kreisel schröder und kräftig in Gang gebracht, so kann man die Schnur einige Meter lang nehmen und den Kreisel durch die ganze Stube marschieren lassen.

Zur Weihnachtszeit bemerkte der Verfasser dieses Buches einmal einen gewaltigen Menschenauflauf vor einer jener gelegentlich aufgeschlagenen Verkaufsbuden, in denen irgend ein in Massen angefertigtes Kinderspielzeug feilgeboten wird. Die Leute konnten sich gar nicht satt sehen und gar nicht genug staunen, denn auf dem Tische des Verkäufers belancierten auf umgekehrten Gläsern, ja auf seiner Finger Spitze, auf einer ihrer Ecken stehend, kleine Kästchen aus Pappe in den schier unmöglichsten, allen Gesetzen zuwiderlaufenden Stellungen. Dabei wankten sie brummend hin und her, drehten sich und taumelten, als säße der Teufel in ihnen. Und es war doch nur unser Freund Kreisel, der, in dem Kästchen eingeklemmt, das Wunder vollbrachte, und der Verkäufer war ein Schlaupopf, denn er wurde den Kreisel, den sonst kein Mensch gekauft hätte, in seiner Verpackung als „allerneuestes Spielzeug“ glänzend los. Wir brauchen unseren aufgedrehten Kreisel nur in schräger Richtung — von einer Ecke zur gegenüberliegenden — in ein gut passendes Kästchen zu stecken, um ebenfalls bei allen Leuten vollen Beifall zu finden, die über das Staunen zu denken vergessen (Fig. 13, B).

Am schönsten kann das Bestreben des Kreisels, seine Achsenrichtung beizubehalten, durch folgenden Versuch gezeigt werden. Man hängt den Kreisel mit einem seiner Knöpfe an einem festen,

dünnen Faden auf. Solange seine Scheibe nicht rotiert, hängt er gerade herab, wie es sonst jeder andere symmetrische Körper auch tun würde. Sobald er aber umläuft, erhält seine Achse eine gewisse Steifigkeit der Lage und behält ihre Stellung bei, selbst wenn man sie so neigt, wie Fig. 12, C es veranschaulicht.

Diese Steifigkeit der Achsenrichtung spielt übrigens auch bei vielen anderen Vorgängen eine bedeutsame Rolle. So versteht man die Gewehrläufe innen mit schraubenförmigen Rügen, um dem Geschos eine Drehung um seine Längsachse zu verleihen und zu bewirken, daß es seine Spitze immer nach vorn gerichtet beibehält.

Man versuche einmal, ein Fahrrad (Zweirad) aufrecht hinzustellen, es wird sicher nicht gelingen. Drehen sich aber die Räder, so wollen die Achsen ihre horizontale Lage nicht verändern und der Radfahrer kommt diesem Bestreben halb unbewußt entgegen, indem er kleine Schwankungen durch Seitwärtsbeugen seines Oberkörpers ausgleicht. Jeder Radfahrer weiß auch, daß er um so leichter das Gleichgewicht erhalten kann, je schneller er fährt, und daß er sogar bei ganz schnellem Tempo die Lenkstange fahren lassen darf, ohne eine plötzliche Kursänderung des Vorderrades befürchten zu müssen. Jeder schließlich, der in seinem Leben einmal einen Reifen getrieben hat — und wer hätte das nicht — weiß von ähnlichen Erfahrungen zu berichten. Auch der Reifen läuft um so sicherer, je schneller man ihn treibt. Hier hat die Achse ebenfalls das Bestreben, ihre Richtung nicht zu ändern. Aber, werden unsere Leser einwerfen, ein Reifen hat ja gar keine Achse! Nun eine sichtbare Achse natürlich nicht, gerade so wenig wie etwa unsere Erde, man sagt, er habe eine gedachte Achse, da man weiß, daß es für die von uns beschriebenen Vorgänge ganz gleichgültig ist, ob eine solche Achse wie beim Rade wirklich vorhanden ist oder nur als vorhanden vorgestellt wird.

Wir sprachen schon von der Achse unserer Erde. Mit der hat es eine eigene Bewandnis. Denn sie steht zur Bahn, die die Erde alljährlich um die Sonne beschreibt, nicht senkrecht, sondern schief. Diese Neigung ist, wenn wir einmal von ganz geringen Schwankungen absehen, dem von uns erkannten Gesetz zufolge

unabänderlich. Und verdanken wir der Drehung der Erde den wohlthätigen Wechsel von Tag und Nacht, so bringt uns die Schiefe der Achsenlage die Jahreszeiten und ihre Wiederkehr. Wer's nicht glauben will, der mache mit unserem Kreisel, der sich ja auch um seine Achse dreht und die Erde vorstellen kann, ein einfaches Experiment.

Eine auf den Tisch gestellte, ohne Glöcke brennende Lampe möge die Stelle der Sonne vertreten. Der Kreisel wird mit seinem Keifen an einer Schnur befestigt, wie es Fig. 14 zeigt.

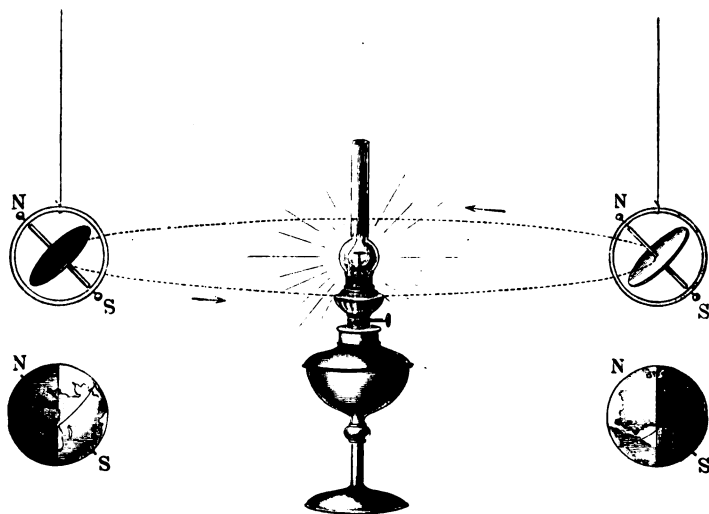


Fig. 14. Kreisel und Erde.

Wir ziehen ihn stark auf und richten seine Achse etwas schief. Die Richtung behält sie bei, wohin wir den Kreisel an seiner Schnur auch tragen mögen. Wir nähern ihn der Lampe und nennen — unter der Vorstellung, daß es sich nun um die Erde handele — den oberen Knopf den Nordpol, den unteren den Südpol. Die Kreisbahn, in der wir den Kreisel um die Lampe — wollte sagen die Sonne — führen wollen, nennen wir die Erdbahn und bemerken, daß die durch die Sonne und die Erdbahn als hindurchgelegt gedachte Ebene horizontal liegt und der Ebene des Tisches

parallel ist. Ginge der Kreisel gerade herunter, so stände seine Achse senkrecht auf der Erdbahnebene, wir hätten sie jedoch gegen dieselbe geneigt. Bei der Erde ist diese Neigung nicht so übertrieben groß, wie wir sie gezeichnet haben, sie beträgt $23\frac{1}{2}$ Winkelgrade.

Führen wir nun unsere künstliche Erde um die Sonne herum, so bemerken wir sogleich folgendes: Nord- und Südhalfte der Erde sind von der Sonnenstrahlung nicht immer gleich begünstigt. Während einmal (linke Seite der Abbildung) die Südhalfte vorzugsweise den Sonnenschein genießt, wird nach einem halben Umlaufe — also nach einem halben Jahre — (rechte Seite der Abbildung) die Nordhalfte bevorzugt. Mithin haben die beiden Halbkugeln der Erde nie zugleich Sommer und Winter. Wenn wir im Winter frieren und die Sonne nur kurze Zeit tief am Horizont sehen, haben die Bewohner der südlichen Länder Sommer. Für sie steht die Sonne strahlend und hoch am Himmel. Nach einem halben Jahre ist es umgekehrt.

Schnell, ehe der Kreisel erlahmt, bewegen wir ihn von jeder der beiden Stellungen um ein viertel Jahr weiter, also von unserem Standpunkt aus vor und hinter die Lampe. Wir bemerken, daß hier Nord- und Südhalfte gleich viel Sonne erhalten. Es vollzieht sich an diesen Punkten für die Nordhalfte der Übergang vom Winter zum Sommer, für die Südhalfte vom Sommer zum Winter bezw. umgekehrt; wir sprechen dann vom Frühlings- und vom Herbstanfang. Betrachten wir jede der beiden Erdhalbkugeln allein, so sehen wir im Laufe eines Jahres auf ihnen den Winter dem Frühling weichen, diesem den Sommer und Herbst folgen, bis der Winter wiederkehrt. Noch viele andere Fragen drängen sich uns auf: Warum sind die Nächte im Winter lang und die Tage kurz und im Sommer umgekehrt, warum sind sie zu Frühlings- und Herbstanfang gleich lang? Es gibt zwei Punkte auf der Erde, für die Tag und Nacht je ein halbes Jahr dauern und zugleich Sommer und Winter sind. Wo liegen diese merkwürdigen Punkte? Und wie kommt es ferner, daß für die Bewohner der nördlichen Halbkugel die Sonne mittags im Süden und für die der südlichen Halbkugel um dieselbe Zeit im Norden steht?

Alle diese Fragen und noch viele andere mehr lassen sich durch den bloßen Anblick des um die Lampe geführten Kreisels beantworten. Aber wir wollen es unseren lieben Lesern nicht gar zu leicht machen und ihnen einmal selbst überlassen, darüber ins reine zu kommen, es ist gar nicht schwer und die Freude ist dann um so größer. Wer übrigens an der Hand des einfachen Experimentes über diese Dinge und alles, was er von ihnen voll und ganz verstanden hat, in netter und verständlicher Rede zu berichten weiß, wird nicht nur bei seinen Kameraden, sondern auch bei vielen Erwachsenen, denen über unsere Erde und ihre Stellung zur Sonne nicht immer alles klar ist, für seine kleine Belehrung des Dantes sicher sein.

Aber, werden unsere Freunde sagen, wir können unmöglich glauben, daß die Lage der Erdachse durch die Drehung der Erde beharrlich und unveränderlich ist, denn wir bemerken beim Kreisel sofort eine Unstätigkeit der Achse, sobald er sich nicht mehr ganz schnell dreht. Wenn er aber gar, wie die Erde, in 24 Stunden nur eine Umdrehung machte, dann könnten wir die Achse bewegen, wie wir wollen, ohne auf den geringsten Widerstand zu stoßen. Sie vergessen nur, daß die Erde denn doch etwas größer und schwerer ist als unser Kreisel und daß das Beharrungsvermögen der Achse eines rotirenden Körpers auch zunimmt mit seiner Masse. Ein großer schwerer Körper braucht daher nicht so schnell zu rotieren wie ein kleiner leichter und erzielt doch dasselbe Beharrungsvermögen der Achse wie dieser. Und betrachten wir einmal einen Punkt am Umfange auf dem Äquator der Erde und einen solchen am Umfange eines Kreisels, so werden wir zudem finden, daß der Erdpunkt eine ungleich größere Geschwindigkeit besitzt. Hat der Kreisel einen Umfang von 25 cm und dreht er sich in einer Sekunde 30 mal herum — was schon eine anständige Umdrehungsanzahl ist —, so legt ein Punkt seines Umfanges 30 mal 25 cm, d. i. 750 cm oder einen Weg von 7,5 m in der Sekunde zurück. Der Umfang der Erde am Äquator beträgt rund 40 Millionen Meter. Diese Strecke legt ein Punkt des Äquators in 24 Stunden, also in 86 400 Sekunden zurück, mithin brauchen wir nur die Zahl der Sekunden (86 400) in die während

dieser Zeit zurückgelegte Strecke (40 000 000 m) hinein zu dividieren, um sofort die Länge des Weges zu erhalten, den der Erdpunkt in einer Sekunde zurücklegt. Wir kommen dann auf die erstaunliche Zahl von rund 460 m in der Sekunde und sehen, daß die Umfangsgeschwindigkeit der Erde diejenige unseres Kreiseis um mehr als das 60 fache übertrifft.

Vom Luftdruck. Jedes Ding, das Masse und Gewicht hat — und welches Ding hätte das nicht —, strebt nieder zur Erde. Der emporgeworfene Stein fällt wieder und das Wasser rauscht von den Bergen herab zum Tal. Auch unsere Luft hat ein Gewicht und durch dies Gewicht ist sie an die Erde gekettet, der sie als schützender Mantel auf ihrem Fluge durch den Welt-raum folgen muß. Und das auf der Erdoberfläche, auf allen Gegenständen und auch auf uns lastende Gewicht der Luft ist gar nicht gering. Aber kann man denn die Luft wiegen? Natürlich. Gerade so gut wie einen Sack Mehl oder ein Liter Milch. Man verfährt dabei folgendermaßen. An einer sehr feinen Wage wird ein Glasgefäß aufgehängt, das, sagen wir, gerade ein Liter Inhalt hat. Durch Gewichte bringt man die Wage ins Gleichgewicht und macht darauf mit einer Luftpumpe das verschließbare Glasgefäß so luftleer als nur möglich. An der Wage zeigt es sich, daß es nun etwas leichter geworden ist, und zwar um das Gewicht der ausgepumpten Luft, etwa ein Gramm. Somit wiegt ein Liter Luft ungefähr ein Gramm. Wie schwer mag nun wohl die ganze Luft sein, die sich über uns befindet? Oder, wie groß mag etwa der Druck sein, den ein bestimmter Fleck der Erde, etwa ein Quadratcentimeter, zu tragen hat? Es ist nicht weniger als ein Kilogramm. Nicht möglich, rufen wir ungläubig aus, denn auf unserer ausgestreckten Handfläche fühlen wir nichts, rein gar nichts, und doch sollte, da unsere Hand etwa eine Oberfläche von 120 Quadratcentimetern hat, der unerträgliche Druck von 120 Kilogramm auf ihr lasten? Das tut er auch. Nur vergessen wir eines, daß nämlich nach einem wichtigen physikalischen Gesetz der Luftdruck sich nach allen Seiten hin fortpflanzt und also ebenso

auf dem Handteller wie auf dem Handrücken lastet. Diese beiden Drücke heben sich in ihrer Wirkung auf, so daß also von einem Herabdrücken der Hand keine Rede sein kann. Würde die Luft auf der einen Seite der Hand — vielleicht durch eine Luftpumpe — entfernt, so müßte der Luftdruck von der anderen Seite her die Hand zermalmen. Mit unserem Körper steht es gerade so. Die Lungen würden zusammengequetscht werden, wenn nicht in ihnen sich ebenfalls Luft befände. Von dem auf der Brust ruhenden Druck kann man sich leicht überzeugen. Man versuche nur einmal, ohne Luft einzulassen, also mit geschlossener Nase und geschlossenem Munde, durch die Kraft der Muskeln den Brustkasten zu heben, es wird nicht gelingen, denn der Luftdruck auf ihn beträgt über 1000 kg.

So ist es zu erklären, daß das Wort Atmosphäre nicht nur schlechthin das uns umgebende Luftmeer, sondern in besonderer Bedeutung auch ein Gewicht bezeichnet. Wenn man sagt, ein Dampfkessel habe einen inneren Druck von 12 Atmosphären, so will man damit sagen, daß der eingesperrte Dampf auf jeden Quadratcentimeter der Kesselwandung mit einem Gewicht von 12 kg drückt.

Im folgenden soll aber vom Luftozean die Rede sein, in dem der von der Natur an den Boden gekettete Mensch ebenso emporsteigen und in ihm umherschwimmen möchte wie der Fisch im Wasser.

Der Luftballon. Der Schöpfer hat uns Flügel nicht verliehen, aber zu allen Zeiten hat dem Menschen eine unendliche Sehnsucht innegewohnt, sich wie ein Vogel in die Lüfte emporzuschwingen. Dieser Drang ist so alt wie die Menschheit selbst. Er erscheint immer wieder und verdichtet sich zu wunderbaren alten Erzählungen von kühnen und klugen Männern, denen es einst gelungen sein soll, sich Vogelfittiche zu bauen und sich emporzuheben über das Elend der Erde.

Auf wächsernen Flügeln entfloh der Grieche Dädalos mit seinem Sohne Ikaros der Gefangenschaft in Kreta, aber trotz der väterlichen Warnung flog Ikaros zu hoch, die Fittiche zerschmolzen an der sengenden Sonne und einem Steine gleich stürzte der Unglückliche hinab in die aufspritzenden Wogen des Meeres.

Gerakles soll die Leiche gefunden und auf einer Insel bestattet haben, welche man später Maria nannte. Später entfloß der kunstfertige Schmid Wieland, der Sohn des Riesen Wade, der entwürdigenden Gefangenschaft des falschen Königs Aidung in einem Federkleide. Wenn auch alle diese Erzählungen nur Fabeln sind, so ist damit noch nicht gesagt, daß nicht doch einmal die Sehnsucht des Menschen, fliegen zu können, gestillt werden sollte. In bescheidenem Maße ist ja der Wunsch bereits in Erfüllung gegangen, und wenn wir uns auch heutzutage noch keine Flügel anheften können, um einen freien, ganz von unserem Willen bestimmten Flug durch das weite Luftmeer zu unternehmen, so besitzen wir doch immerhin ein Mittel, um auf kurze Zeit den Erdboden zu verlassen.

Den ersten einigermaßen vernünftigen Vorschlag für den Bau einer Flugmaschine, die leichter sein sollte wie die atmosphärische Luft und daher geeignet, in dieser emporzusteigen wie der leichte Kork in dem schwereren Wasser, machte im Jahre 1670 der Jesuit Franzisko Lana. Er hatte neben der Philosophie auch die Naturwissenschaften studiert, und seine Ideen sind, wenn auch an sich unausführbar, doch immerhin recht beachtenswert, da sie von richtigen Anschauungen und Grundsätzen getragen wurden. Er schlug nämlich vor, vier gewaltige Hohlkugeln aus dünnem Kupferblech luftleer zu pumpen und an einem Schifflein zu befestigen, in dem der Luftfahrer Platz nehmen sollte. Es unterliegt keinem Zweifel, daß, wenn die Kugeln groß genug sind und die aus ihnen entfernte Luft mehr wiegt als die Kugeln mitsamt dem Zubehör, das Luftschiff von der Schwere der Luft in die höheren Schichten der Atmosphäre emporgebrängt werden muß, ebenso sicher ist es aber auch, daß man solche Kugeln von genügender Größe, Leichtigkeit und Widerstandsfähigkeit niemals wird herstellen können, d. h. Kugeln, auf deren Oberfläche die Luft mit einem Druck von vielen tausenden von Kilogramm lasten darf, ohne sie zu zermalmen.

Nicht immer waren die Vorschläge so vernünftig wie die Lanas, und oft können wir uns eines Rächeln nicht erwehren, wenn wir hören, zu welchen Spekulationen sich Mangel an naturwissenschaftlicher Kenntniß verstieg. So verlangte allen Ernstes

der Pater Gallien im Jahre 1755, man solle einen gewaltig großen, mit Wachs und Teer luftdicht gemachten Leinwandballon mit jener leichten Luft füllen, welche man aus jenen Höhen herabholen könne, „in denen der Hagel sich bilde“, also von den Gipfeln der Berge. Der gute Mann vermochte sich nicht klar zu machen, daß ein Kubikmeter jener Luft, auf die Erdoberfläche herabgebracht, kein Kubikmeter mehr ist, sondern durch den Druck der überlagernden Atmosphäre so zusammengepreßt wird, daß er sich in seiner Dichtigkeit in nichts mehr von der umgebenden Luft unterscheidet und also auch nicht leichter sein kann als sie.

Obgleich schon im Jahre 1709 in Portugal ein Luftschiff wirklich aufgestiegen sein soll und obgleich vermutet wird, daß schon viel früher bei den Chinesen der Aufstieg eines Luftballons eine Volksbelustigung gebildet habe, verlegen wir doch die Erfindung des Luftballons gemeinhin in das Jahr 1783. Die beiden Brüder Montgolfier, Besitzer einer großen, von ihrem Vater erbten Papiermühle in Annonay (Frankreich) — der ältere übrigens, was nur wenige wissen, Physiker, der jüngere von Hause aus Architekt —, waren auf die Idee gekommen, den aus den Schornsteinen aufsteigenden Rauch mit einer leichten Papierhülle zu umgeben. In der That erhoben sich diese künstlichen Wolken, und der Luftballon war erfunden, obgleich sich eigentlich auch die Gebrüder Montgolfier in einem schweren Irrtum befanden. Sie glaubten nämlich, daß der Rauch leichter sei als die Luft und erkannten nicht, daß lediglich die durch Erwärmung auf einen größeren Raum ausgedehnte und dabei leichter gewordene Luft ihre zarten Hüllen emportrug. Ihre Ballons hatten die Form eines länglichen Sackes und unten eine Öffnung, welche über ein Feuer gehalten wurde, um die Luft im Innern zu erwärmen, oder nach Ansicht der Montgolfiers durch Rauch zu verdrängen. Zum erstenmal erhob sich ein solcher Ballon im Juni des schon genannten Jahres vor einer großen Zuschauermenge. Man kann sich denken, welches ungeheures Aufsehen dieses Experiment machte. Kritiklose Köpfe gefielen sich in allerhand phantastischen Ideen und ein Laumel hatte alle ergriffen, als ob nun wirklich schon das Fliegen erfunden

sei. Allerorten wiederholte man die Versuche, auch in Paris, wo sich der geistreiche Physiker Charles sehr ernsthaft mit ihnen beschäftigte. Wir werden noch von ihm hören.

Inzwischen arbeiteten die Brüder Montgolfier an ihrer neuen Entdeckung, sie versahen ihre Ballons unten mit einer Heizvorrichtung, die mit emporgehoben wurde und ihnen eine größere Flugzeit verlieh, ja sie banden einen Weidenrutenkorb an dem Ballon fest, der einige Tiere zu Insassen hatte — die ersten Luftreisenden.

So schien denn wirklich der alte Traum in Erfüllung zu gehen, eine von Menschenhand gebaute Maschine verließ die Erde und schwang sich frei in die Lüfte auf, zu den Höhen, in denen der Adler haust, in die Regionen der Wolken und des Donners. Aber vor dem letzten Schritt graute allen. Sollte der Mensch selbst es wagen, sich der gebrechlichen Maschine anzuvertrauen? Willensstarke Männer, mutige Kämpfer in vielen Schlachten, Leute, bei denen von Feigheit gewiß nicht die Rede sein konnte, wiesen schon den Gedanken weit von sich zurück. Und doch erhob sich bereits am 19. Oktober 1783 ein herrlich geschmücktes Luftschiff majestätisch und zog in geringer Höhe unter dem Jubel Tausender über Paris fort. Es trug in seiner Gondel Pilâtre de Rozier und den Marquis d'Arlandes, deren Unerforschtheit den Menschen das Reich der Lüfte eroberte.

Inzwischen war der Physiker Charles nicht müßig geblieben. Das Studium der Montgolfierschen Versuche hatte ihn veranlaßt, statt der immerhin noch ziemlich schweren erwärmten Luft das ungleich leichtere Wasserstoffgas zur Füllung eines Ballons zu verwenden. — Der geistreiche Gelehrte hatte zugleich alle jene Ausrüstungsgegenstände erfunden, welche wir noch heute als die wesentlichsten für die Luftschiffahrt kennen. Reg, Ventil, Ballast, Anker, alles war von ihm vorgesehen. Nachdem vom Marsfelde aus ein kleiner Versuchsballon sich zu großen Höhen erhoben hatte, bestieg Charles selbst am 1. Dezember 1783 mit dem Mechaniker Robert die Gondel einer größeren Maschine. Der Auftrieb des Wasserstoffgases — 14 mal leichter als Luft — gestattete ihm, mit einem kleineren Ballon größere Höhen zu erreichen als Pilâtre de Rozier.

Bei der Bereitung des Wasserstoffgases war er freilich ziemlich

ungeschiedt vorgegangen. Wir werden im letzten Abschnitt des Buches sehen, daß man das Gas aus Zink- oder Eisenstücken herstellen kann, die mit verdünnter Schwefelsäure übergossen werden. Charles beging nun den Fehler, die Säure nicht über Eisenstücke, sondern über Feilspäne zu gießen, welche dicht beieinander lagen und lange nicht so rasch von der Säure zersetzt werden wie locker aufgeschichtete Eisenteile, etwa Nägel und Drahtabfälle. Hierdurch wurde die Füllung sehr verzögert und, da das Wasserstoffgas die üble Eigenschaft hat, die Ballonhülle ziemlich rasch zu durchdringen, auch übermäßig verteuert. In der Folgezeit aber, und nachdem man alle diese Übelstände zu beseitigen gelernt hatte, zeigte sich Charles' Gasballon — die sogenannte Charlière — dem Feuerballon — der Montgolfière — bei weitem überlegen, so daß man heutzutage wohl kaum noch einer Montgolfière im praktischen Gebrauch begegnet. Damals jedoch tobte ein wütender Kampf der Meinungen zwischen den Erfindern, bei dem es nicht immer sehr höflich zugeht und bei dem man sich gegenseitig in der Herabsetzung der gegnerischen Maßnahmen weidlich überbot.

Die Zeit hat auch hier klärend gewirkt und dem Besseren zum Siege verholfen; die überschwenglichen Hoffnungen freilich, welche man an die neue Erfindung knüpfte, sind nicht in Erfüllung gegangen, ja man kann nicht einmal sagen, daß sie seit den Zeiten Charles' bis auf den heutigen Tag wesentlich mehr an Boden gewonnen hätten. Noch heute ist der Ballon unlenkbar, ein Spiel des launischen Windes und alle Veranstaltungen, die in neuerer Zeit zur Lenkbarmachung unternommen wurden (z. B. von Renard und Krebs 1884, von Graf Zeppelin 1900 auf dem Bodensee, von Santos Dumont in Paris 1901), waren nur Versuche und keine Erfindungen. Und, so sonderbar es klingen mag, es mehrten sich heute die Stimmen, welche behaupten, die Erfindung des Luftballons habe überhaupt auf einen falschen Weg geführt und sei dem Bestreben, das Fliegen zu erlernen, geradezu hinderlich gewesen. Die Gegner sehen das Heil allein in der Ausbildung eines Apparates, wie ihn die Vögel besitzen, also in einer Flugmaschine mit Flügeln ohne Ballon.

Überlassen wir es der Zukunft, hier zu entscheiden, und wenden wir uns dem Luftballon zu, wie er heute ist.

Unsere modernen Ballons sind zumeist viele hunderte, ja bisweilen tausende von Kubikmetern haltende Kugeln aus stark gefirnisset, möglichst gasdichter Seide oder Baumwollstoff, unten offen und mit einem Schlauchansatz versehen, durch den das Gas eingeleitet wird. Die Füllung geschieht meist nicht mit Wasserstoffgas, sondern mit Leuchtgas, welches in großen Mengen billig durch die Gasfabriken geliefert wird, und dessen allerdings gegen das Wasserstoffgas nur halb so große auftriebende Kraft eben durch seine größere Wohlfeilheit und seine Eigenschaft, die Ballonhülle weniger schnell zu durchdringen, wieder aufgewogen wird. Handelt es sich jedoch darum, die meteorologischen Verhältnisse, etwa Temperatur, Feuchtigkeit, Schwere der Luft und andere Dinge zu wissenschaftlichen Zwecken in den allergrößten Höhen zu studieren, dann wendet man nach wie vor Wasserstoff an, nur daß man dabei nicht mehr so umständlich verfährt wie damals Charles, der eine große Batterie von Holzgefäßen mit Schwefelsäure und Eisenfeilspänen füllte und das sich entwickelnde Gas durch Röhren zum Ballon leitete. Auch braucht man zur Wasserstofffüllung nicht mehr Tage, sondern nur noch Viertelstunden, da man das Wasserstoffgas im voraus in der Fabrik erzeugt und in starke, stählerne Flaschen auf einen kleinen Raum zusammengepfercht, zum Aufsteigeort bringt und dort in kurzer Zeit aus vielen Behältern zugleich in die Ballonhülle entlädt. Deshalb wird denn auch das Wasserstoffgas fast immer für militärische Zwecke angewendet, wenn ein Ballon an beliebigem Ort und in kurzer Zeit bereit sein soll, zur Beobachtung der feindlichen Stellung aufzusteigen.

Die Luftschiffer nehmen unterhalb der Ballonkugel in einem Korbe — der sogenannten Gondel — Platz, die mit mehreren haltbaren Stricken und unter Vermittelung eines Ringes an einem großen Neg befestigt ist, das man vor der Füllung über den Ballon geworfen hat. Wenn nun die Insassen auch kein Mittel haben, ihr Fahrzeug zu lenken, so können sie doch bis zu einem gewissen Grade bestimmen, ob es seinen Flug in höheren oder

tieferen Luftschichten nehmen soll, durch die Wirkung des Ventils und den Gebrauch des Ballastes. Der Ballon hat stets so viel Tragkraft, daß er außer den Passagieren und Instrumenten noch eine Anzahl von schweren Sandsäcken — den Ballast — heben kann. Verliert der Ballon während der Fahrt Gas und droht zu sinken, so erleichtert der Luftschiffer ihn durch Ausschütten eines der Sandsäcke, ebenso wenn er in höhere Luftschichten aufsteigen soll. Will er ihn dagegen tiefer gehen oder landen lassen, dann bedient er sich des Ventils, einer Klappe am oberen Ende des Ballons, aus der er nach Belieben Gas ausströmen lassen kann. Die Wechselwirkung zwischen Ballast und Ventil bestimmt den Höhenflug des Ballons und bedarf der Regelung durch einen unerschrockenen und erfahrenen Mann.

Sollten unsere Leser selbst einmal späterhin Gelegenheit haben, eine Luftreise zu machen — die Gefahr ist ja bei dem guten Material unserer Ballons und der erprobten Tüchtigkeit unserer heutigen Ballonführer nicht mehr so groß, als man meint —, so wünschen wir ihnen dazu gutes Wetter und viel Glück.

Nun wir etwas über die Geschichte der Luftschiffahrt und über ihre physikalischen Grundlagen erfahren haben, wird es uns doppelte Freude bereiten, selbst einmal mit einfachen Mitteln einen kleinen Ballon zu bauen und ihn an einem ruhigen Tage zu den Wolken aufsteigen zu lassen. Und zwar wollen wir sowohl eine Montgolfière wie eine Charlière anfertigen.

Eine Montgolfière muß allemal ziemlich groß sein, da die immerhin doch nur schwach erwärmte Luft im Innern des Ballons eine geringe auftreibende Kraft besitzt. Wir fertigen ihn deswegen auch aus recht leichtem Material, am besten aus dünnem, aber doch nicht porösem Seidenpapier an, das jeder Buchbinder führt. Wollen wir unserem Ballon ein recht schönes Aussehen geben, so wählen wir Bogen von verschiedener Farbe. Nicht zu grelle Farben sehen am vornehmsten aus, z. B. hellgrün, rosa und weiß, oder hellblau, lichtgelb und weiß.

Es ist nun bei einiger Geschicklichkeit und Geduld gar nicht so schwer, aus diesen Seidenpapierbogen einen kugelrunden Ballon,

unten mit einer Öffnung versehen, herzustellen. Wir schneiden zwölf Streifen aus dem Seidenpapier (abwechselnd in verschiedenen Farben), so wie wir sie in Fig. 15, A gezeichnet sehen, oben spitz und unten zu einem engeren Streifen verjüngt verlaufend, in der Mitte ein Sechstel so breit wie lang. Um die Länge heraus zu bekommen, werden wir zwei Bogen aneinander kleben müssen. Die Maße können wir dann nach der Abbildung wählen, also die Gesamtlänge zu $180 + 16 = 196$ cm, die Mitte zu 30 cm und den unteren Teil, der später den Hals des Ballons bilden soll, 16 cm lang und 8 cm breit. Es versteht sich von

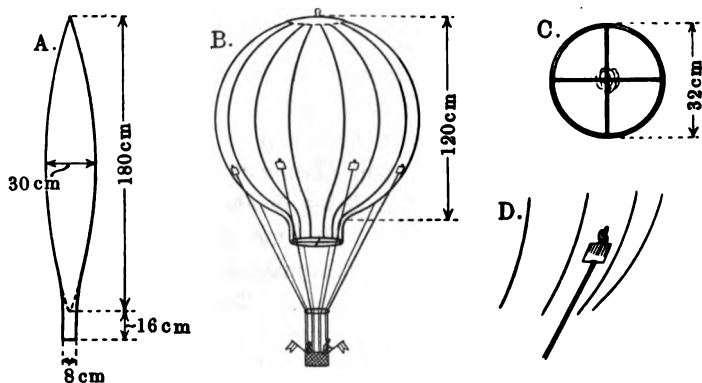


Fig. 15. Zur Anfertigung eines Luftballons.

selbst, daß alle Streifen ganz akkurat und einer wie der andere geschnitten sein müssen, was durch Aufeinanderlegen leicht zu erreichen ist. Klebt man alle Streifen aneinander, so erhält man einen wundervoll runden Ballon von 120 cm Durchmesser und Höhe mit einer unteren Öffnung von 32 cm Weite, wie ihn die Darstellung B unserer Figur zeigt. Allerdings ist die Fertigstellung dieser Klebearbeit gar nicht so leicht. Vor allem klebe man nicht mit Gummi, sondern mit einem guten Kleister, den man sich auf folgende Art leicht bereitet. In einen Topf schüttet man einen gehäuften Eßlöffel voll Stärke (die Stärke bricht man vorher in kleine Stückchen) und gießt darauf zwei Weingläser voll

Kaltes Wasser. Rührt man auf dem Herdfeuer mit einem Quirl tüchtig um, so geht beim Kochen die milchige Flüssigkeit in einen durchscheinigen Kleister über, der nach dem Erkalten ein vorzügliches, nicht schmutzendes Klebemittel abgibt. Die ersten drei oder vier Streifen werden sich leicht und genau aneinander kleben lassen, dann wird die Arbeit schwieriger, da sich nun die Streifen zur Kugel zu wölben beginnen. Man muß schließlich mit der linken Hand von unten her in den Ballon fassen und die Streifen von außen mit einem reinen Tuche antupfen. Am schwierigsten läßt sich die Spitze herstellen, aber einige Geduld und vor allem peinliche Genauigkeit im Kleben hilft auch hier über die Schwierigkeiten hinweg. Am Ende kann man eine kleine Kappe von Papier auf die Spitze setzen. In die untere Öffnung wird, um sie auseinander zu halten, ein leichter Reifen aus Rohr oder aus einer Weidenrute eingeklebt. Dieser Reif muß mit einem Kreuz von dünnem Eisendraht versehen sein (Darstellung C der Fig.).

Soll der Ballon noch eine kleine Gondel tragen, was jedenfalls sehr hübsch aussieht, so haben wir dafür zu sorgen, daß alle Teile derselben und die Aufhängung sehr leicht werden. Ein Papierkästchen eignet sich am besten. Um die Ähnlichkeit mit einem großen Ballon recht deutlich hervortreten zu lassen, befestigen wir leichte, aber feste Zwirnsfäden durch Knotung am Ende und durch Ankleben mit einem Papierstückchen an der unteren Hälfte des Ballons, wie die Darstellungen B und D es zeigen. Sämtliche sechs Fäden laufen erst in einem kleinen Ring aus Pappe zusammen und werden dann an der Gondel befestigt. Alle diese Arbeiten erleichtert man sich sehr, wenn man am Scheitel des Ballons eine kleine Schleife aus Schnur anbringt und an dieser den Ballon etwa an einem durch eine Stehleiter gesteckten Stock oder an einem Kronleuchter in der Mitte der Stube aufhängt.

Nun ist das Kunstwerk zum Fluge bereit!

Da es sich bei der Füllung darum handelt, mit Feuer zu hantieren, bezähmen wir unsere Ungeduld so lange, bis ein recht windstillter Tag die Gewähr dafür bietet, daß unser Ballon nicht durch ein unglückliches Hin- und Herschwanken in Flammen gerät.

Wir werden uns selbstverständlich auch einen Ort aussuchen, an dem durch Feuer ein Schaden nicht angerichtet werden kann.

Die Füllung geschieht, am besten unter Beihilfe eines Kameraden, auf folgende Weise. Unser Freund stellt sich auf einen Stuhl und hält den Ballon an der oberen Ose mit ausgestrecktem Arm. Wir überzeugen uns, daß an den Gondelschnüren nichts verworren ist, und befestigen dann am Drahtkreuz des Ringes ein halb-faustgroßes Stück mit Spiritus getränkter Watte. Es ist nicht ratsam, dies Wattenstück sofort anzuzünden, da die schlaff zusammenliegenden Wände des Ballons leicht Feuer fangen. Die Gefahr läßt sich jedoch leicht vermeiden, wenn wir folgendermaßen verfahren. Wir halten ein Spirituslämpchen mit der rechten Hand so tief unter die Öffnung, daß die Watte nicht anbrennt. Die linke Hand hält den Sperring fest. Der Ballon beginnt sich sofort aufzublähen und schließlich straff und faltenlos zu werden. Jetzt entzünden wir mit Hilfe der Lampe das Wattenstück, setzen die Lampe beiseite (immer mit der Linken den Sperring festhaltend) und greifen auch mit der Rechten zu. Unser Freund gibt den Ballon oben frei, wir warten noch einen Augenblick und lassen dann ebenfalls los. Ist das Luftschiff gut und leicht gebaut, so wird es sich nun ruhig und majestätisch in die Lüfte erheben. Während es davonzieht, erzählen wir unserem Kameraden von Pilâtre de Rozier, der sich einst einem Feuerballon anvertraute.

War das Wattenstück nur mäßig groß, so geht der Flug nicht weit und wir können vielleicht unseren Ballon wieder zurückholen. Auf alle Fälle geben wir ihm aber eine Postkarte mit unserer Adresse und ein daran geheftetes Zettelchen an den ehrlichen Finder mit der Bitte, uns über den Verbleib des Ballons zu benachrichtigen.

Charlières, mit Wasserstoffgas gefüllte Gummiballons, kann man heutzutage, wenigstens im Sommer und in größeren Städten jederzeit für wenige Pfennige bei den Straßenhändlern kaufen. Unsere Freude an ihnen wird aber nicht schwinden, wenn wir sie selbst anfertigen. Die Bereitung des Wasserstoffgases finden unsere Leser im letzten Abschnitt des Buches besprochen. Jede mit Wasserstoff gefüllte Seifenblase erhebt sich und ist eine kleine Charlière.

Einen haltbareren Ballon verfertigt man am besten aus Kollobidium, dessen Eigenschaft, schnell zu verdunsten und eine feine Haut zurückzulassen, bekannt ist. Das nicht zu dickflüssige Rohkollobidium, wie wir es bei jedem Drogisten bekommen (eine Auflösung von Schießbaumwolle in Äther), ist gut für unseren Zweck. Eine etwa 1 bis 2 Liter haltende, innen ganz glatte Kochflasche, wie man sie für chemische Zwecke billig kaufen kann, und zwei Glasröhrchen, von denen das eine oben zugeschmolzen und etwa 30 cm lang ist, vervollständigen unsere Versuchsausrüstung. Bei einiger Übung werden wir mit diesen Geräten ohne große Mühe einen Ballon herstellen können, der noch den Vorzug hat, öfter gebraucht werden zu können.

Wir gießen etwa ein halbes Weinglas voll Kollobidium in die Flasche und schwenken diese schnell so herum, daß die Wandungen (die ganz trocken und rein sein müssen) an allen Stellen bedeckt werden. Nachdem wir den Rest der Flüssigkeit, immer unter Drehen der Flasche, damit auch der lange Hals innen benetzt wird, wieder ausgegossen haben, führen wir einen kleinen Blasebalg, wie er sich in vielen Haushaltungen vorfindet, vorsichtig in den Hals ein und trocknen die Wandungen etwas durch Anblasen. Es bildet sich sehr schnell ein Kollobidiumhäutchen, das wir an der Öffnung des Halses, noch ehe es trocknet, ringsum ablösen. Der sich ablösende Kollobidiumschlauch, ein Ablatsch des Flaschenhalses und die Gaseinführungsöffnung des entstehenden Ballons, wird dann mit einer Schlinge aus Baumwolle an einem Glasröhrchen befestigt. Durch Saugen an letzterem — wir hüten uns dabei, die Ätherdämpfe einzuatmen! — und durch vorsichtige Nachhilfe mit dem oben gerundeten Glasröhrchen löst sich die Kollobidiumhaut von den Wänden als schlaffer Sack ab, den man leicht aus dem Flaschenhals herausziehen kann. Wir blasen ihn stark auf, hängen ihn zum Trocknen hin und unser Luftballon ist fertig. Von dem unteren Ende des Schlauches, der meist durch sich wulstig anhäufendes Kollobidium zu dick und schwer wird, entfernen wir mit der Schere ein kleines Stück.

Nichts ist nun leichter als die Füllung dieses Ballons. Wir legen ihn flach auf den Tisch und entfernen durch Andrücken mit der Hand alle Luft aus ihm. Das Gas führen wir ihm mit dem

Glasröhrchen zu, indem wir gleichzeitig eine leichte Schlinge um den Hals legen, die später dazu dient, den von dem Füllröhrchen vorsichtig entfernten, ganz straff aufgeblasenen Ballon zu schließen. Ist der Ballon groß und leicht genug, so steigt er schon mit gewöhnlicher Leuchtgasfüllung, ganz sicher aber mit Wasserstoffgas.

Ein Versuch mit dem Barometer. Mögen auch dicke Wolkenschleier dem Luftschiffer den Anblick der Erde ganz entziehen, mag er auch dann völlig im unklaren sein, wohin ihn der launische Wind treibt und wie schnell seine Fahrt geht, eines weiß er in jedem Falle mit Sicherheit: wie hoch er sich über dem Erdboden befindet. Unsere Leser werden sich die Frage vorlegen, wie dies möglich sei, denn daß der Luftfahrer gleich dem Seefahrer keine und Not zur Orientierung benützt, werden sie nicht glauben können, da offenbar — ganz abgesehen von der Umständlichkeit einer solchen Messung — die keine fortwährend Gefahr laufen würde, sich an Gebäuden, Zäunen, Bäumen und anderen Dingen mehr zu verfangen. Nein, aller dieser komplizierten Vorrichtungen bedarf es nicht, und wenn wir uns nur die Mühe geben, etwas nachzudenken, so können wir wohl selbst einen Vorschlag zur Höhenmessung ohne Meßkette und Meterstock machen. Wir würden uns dann z. B. daran erinnern, daß man Wasser von Zimmertemperatur unter der Luftpumpe kochen lassen kann. Dabei wird es natürlich nicht heißer, wie wir uns durch ein Thermometer überzeugen können. Lassen wir etwas Luft in die Luftpumpe eintreten, dann hört das „Kochen“, d. h. die Verwandlung des Wassers in Dampf, sofort auf und wir müssen, soll der Versuch gelingen, wärmeres Wasser für ihn verwenden, um so wärmer, je mehr Luft sich in der Pumpe befindet. Jeder von uns weiß, daß wir es schließlich bis 100° C. erhitzen müssen, wenn es ohne jede Luftverdünnung, also z. B. frei auf unserem Herde kochen soll. Und schließlich bedürfen wir für unseren Versuch auch nicht einmal einer Luftpumpe. Wir wissen, daß die Luft um so dünner wird und um so weniger Gewicht hat, je höher man in ihr emporsteigt, und der eine oder der andere von uns wird auch schon von der Beobachtung gelehrter

Forscher und Bergsteiger gelesen haben, daß nämlich auf hohen Bergen das Wasser, um zu kochen, nicht bis auf 100° erhitzt zu werden braucht, es vielmehr um so eher kocht, je höher der Berg ist, und daß eine ganz bestimmte Beziehung zwischen der Höhe und dem Siedepunkt des Wassers besteht. Was liegt nun näher, als auch im Ballon Wasser bis zum Kochen zu erhitzen, an einem Thermometer dabei seine Temperatur abzulesen und hieraus die jeweilige Höhe zu bestimmen, in der sich das Luftschiff befindet? Aber ebenso schnell, wie der Gedanke kam, müssen wir ihn wieder aufgeben, denn es ist wegen der Nähe der explosiven Gasmasse begreiflicherweise äußerst gefährlich, in der Gondel eine offene Flamme zu entzünden. Auch ist das Verfahren ziemlich zeitraubend, ein Umstand, der es für den oft hart bedrängten und auf jede Sekunde angewiesenen Luftschiffer recht wenig brauchbar macht.

Vielleicht brauchen wir aber gar nicht einmal zum erhitzten Wasser unsere Zuflucht zu nehmen! Gibt es doch ein Instrument, das in jedem Augenblick anzeigt, wie schwer die Luftsäule ist, die auf ihm lagert. Es ist fast in jedem Haushalt zu finden und längst ein Freund der Menschen geworden, die ihm nicht ganz mit Unrecht eine vorhersagende Kraft über das Wetter zuschreiben. Wer von uns kennt nicht das Barometer, das doch nichts anderes ist als eine feine Wage, auf der der jeweilige Druck der Luft gegen das Gewicht einer Quecksilbersäule abgemogen wird?

Das Barometer nun ist das Lot des Luftschiffers, denn die Quecksilbersäule wird fallen, wenn der Ballon sich erhebt und die über ihm befindliche Lufthöhe immer geringer wird. Man kennt den zahlenmäßigen Zusammenhang zwischen der Anzeige des Barometers und der Höhe, in der es sich befindet, und teilt seine Skala dann nicht in Wetterprophezeiungen, sondern nach einem Maßstab ein, auf dem die Höhe über dem Erdboden in Metern angegeben ist.

Aus praktischen Gründen nimmt der Luftschiffer in seine Gondel nicht ein Quecksilberbarometer, sondern eins der bekannten runden Zeigerinstrumente, ein sogenanntes Aneroidbarometer auf, und wenn wir zufällig ein solches besitzen, dann können wir uns leicht von der Richtigkeit des vorher Gesagten überzeugen.

Denn bei einem einigermaßen empfindlichen Instrument bedarf es gar keiner Höhenunterschiede von vielen hundert Metern, um eine Veränderung der Zeigerstellung zu bemerken, unser Haus ist für den lehrreichen Versuch hoch genug.

Wir gehen mit dem Barometer vor die Haustüre, es aufrecht haltend und leicht mit dem Finger dagegen klopfend. Dann merken wir uns den Stand des Zeigers, wobei darauf zu achten ist, daß das Auge sich genau dem Zeiger gegenüber befindet. Wiederholen wir denselben Versuch auf dem ersten Treppenabsatz, so werden wir zu unserem Erstaunen bemerken, daß der Zeiger zurückgegangen ist, und begeben wir uns gar auf den Boden, so ist die veränderte Zeigerstellung nicht mehr zu verkennen. Bleiben wir dagegen immer auf derselben Höhe, gehen wir also etwa durch die Zimmer desselben Stockwerkes, so rührt sich das Barometer nicht. So redet dieses kleine Instrument eine deutliche Sprache für jeden, der beobachten gelernt hat und seine Erfahrungen klug auszunutzen weiß.

Von allerhand Flugmaschinen. Niemand von uns wird heute im Ernst noch glauben, daß der Raum zwischen den Gegenständen auf der Erdoberfläche ganz und gar leer sei. Die Luft, die diesen Raum anfüllt, ist, obgleich durchsichtig, sogar ein verhältnismäßig recht dichter Stoff, denn wir fühlen deutlich beim Hindurchfahren mit der flachen Hand ihren Widerstand und wissen auch, daß sie in rascher Bewegung, als Sturmwind, Bäume zu entwurzeln und Gebäude zu zerstören vermag. Daß sie ein nicht unbedeutliches Gewicht hat, erfuhren wir bereits auf Seite 45 des Buches.

Gründete sich die Konstruktion der Luftballons auf das Vorhandensein eines Luftgewichtes, so benutzen die in Folgendem beschriebenen Vorrichtungen die treibende Kraft des Luftstromes oder den Widerstand der Luft, um sich vom Erdboden zu erheben.

Der Drache. Was ein Papierdrache ist, brauchen wir unseren jungen Lesern nicht erst zu sagen. Man kauft ihn zwar heutzutage recht billig in allen Spielwarenhandlungen, aber der wäre kein rechter Junge, der sich seinen Drachen nicht selbst anfertigt.

Der Bau ist einfach genug und die Freude eine doppelte, ein eigenes Erzeugnis in die Lüfte steigen zu sehen.

Der Drache ist nicht an eine bestimmte Form gebunden, es gibt deren sehr viele und jede hat etwas für sich. Die quadratische Drachensfläche wird bisweilen ihrer Einfachheit wegen vorgezogen. Die nachstehend beschriebene Form ist jedoch die am häufigsten vorkommende und auch zur Selbstanfertigung gut geeignet.

Ein Drache soll vor allen Dingen möglichst fest, aber auch möglichst leicht sein. Seine Größe kommt weniger in Betracht.

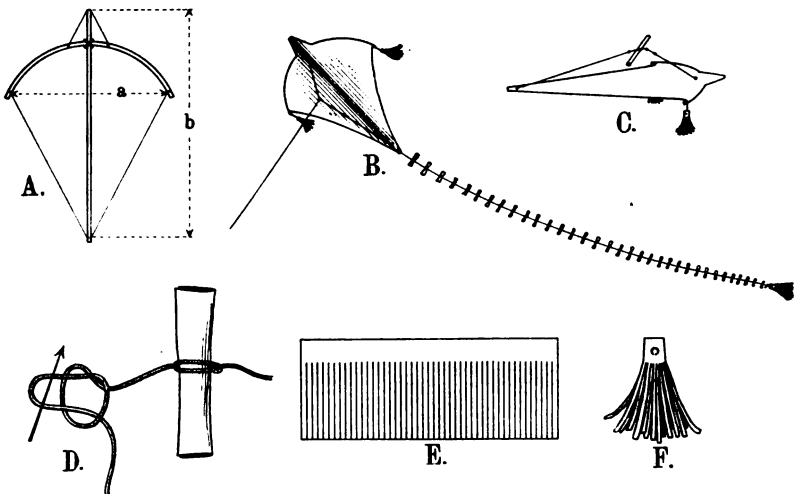


Fig. 16. Herstellung eines Drachen.

Man baut Drachen bis zu mehreren Metern Höhe, aber auch Drachen von der Größe eines Quartblattes steigen bereits, wenn sie nur leicht genug sind. Der Verfasser hat in seinen Knabenjahren gefunden, daß Größen von 1 m bis 1,3 m recht gut geeignet sind.

Zunächst handelt es sich darum, das Gerippe anzufertigen, welches die Segelfläche tragen soll. (Fig. 16, A.) Eine leichte Latte aus Tannenholz, etwa 2 bis 2,5 cm breit und 0,8 bis 1 cm stark, wird in $\frac{1}{7}$ ihrer Länge durch schwache Einkerbung und kreuzweises Verschnüren rechtwinkelig so mit einem biegbaren Stabe,

etwa einer strammen Haselnußgerte oder einem Rohrstock, verbunden, daß des letzteren Enden nach beiden Seiten gleich weit überstehen. Die Länge des gestreckten Querstabes zu dem Tannenh Holzstabe soll sich etwa verhalten wie 7:8. An diesem Holzgerippe werden nun folgende Einkerbungen vorgenommen, aber nur so tief, daß an ihnen befestigte Schnüre eben vor dem Abgleiten sicher sind. Je eine Einkerbung erfolgt rechts und links von der Verbindungsstelle der beiden Hölzer, auf der biegbaren Gerte in einem Abstände, der etwa $\frac{1}{3}$ der halben Gertenlänge ist. Zwei weitere Einkerbungen sind etwa 1 cm von den Enden der Gerte nötig. Das längere Stück des Tannenh Holzstabes erhält eine Einkerbung 2 cm von seinem Ende entfernt. Unter Benutzung der vorgenannten Einkerbungen werden dann die beiden Enden der Quergerte mit Hilfe von haltbaren, aber nicht zu starken Bindfäden so weit halbkreisförmig herabgezogen, daß (vergleiche die Figur) die Strecke a etwa $\frac{2}{3}$ der Länge von b ausmacht. Außerdem wird eine Schnur straff von der einen Einkerbung der Rute über die Spitze des Tannenh Holzstabes nach der anderen Einkerbung herübergezogen. Hierzu erhält auch der Tannenh Holzstab oben in der Richtung der Gerte einen Einschnitt.

Nun ist das Gestell fertig zum Überziehen mit einem luft- und durchlässigen leichten Stoff. Man kann hierfür mehrere Bogen Konzeptpapier aneinander kleben. Die Bereitung eines guten Kleisters findet der Leser auf Seite 6 beschrieben. Zweckmäßiger ist es, für den Überzug ein leichtes Baumwollenzug zu wählen, das man, um seine Poren zu verkleben, mit einem schnell trocknenden, dünnen Firnis überzieht. Man breitet den Stoff oder die aneinander geklebten Papierblätter auf der Erde aus, legt das Gestell darüber und zeichnet seine Konturen nach, jedoch nach allen Seiten etwa um zwei Finger breit größer. Die überstehenden Streifen werden mit Kleister gut bestrichen und durch Umlegen nach innen über die Schnüre des Gestelles herübergeklebt. Der Mittelstab braucht nicht festgeklebt zu werden, doch empfiehlt es sich immerhin, durch Überkleben einiger Papierstreifen für eine Befestigung zu sorgen. Um den Stoff glatt über den Bügel kleben

zu können, muß der Rand etwas breiter stehen bleiben und mit der Schere, auf den Bügel zu, von Zeit zu Zeit eingeschnitten werden.

Ist der Überzug trocken, so kann man daran gehen, eine lockere Schnur am Fußende und am Hals des Drachen — dort, wo die Stäbe sich kreuzen — zu befestigen. An dieser Schnur wird die Drachenfläche zunächst ins Gleichgewicht gebracht, eine Arbeit, auf die man alle Sorgfalt verwenden sollte. Durch einen unter die Schnur gehaltenen Stab — oder den Finger (Fig. 16 C,) — sucht man diejenige Stelle heraus, bei deren Unterstützung der Drache in Bezug auf das Fuß- und Kopfende wagerecht liegt. Rechts und links von dieser Stelle wird je ein Knoten in die Schnur geschlagen und nach dem Kopfende zu noch ein oder zwei Knoten in gleichem Abstände. Da aber die Schultern des Drachen auch wagerecht schweben sollen — was meist zunächst nicht der Fall sein dürfte —, so hat man einen Belastungsausgleich durch an die Gertenenden angehängte Troddeln herbeizuführen. Diese Troddeln fertigt man aus Schreibpapier, indem man einen oder mehrere Streifen aus demselben — so breit, als die Troddel lang werden soll — bis auf einen 2 cm breiten Streifen kammartig einschneidet und dann aufrollt (Fig. 16, E und F). Durch Abstreifen zwischen Daumen und Messerrücken können die Papierstreifen gekräuselt werden. Sind beide Troddeln beweglich durch ein Stückchen Schnur an dem Drachen befestigt, so kann leicht das völlige Gleichgewicht durch Herausziehen einiger Papierstückchen links oder rechts erreicht werden.

Ein derartiger Drache würde aber an seiner Schnur wild in der Luft herumwirbeln, wenn man ihm nicht einen Ballast in Gestalt eines Schwanzes mitgäbe. Dieser Schwanz soll nicht schwer sein, aber unbedingt lang, mindestens achtmal so lang als der Drache selbst. (In der Figur ist der Schwanz wegen des Raummangels im Verhältnis viel zu kurz gezeichnet.) Der Schwanz wird durch einen Bindfaden gebildet, in den quer zu ihm und in Abständen von etwa 8 cm gut fingerlange und etwa 2 bis 3 cm breite Papierstücke aus mehrfach zusammengefaltetem Papier eingeknüpft sind. Fig. 16 D zeigt deutlich, wie die hierzu erforderlichen Schlingen

im Bindfaden gebildet werden. Der Pfeil gibt an, an welcher Stelle das Papierstück durch die Schlinge gesteckt werden muß. An seinem Ende erhält der Schwanz eine ziemlich schwere Troddel.

Zum Auflassen wählen wir einen recht festen, aber nicht zu dicken Bindfaden. Zwei bis drei Anäuel von je 100 m genügen. Ein starker, in der Mitte eingekerbter Stock dient zur Befestigung des Bindfadens und zum Aufhaspeln desselben.

An einem schönen, windigen Herbsttage wandern wir mit unserem Drachen auf das freie Feld. Zum Transport wurde der Schwanz um den Drachen gewickelt und er selbst an seiner Schnur über die linke Schulter genommen. Unterwegs werden wir uns noch einmal darüber klar, daß wir eine hohe Strafe zahlen müssen, wenn sich unser Drache irgendwie in Telephon- oder Telegraphenleitungen verwickelt.

Auf dem Felde angelangt, besteht unser erstes Geschäft darin, die Windrichtung zu bestimmen, was bei starkem Winde kein Kunststück ist und bei schwachem dadurch geschieht, daß man den beseuchteten Finger emporhält. Ist der Wind aber gar so schwach, so sollte man sich bezwingen und von unnützen Versuchen, welche den Drachen nur verderben, lieber abstehen.

Man verfährt nun folgendermaßen. Der Drache wird platt auf die Erde gelegt und zunächst das Ende der Halteschnur an der Drachenschnur zwischen zwei der oben beschriebenen Knoten befestigt, und zwar um so weiter nach dem Kopf zu, je schwächer der Wind ist. Je höher wir die Schnur unter sonst gleichen Umständen befestigen, desto steiler steigt er auf. Dann wird die Halteschnur auf eine Strecke (etwa 40 bis 50 m) weit ausgelegt und zwar gegen den Wind. Das Anäuel wird dort fest in die Erde gesteckt oder man gibt es bei schwachem Winde einem Gehilfen zu halten. Ist dann noch der Drachenschwanz in der Richtung des Windes ausgelegt, so ergreift man den Drachen beim Fußende und hält ihn, einen kräftigen Windstoß abwartend, empor. Dann läßt man ihn, ohne ihn zu werfen, aus der Hand. Ein gut gebauter Drache erhebt sich rauschend in die Lüfte und entschädigt durch das hübsche Schauspiel reichlich alle auf ihn ver-

wandte Mühe. Ist der Wind zu schwach oder erst in den oberen Regionen zu finden, dann muß der Gehilfe eine Strecke weit laufen, um den Drachen in die Höhe zu bringen. Später kann dann die Schnur mehr und mehr nachgelassen werden.

Schlägt der Drache mit seinen Schultern hin und her, so sind die Troddeln ungleich schwer; fährt er unstät in der Luft herum oder zeigt er gar die Neigung, mit der Spitze nach unten auf die Erde herabzufahren, dann ist der Schwanz zu leicht und muß verlängert werden. Am besten ist es, wenn man bei starkem Wind gleich ein Reservestück von einigen Metern Länge mit auf das Feld bringt.

Eins der unterhaltendsten Spiele, das man mit dem Drachen anstellen kann, ist das Emporschicken von Briefen oder sogenannten „Aposteln“. Sie sind nichts anderes als ein einfaches Stück Kartonpapier von etwa Quadratdezimeter Größe, in der Mitte mit einem Loch versehen, gerade so groß, daß man den Haltestecken der Drachenschnur hindurchstecken kann. Um den Apostel auf die Schnur zu bringen, muß der Stecken so geneigt werden, daß die Schnur an ihm anliegt und man das Pappstück über beides streifen kann. Selbstverständlich muß dazu bereits die ganze Schnur bis auf den letzten Rest dem Drachen übergeben sein. Durch den Wind getrieben, läuft der Apostel an der Schnur empor und zwar immer schneller und schneller, bis er schließlich, fast dem Auge entschwunden, beim Drachen anlangt. Ungeschickte Knoten in der Schnur behindern natürlich den Lauf oder stellen ihn überhaupt in Frage.

Sehr vollkommene Apostel, die nicht die Neigung haben, sich unter dem Wind flach gegen die Schnur zu legen, erhält man auf folgende Weise. Ein Glasröhrchen von etwa 5 cm Länge und etwa 3 bis 4 mm lichter Weite wird in der Mitte durch ein entsprechend starkes, am besten kreisrundes Kartonblatt von 10 bis 20 cm Durchmesser gesteckt und senkrecht zu ihm durch beiderseits aufgeleimte und ebenfalls durchlöchernte dicke Korkscheiben befestigt. Um auch den Knoten in der Leine den Durchgang durch das Röhrchen zu ermöglichen, hördelt man die Ränder desselben trichterförmig auf (siehe Seite 18). Derartige Apostel werden auf die Leine gebracht, indem man letztere unter allen Vorsichtsmaß-

regeln, welche ein Entweichen des Drachen verhüten, von dem Haltesteckel löst und durch das Glasröhrchen sädelt. Ein so vorgerichteter Apostel bewegt sich mit überraschender Geschwindigkeit und wird bei seinem heftigen Anprall von dem Drachen meist durch ein Kopfnicken begrüßt. Man kann ein leichtes Püppchen an ihn hängen und die Lustreise mitmachen lassen. Der Verfasser weiß sich zu erinnern, daß er als Knabe an Apostel von großer Fläche (30 cm Durchmesser) kleine chinesische Papierlaternen — kugelförmige Sampions — mit Wachslichtchen versehen anband und des Abends aufsteigen ließ, was einen reizenden Anblick bot, besonders wenn der durch den anlangenden Sampion erleuchtete Drache plötzlich aus der Dunkelheit hervortrat. Auch dem Schwanz kann man statt der Schlushtrodde ein leichtes Laternchen mitgeben. Zu allen diesen Versuchen gehört aber neben einem ziemlich großen Drachen und ständigem Wind auch ein großes, in der Richtung des Windes völlig freies und abgeerntetes Feld, so daß jede Feuergefähr von vornherein ausgeschlossen ist.

Im Laufe der Zeit hat man an den Drachen, die eine chinesische Erfindung sein sollen, allerhand Verbesserungen angebracht, die sie weit über den Wert einer Kinderspielerei erheben. Wir wollen hier nicht reden von den Drachen, deren sich Schmuggler bedient haben, um, indem sie dieselben in großen Höhen von ihrer Schmur befreien und durch den Wind forttreiben ließen, Waren über die Zollgrenzen zu schaffen, auch nicht von den Drachen zur Rettung Schiffbrüchiger und zum Photographieren feindlicher Festungswerke aus der Vogelschau, sondern unseren Lesern ins Gedächtnis zurückrufen, daß vor nunmehr 150 Jahren eine der bedeutendsten naturwissenschaftlichen Aufklärungen durch den Drachen erfolgte. Im Jahre 1752 ließ der Amerikaner Franklin aus Philadelphia während eines Gewitters einen Drachen empor, da er auf Grund seiner Experimente an der Elektrifizierungsmaschine vermutete, daß auch der Blitz eine elektrische Erscheinung sei und die Gewitterwolken Elektrizität führen müßten. Das Glück schien ihm zunächst nicht hold, denn mehrere Wolken zogen wirkungslos vorüber. Da bemerkte er, als leichter Regen fiel

und die Schnur besser leitend machte, daß sich ihre Fasern sträubten und ein leichtes Knistern hörbar wurde. Er näherte ihr den Finger und ein Funke sprang über — die aus der Wolke zur Erde herabgeleitete Elektrizität. „Der Blitz ein gewaltiger elektrischer Funke“, das war das Resultat des Franklinschen Experimentes, eines Experimentes, das bald überall mit Eifer und mehr oder weniger Verständnis und Geschick wiederholt wurde. Kurze Zeit darauf wurde ein russischer Forscher bei ähnlichen Versuchen getödtet. Die durch die Drachenschnur herabgeleitete Elektrizitätsmenge steigt enorm, wenn sich in derselben ein leitendes Fädchen aus Metall befindet. Mit Hilfe einer solchen Vorrichtung kann man denn auch nachweisen, daß die Luft nicht nur beim Gewitter einen elektrischen Zustand besitzt, sondern daß elektrische Entladungen auch bei hellstem Sonnenschein und blauem Himmel — natürlich sehr viel schwächer — auftreten können, aber immer noch stark genug, um den Drachen einer Elektrifizierungsmaschine überlegen sein zu lassen. Man kann dann mit der atmosphärischen Elektrizität alle Versuche anstellen wie mit der künstlich erzeugten, es besteht zwischen beiden kein Unterschied. Die besonderen Vorrichtungen für diese Versuche beschreiben wir hier nicht, da wohl kaum einer unserer jungen Leser bereit sein wird, sie anzustellen, besonders wenn er erfährt, daß Unglücksfälle dabei keineswegs ausgeschlossen sind.

So wurde der Drache durch Benjamin Franklin — den Erfinder des Blitzableiters — zu einem wissenschaftlichen Instrument und er hat als solcher seine Rolle heute noch keineswegs ausgespielt. Im Gegenteil. Es wird sogar in der Nähe von Berlin auf Staatskosten ein Institut unterhalten, dessen Mitglieder unter der Führung eines namhaften Gelehrten sich damit beschäftigen, Drachen zu bauen und aufsteigen zu lassen. Diese Tätigkeit erscheint uns sehr vergnüglich, aber die Männer der Wissenschaft nehmen es damit sehr ernst. Unter ihren geschickten Händen und unter dem Einfluß scharfsinniger Rechnungen haben die Drachen eine Form angenommen, in welcher wir sie kaum noch wiedererkennen. Sie sehen aus wie übereinander gesetzte, mit Wollstoff überzogene

Kasten von leichtem Lattenwerk. Aber diese Drachen nehmen einen erstaunlich sicheren und hohen Flug. Während wir unsere Drachen nur bei bestem Bau und sehr gutem Wind etwa 300 m über den Erdboden emporbringen, steigen jene wissenschaftlichen Drachen bis 4000 m, ja selbst bis 5000 m empor und lassen, damit die Höhe des Montblanc überschreitend, die dichteren Wolkenschichten hinter sich, so daß sie bei bedecktem Himmel dem Auge gänzlich entschwinden. Sie werden durch eine elektrisch getriebene Winde an einem sehr dünnen und sehr festen Stahldraht gehalten und wieder zurückgeholt. Man kann sich denken, daß es keine Kleinigkeit ist, bisweilen einen 10 oder mehr Kilometer langen Draht aufzuwickeln. Auch würde sicherlich, trotz seines geringen Durchmessers, der Draht dem Drachen zu schwer werden, wenn man nicht einen Kunstgriff anwendete. Nachdem ein Drache eine Strecke — sagen wir 200 m — weit aufgelassen worden ist, wird ein zweiter Drache an dem Draht befestigt, der dem ersten gewissermaßen den Galtebraht trägt, nach weiteren 200 m folgt noch ein Drache u. s. w., bis schließlich eine Kette von mehreren Drachen in der Luft steht, die dann natürlich auf den Draht einen gewaltigen Zug ausübt. Der höchste Drache trägt eine Anzahl wissenschaftlicher Instrumente, die den Luftdruck, die Luftfeuchtigkeit, die Temperatur u. a. m. messen sollen, und alle diese Instrumente sind selbstregistrierend, d. h. so eingerichtet, daß sie ihre Beobachtungen aufschreiben und nach ihrer Rückkunft dem Gelehrten ein zuverlässiges Bild der atmosphärischen Zustände in jenen Höhen liefern, die sonst nur unter Aufwendung ungleich größerer Kosten dem Luftballon zugänglich sind.

Wollen unsere Leser übrigens noch einen unterhaltenden Versuch mit ihrem — nicht zu kleinen — Drachen ausführen, so sei ihnen einer ganz besonders empfohlen: Die photographische Aufnahme der Erdoberfläche vom Drachen aus. Freilich ist er nur ausführbar für Besitzer eines kleinen, leichten photographischen Apparates, der mit einem Momentverschluß versehen ist. Schließlich leisten aber die ganz leichten und billigen Apparate aus Pappe, sofern sie nur dicht gearbeitet sind und ein leidlich farbenreies.

Objektiv haben, für den besonderen Zweck noch die besten Dienste. Wie der Apparat an dem Drachen befestigt wird, zeigt Fig. 17. Es ist angezeigt, die Schnüre eher etwas länger als zu kurz zu nehmen, damit die Schwankungen des Drachen und die durch die flatternden Troddeln erzeugten Stöße sich nicht allzu heftig auf den Apparat fortpflanzen. Durch Vorversuche muß das Verhältnis der beiden Schnüre so bestimmt werden, daß bei der Lage, welche der Drache unter dem Einfluß des Windes und der Schwere des Apparates einnimmt, letzterer sein Objektiv senkrecht nach unten kehrt.

Nun kommt es darauf an, den Momentverschluß erst dann arbeiten zu lassen oder auszulösen, wenn der Drache seinen

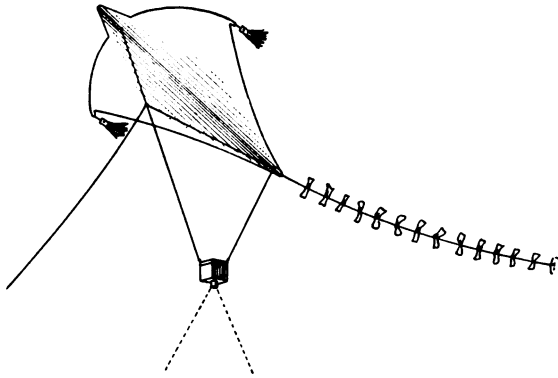


Fig. 17. Drache mit photographischem Apparat.

höchsten Stand erreicht hat. Das ist viel leichter, als es auf den ersten Blick scheint.

So verschieden auch der Mannigfaltigkeit der Momentverschlüsse wegen in einzelnen die Vorrichtung ausfallen mag, das Prinzip ist überall dasselbe: Das Durchbrennen eines Fadens, der auf irgend eine Weise die Arretierung des Momentverschlusses festhielt, durch eine Lunte. Bei einiger Überlegung findet man für jeden Momentverschluß eine Lösung. Die Lunte — ein aus Feuerschwamm geschnittener Streif — wird in der Mitte des Fadens befestigt und hängt frei herab. Er wird so lang gewählt, daß er

mindestens so lange brennt, als erforderlich ist, den Drachen ganz in die Höhe zu bringen. Einige Versuche bringen darüber leicht Klarheit.

Bei dem Experiment selbst wird der Apparat zunächst so eingestellt, daß er entfernte Gegenstände scharf wiedergibt. Dann zieht man die Kassette auf, zündet die Lunte an und läßt den Drachen auf. Glückt alles, so kehrt der Drache mit einer photographischen Aufnahme zurück, deren Entstehung sicherlich unseren Freunden, falls wir sie nicht in das Geheimnis einweihen, ebenso rätselhaft sein wird, wie sie uns Freude bereitet.

Vielleicht denken unsere Leser auch einmal darüber nach, wie man mit Hilfe des Anpralles eines aufgelassenen Apostels den Momentverschluß auslösen kann. Die Bewältigung dieser Aufgabe ist gar nicht so schwer.

Die Flugschraube und der Bumerang. Bei dem Drachen bewegt sich die Luft und der Drache steht fest. Indem die Luft an der schrägen Fläche nach unten abglenkt, hebt sie zugleich den Drachen. Derselbe Effekt wird erreicht, wenn die Luft ruhig ist und der Drache sich gegen die Luft bewegt, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man mit dem Drachen läuft.

Es findet überhaupt stets ein Steigen statt, wenn die schrägen

Flügelflächen irgend einer Vorrichtung in geeigneter Weise gegen die Luft bewegt werden. Eine derartige Vorrichtung, die man sich mit ganz geringer Mühe selbst herstellen kann — und die man bereits zu den Flugmaschinen rechnen muß —, ist die Flugschraube.

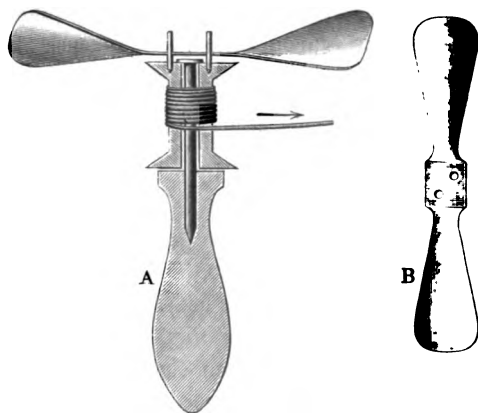


Fig. 18. Flugschraube.

Auf einem Handgriff von Holz (Fig. 18) — etwa dem Heft einer Feile — wird mit einem starken, langen Nagel ein Garnröllchen so befestigt, daß es sich um den Nagel als Achse drehen kann. Der Kopf des Nagels, der so groß sein muß, daß er das Röllchen am Abgleiten hindert, muß flach gefeilt sein, da später die Flugschraube glatt an ihm anliegen soll. Außerdem werden in den Kopf der Rolle zwei ziemlich dünne Drahtstifte von etwa 1 cm Länge eingesetzt, am besten durch Einkitten (mit Siegelack) in vorher gebohrte oder ausgebrannte Löcher. Die Figur zeigt den Querschnitt der ganzen Einrichtung.

Die Luftschraube schneidet man mit der Schere aus dünnem Eisenblech aus, indem man ihr etwa die zweiflügelige Gestalt B gibt. Sie erhält im mittleren Teil zwei Löcher, welche auf die Drahtstifte der Drehvorrichtung passen. Damit sie, in Rotation versetzt, in die Höhe steigt, müssen die Flügel schraubensförmig zueinander verdreht werden, was am einfachsten geschieht, wenn man die Flügel zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten und linken Hand nimmt und dann die Hände gegeneinander dreht, doch höchstens so weit, daß die beiden Flügelflächen miteinander einen rechten Winkel bilden. Die Länge der Flugschraube kann 5 bis 10 cm betragen.

Legt man die Flugschraube auf die Drehvorrichtung und setzt dieselbe — sie senkrecht in der linken Hand haltend — durch einen aufgewickelten und dann rasch abgezogenen Bindfaden in rasche Umdrehungen, so erhebt sie sich von ihrer Unterlage und steigt, immerfort Schraubenbewegungen ausführend, bei ruhigem Wetter hoch in die Luft empor, so hoch wie ein Haus und vielleicht noch höher.

Der Bumerang ist nicht eigentlich als eine Flugschraube zu betrachten und könnte am ehesten noch an derjenigen Stelle dieses Buches Erwähnung gefunden haben, wo von dem Bestreben eines sich drehenden Körpers, die Richtung seiner Achse beizubehalten, gesprochen wurde (Seite 38). Will man den Versuch mit dem Bumerang im Zimmer ausführen, so bedarf man dazu kaum irgendwelcher Vorbereitungen, da jede Postkarte oder Visitenkarte das erforderliche Material abgibt. Man schneidet aus ihr ein rechtwinkliges Gebilde, dessen einer Schenkel etwas länger und

daher auch schwerer sein kann als der andere. Figur 19 veranschaulicht die Form des Ausschnittes, dessen Größe ziemlich gleichgültig ist. Legt man den so erhaltenen Bumerang, wie es die Figur angibt, auf die schräg nach oben gerichtete Fläche eines Buches und schlägt mit einem Stäbchen gegen den überstehenden Schenkel desselben, so fliegt der Bumerang, während er sich schnell dreht, schräg aufwärts in das Zimmer hinein und wendet dann plötzlich, um in leichtem Bogen zu seinem Ausgangspunkte, oder zu einer Stelle etwas unterhalb desselben, zurückzukehren. Die Erklärung des hübschen Experimentes ist leicht. Da der Bumerang wegen seiner drehenden Bewegung das Bestreben hat, seine Flügelfläche nimmer in derselben, schräg nach oben gerichteten Ebene zu bewegen, so gleitet er auf der Luft hin wie anfangs auf dem Deckel des Buches. Sobald seine Kraft nachläßt, gleitet er wieder zurück auf einer Luftschicht, die zu der ersten in einem geringen Winkel geneigt ist.

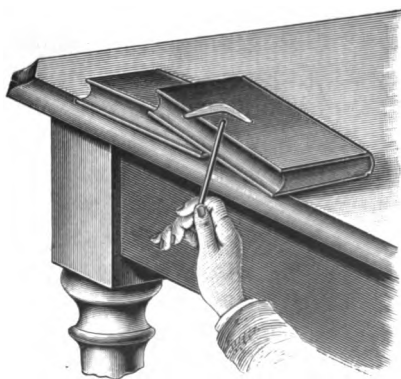


Fig. 19. Bumerang.

In den Spielwarenläden erhält man den Bumerang aus Holz in der Größe eines gebogenen Armes und kann mit ihm dann die Versuche im Freien wiederholen, indem man, den einen Schenkel mit der rechten Hand ergreifend, das Instrument nahezu wagerecht fortschleudert und ihm dabei eine drehende Bewegung mitgibt. Der freie Schenkel muß nach links gerichtet sein. Der Bumerang eilt dann zunächst am Boden hin, erhebt sich aber plötzlich — namentlich, wenn der Wurf gegen den Wind ge-

schießt —, steigt ziemlich steil auf und kehrt dann, allmählich ermattend, in weitem Bogen zu dem Werfer zurück. Es ist erstaunlich, bis zu welcher Höhe und Weite bei einiger Übung der Wurf gelingt.

In der Hand der Wilden von Australien bedeutet der Bumerang — der Name stammt von den Eingeborenen — eine Waffe und zwar eine äußerst gefährliche, die sie mit erstaunlicher Treffsicherheit gegen Tier und Mensch zu gebrauchen wissen. Man erzählt, daß sie mit ihr den Vogel auf fünfzig und mehr Meter Entfernung vom Baume herabholen. Verfehlt das mörderische Wurfgeschloß sein Ziel, so steigt es in leichtem Bogen aufwärts und kehrt in die Hand des Schützen zurück.

Ein künstlicher Schmetterling erregte bei seinem ersten Erscheinen in den Spielwarenläden vor etwa 15 oder 20 Jahren großes Aufsehen. Das anmutige physikalische Spielzeug flatterte aus der Hand des Experimentators auf und huschte, unstät hin und her stoßend, eine Zeitlang an der Zimmerdecke hin, ganz das Bild eines scheuen, großen, ausländischen Schmetterlings bietend. Heute trifft man das allerliebste Spielzeug nur noch selten an und es ist vielleicht angebracht, darauf von neuem hinzuweisen, da es auch belehrend ist und ohne allzu große Mühe angefertigt werden kann.

Wir wollen versuchen, an der Hand der Figur 20 eine Beschreibung des Schmetterlings zu geben. Der Körper des künstlichen Tieres wird aus zwei Holzstäbchen *a* und *b* gebildet, die, parallel miteinander verlaufend, in die Korkstücke *A* und *B* eingeleimt sind. Derartige Holzstäbchen erhält man unter dem Namen Wurfspeiler bei jedem größeren Schlächter. Man wähle die dünnste Sorte. Die Abmessungen ergeben sich aus den der Figur beigelegten Zahlen. Für die Korkstücke wähle man nur gute Sorten und stelle sich die erforderlichen Stücke durch Zerteilen etwa 3 bis 4 mm starker Scheibchen her. Das Körpergestell trägt beiderseits große Flügelflächen aus Seidenpapier. Die Rippen *c* und *d* dieser Flügel werden aus gebogenen Holzstäbchen hergestellt. Es ist nicht schwer, ihnen dauernd die gewünschte Form zu verleihen, wenn man folgendermaßen verfährt. Die Stäbchen

werden zwölf Stunden lang in Wasser gelegt und dann einige Minuten gekocht, worauf sie geschmeidig geworden sind und sich, ohne zu brechen, in jede gewünschte Form bringen lassen. In dieser müssen sie, etwa durch Belastung mit Gewichten, festgehalten und getrocknet werden. Am besten ist es, sie dabei auf ein Blech zu legen und auf der Herdplatte am Feuer rasch auszutrocknen. Die so vorgerichteten Holzstäbchen werden rechts und links in den

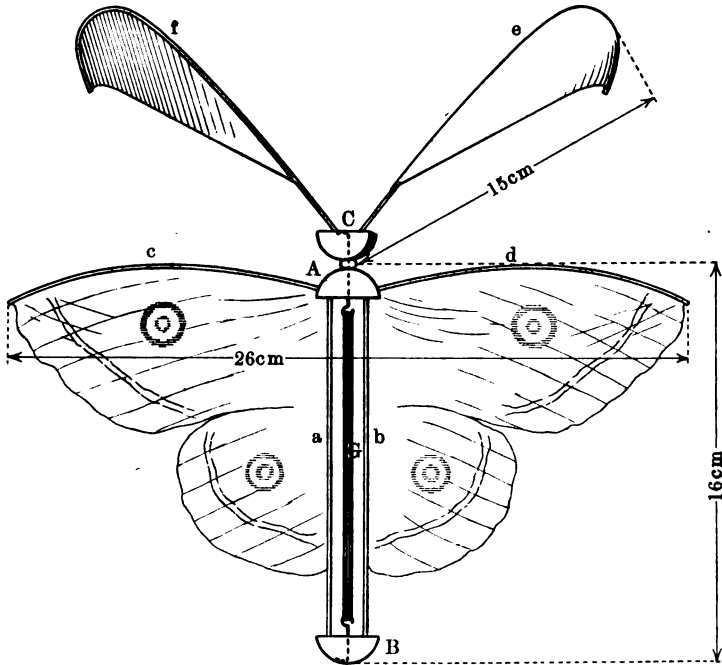


Fig. 20. Künstlicher Schmetterling.

Schulterfort des Schmetterlings eingefügt. Sie müssen gleich lang sein und dieselbe Form haben. Das Seidenpapier der Flügel wird an *a* und *c*, bezüglich an *b* und *d* festgeleimt, wobei es nicht nötig ist, daß die Flügelflächen straff gespannt sind, sie können sogar etwas locker sitzen, wodurch sich die Luft besser in sie hineinsetzt.

Kopf und Fühler bilden zugleich den Flugapparat des

Schmetterlings, die eigentliche Luftschraube. Sie bestehen aus dem Korkstück *C* und den beiden schräg eingeleimten gebogenen Stäbchen *e* und *f*. Letztere sind in der Art, wie es die Figur angibt, mit Seidenpapier straff bespannt. Diese Flügelflächen sind gegeneinander um etwa einen rechten Winkel gedreht, gerade so wie die Flügel der vorbeschriebenen Flugschraube.

Die schraubenförmige Bewegung der Fühlerflügel wird nun auf folgende sinnreiche Weise bewirkt. Der Kork *A* wird in der Längsrichtung der Körperachse durchbohrt, so daß sich ein Eisendraht von $\frac{1}{2}$ mm Stärke leicht in ihm drehen läßt. Dieser Draht steht mit dem Kork *C* durch Einstecken und Umbiegen in fester Verbindung. Dreht sich *C*, so macht diese Drehung auch ein Haken mit, der vor der Einführung des Drahtes an ihn angebogen war und der sich nun unterhalb des Korkes *A* befindet. Um die Drehung der Korkte gegeneinander zu erleichtern, muß zwischen ihnen eine kleine Glasperle eingefügt werden. Am besten ist es, wenn sich außerdem auf jeder Seite der Perle noch ein kleines durchlöcheretes Scheibchen aus dünnem Weißblech befindet. Der Kork *B* erhält ebenfalls einen mit ihm fest verbundenen, also nicht drehbaren Haken aus Eisendraht. Zwischen den Haken werden darauf etwa vier oder fünf nicht zu breite Gummibänder aus schwarzem Gummi aufgespannt, wie man sie in den Gummihandlungen zum Zusammenhalten der Papierumhüllungen von Paketen erhält. Sie dürfen nicht allzu straff gespannt sein, müssen also in ungedehntem Zustande fast die Entfernung zwischen den Haken ausfüllen.

Diese Gummibänder bilden den Motor für unsere kleine Flugmaschine. Hält man nämlich den Körper des Schmetterlings zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand und dreht mit der rechten die Fühler herum, so drehen sich die Gummibänder umeinander auf und haben dann das Bestreben, sich wieder aufzuwickeln und die Fühlerflügel in entgegengesetztem Sinne zu drehen. Diese Drehung benützt der künstliche Schmetterling zum Fluge, indem er sich mit seinen Flügeln gleichsam in die Luft emporschraubt. Die unteren breiten Flügelflächen sollen lediglich verhindern, daß der Körper sich ebenfalls dreht.

Eine Hauptbedingung für das Gelingen des Experiments ist die größtmögliche Leichtigkeit der ganzen Maschine. Diese muß man in allen Teilen anzustreben suchen, im Stork, in den Hölzchen, im Seidenpapier u. s. f. Man versuche auch den Apparat mit verschiedenen Gummibändern und habe keine Furcht, daß durch den Zug derselben das Gestell zusammenbrechen könne. Dieses hält, wenn nur die Stäbchen *a* und *b* gerade sind, erstaunlich viel aus, es ist so stabil, daß man sogar die Anzahl der Umdrehungen bis zur Bildung von Knötchen längs der ganzen Gummischnur treiben kann. Sollten die Holzstäbchen nicht dünn genug und daher zu schwer sein, so kann man sie mit einem Stück Glas und unter Zuhilfenahme von Sandpapier vorsichtig dünner schaben.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, daß wir das „Aufziehen“ des Schmetterlings stets in dem richtigen Sinne vornehmen müssen, da er andernfalls durch seine Flügelbewegung nicht gehoben, sondern zur Erde herabgedrückt wird.

Ein mechanischer Vogel. Der Physiker Hopkins, ein amerikanischer Gelehrter, gibt in einem seiner Bücher eine kleine Maschine an, die den Flug eines Vogels durch Auf- und Niederschlagen der Flügel wahrhaftig nachahmt. Wir haben das niedliche Maschinchen nicht nachgeprüft, zweifeln aber nicht daran, daß es sich bei geeigneter Ausführung in der erwarteten Weise durch die Luft bewegt.

Für diejenigen Leser, welche Lust haben, sich an dem kleinen Problem zu versuchen, geben wir nachstehend die Beschreibung des künstlichen Vogels.

Fig. 21 (a. f. S.) veranschaulicht ihn. An einem etwa 2 mm starken und auch sehr dünnwandigen Messingröhrchen — es darf nicht mehr wiegen als ein Holzstäbchen gleicher Dicke —, von etwa 32 cm Länge sind drei Stützen aus hartem, dünnem, teilweise umeinander gewickeltem Messingdraht festgelötet. Zwei derselben befinden sich in einem Abstände von etwa 3 bis 4 cm voneinander an dem einen Ende des Röhrchens, die dritte am anderen Ende. Die ersteren sind etwa 5 cm hoch, Y-förmig gestaltet und laufen an ihren freien Enden je in zwei kleine Ösen aus, die letztere ist

nur 2 cm hoch und oben mit einem seitlichen Gätchen versehen. Das ist der unbewegliche Teil des Apparates. Der bewegliche Teil besteht aus der Kurbel, den Flügeln und dem Gestänge, das die Flügel mit der Kurbel verbindet. Die Kurbel wird aus etwas stärkerem Draht gefertigt und befindet sich zwischen den Y-Ständern. Eine beiderseitige Erweiterung der Ständerwickelung gibt die Lager für die Kurbel ab. Zwischen die Kurbel und den mittleren Ständer wird eine Glasperle eingefügt. Sie ist in der Figur fortgelassen. Außen erhält die Kurbel eine Döse, innen einen Haken. Erstere dient dazu, einen Stab als Handhabe zum

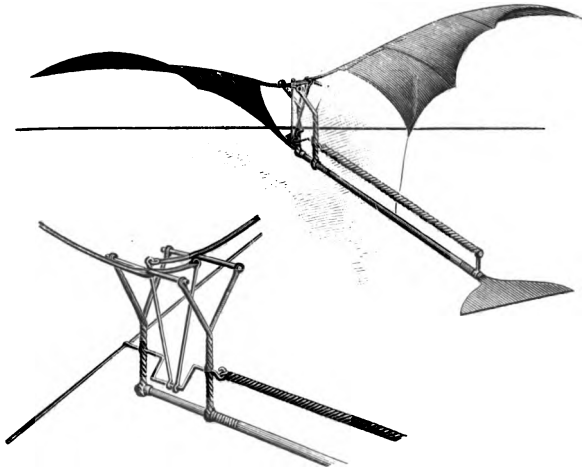


Fig. 21. Ein mechanischer Vogel.

Aufwinden der Kurbel aufzunehmen, letzterer steht durch die uns bereits bekannten Gummibänder mit dem kleinen Statio am Ende der Messingröhre in Verbindung. Die Seitenfigur der Abbildung 21 veranschaulicht die drehbare Befestigung der Flügelrippen in den Gabeln sowie deren Verbindung durch Drähte mit der Kurbel.

Die Flügelrippen werden in gleicher Weise aus Holzstäbchen hergestellt, wie wir es bereits für den „künstlichen Schmetterling“ beschrieben. Die Ösen an den Enden erhält man durch Einklopfen

und vorsichtiges Rundbiegen dünner Eisendrähtchen. Die Achsen werden durch das gespaltene Holz gesteckt und sorgfältig mit Siegellack festgetittet. Die leichtgebogenen Querrippen verfertigt man aus dünnen harten Messingdrähtchen. Der Bau der Flügel, zu deren Bepannung dünnes mit Schellacklösung (Seite 11) bestrichenes Seidenpapier dienen kann, erfordert jedenfalls viel Mühe und Sorgfalt. Sie können etwa 35 cm weit klappern und an ihrer breitesten Stelle einen Durchmesser von 8 bis 10 cm haben. Ihr innerer Zipfel wird mit einem feinen, sehr dehnbaren Gummifädchen unter leichter Anspannung gegen das Gestell befestigt.

Sind die Gummifäden aufgewirbelt, so beginnt die Kurbel, sich selbst überlassen, eine rückläufige Bewegung zu machen und treibt die Flügel auf und nieder. Man sagt, daß derartige Modelle, wenn sie sehr leicht und genau gebaut sind, eine Strecke von 20 m und mehr mit hastigen Flügelschlägen zurücklegen. Um das Gleichgewicht zu erhalten, wird am Ende des Messingstabes eine schwanzartige Flosse angebracht, deren Größe und Neigung die Richtung des Fluges bestimmt.

Vom Flug des Menschen. Wenn schon unsere kleinen Flugmaschinen sehr unvollkommen sind, so liefern sie doch den Beweis für die Möglichkeit, Apparate zu konstruieren, die gleich dem Vogel vermöge der ihnen inwohnenden Energie die Luft zu durchmessen vermögen. Gegenüber dieser Tatsache muß man sich wundern, daß auch heute noch vom freien Fluge einer Maschine ohne Ballon als von einem ungelösten Problem gesprochen wird. Warum, so werden unsere Leser fragen, vergrößert man nicht einfach die Verhältnisse und ersetzt die kleinen Flügelflächen durch viele Quadratmeter große, die Holzstäbchen durch Aluminiumstangen und die treibenden Gummibänder durch eine Dampfmaschine? Sie vergessen dabei nur zweierlei: daß nämlich eine große Flugmaschine im Freien ganz anderen Verhältnissen ausgesetzt ist wie eine kleine im Zimmer, und dann daß eine derartige Maschine kein belustigendes Spielzeug mehr ist, sondern praktischen Zwecken dienen, d. h. Menschen und Waren tragen

und transportieren soll. Luftstöße und Luftströmungen, die rasch wechselnd von allen Seiten auf die fliegende Maschine einbringen können, werden ihren Lauf stets unsicher machen und einer nur für eine bestimmte Berrichtung gebauten Maschine kann man nicht das Gefühl für richtige Wahl der Schwerpunktslage in jedem Moment mitgeben, wie es der Vogel besitzt und bei sich durch Vererbung und Erfahrung von Generation zu Generation allmählich ausgebildet hat. Auch er hat vor Jahrmillionen das Fliegen sicherlich mühsam erlernen müssen, indem er den Sprung von Ast zu Ast mit Hilfe seiner Flügelflächen langsam vergrößerte.

Auch der Mensch wird, wenn er seine Flugmaschine führt, tausendfältige Erfahrungen sammeln und das Fliegen erst erlernen müssen. Auch die größte Gewissenhaftigkeit und Vorsicht wird Unglücksfälle nicht verhindern können, denn auch die Eroberung des Luftreiches erfordert Menschenopfer wie die Eroberung eines feindlichen Landes.' In neuerer Zeit mußte der begabte und allseitig geachtete Ingenieur Otto Lilienthal sein Leben lassen, als er es versuchte, seine bis dahin starren Flügelflächen, die ihn von einem Hügel in sanft geneigter Linie abwärts getragen hatten, beweglich zu machen. So sind vor ihm viele untergegangen und werden nach ihm noch viele zugrunde gehen, aber an kühnen Männern wird es nicht fehlen, die ihr Leben für eine Aufgabe zu opfern bereit sind, welche man heutzutage durchaus nicht mehr für unlösbar hält.

Auch einige belustigende Versuche mit Luftströmungen sollen nachstehend beschrieben sein.

Es ist unmöglich, ein Licht durch eine Papierdüte auszublasen, wenn man durch die Tülle gegen das Licht bläst: eine Behauptung, die uns so ohne weiteres zu glauben niemand bereit sein wird. Wir gehen aber jede Wette ein und lassen unseren Opponenten den Versuch machen. Es ist erheitern, zu bemerken, wie er sich abmüht und die ganze Kraft seiner Lungen daranwendet, während sich das Licht ganz ruhig verhält oder kaum etwas hin und her flackert. Wenn er entmutigt den Versuch aufgibt, zeigen wir uns großmütig, verlangen nicht einmal die Prämie

unserer Wette, sondern geben noch obendrein die Erklärung des Versuches dazu.

Bläst man nämlich durch ein überall gleichweites Rohr — sagen wir durch ein Garnröllchen —, so entsteht ein in allen seinen Teilen gleich gerichteter Luftstrom, der sich auf eine ziemlich große Strecke hin fortpflanzt und noch in einiger Entfernung ein Licht zu löschen vermag. Anders beim Trichter, bei dem sich die austretende Luft nach allen Seiten hin ausbreitet und das Licht nicht mehr mit der nötigen Kraft treffen kann. Unter Umständen nimmt auch die äußere Luft an der Bewegung teil und dann entsteht ein Wirbel, der die Flamme sogar in den Trichter hineinsaugt. Auf dieser Erscheinung beruhen auch die folgenden zwei geradezu überraschenden Experimente.

Kugel, Karte und Garnröllchen. Die Öffnung eines Garnröllchens wird trichterförmig erweitert, was mit Hilfe eines scharfen Messers und einer Rundfeile geschehen kann. Die andere Öffnung wird mit einem Röhrchen zum Einblasen von Luft versehen. Weiterhin ist erforderlich ein recht glatt gerundetes Kugeln aus Holundermark, das zu dem Röllchen etwa in dem durch die Fig. 22 angedeuteten Größenverhältnis steht.

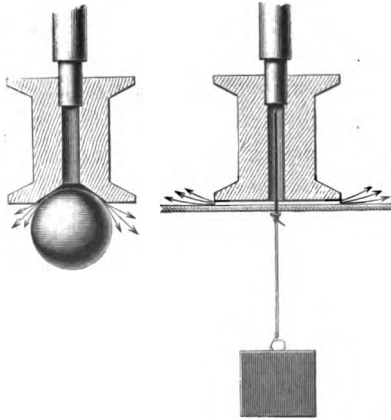


Fig. 22. Merkwürdige Luftströmungen.

Bläst man nun durch das Röllchen einen kräftigen Luftstrom nach unten, so kann man die Kugel in die trichterförmige Öffnung legen, sie wird von dem Luftstrom nicht herausgeschleudert, sondern aus Gründen, die wir bereits dargelegt haben, angefangt. Genau ge-

sagt, bleibt die Kugel vor der Öffnung schweben, um dem Luftstrom die Gelegenheit zum seitlichen Entweichen zu geben.

Ähnlich liegt der Fall, wenn die Kugel durch ein Kartenblatt ersetzt wird. Auch dieses bleibt flatternd vor der Öffnung schweben, die Strömung, welche das Blatt anzupressen bestrebt ist, ist aber so stark, daß die Karte noch ein kleines Gewichtchen zu tragen vermag. Man muß dafür sorgen, daß die Karte sich seitlich nicht zu verschieben vermag, am besten, wenn man von unten her eine Stednadel durchsteckt, die dann in der Durchbohrung des Köllchens eine Führung findet.

Eine Kugel, die auf einem Luftstrahl tanzt. Viele unserer jungen Leser haben sicherlich schon einmal in einer Schießbude ein Ei oder eine Kugel auf einem Wasserstrahl tanzen sehen und sich Gedanken darüber gemacht, warum wohl die Kugel aus dem Wasserstrahl nicht seitlich herausgeschleudert wird. Nach dem, was in den vorigen Abschnitten gesagt wurde, kann ihnen jedoch die richtige Erklärung kaum schwer werden.

Die Kugel liegt zunächst auf dem Grunde eines trichterförmigen Drahtkorbes, gerade über der Ausflußöffnung für das Wasser. Sobald der Wasserstrahl zu spielen beginnt, nimmt er die Kugel mit empor, wobei er sich an ihr nach allen Seiten hin zerteilt. Während die Kugel also vorher in einem Drahtkorb lag, liegt sie nun in einem Wasserkorb und auch fast ebenso sicher. Sollte irgendwie ihr Gleichgewicht gestört werden, so wird sie trotzdem das Bestreben haben, sich wieder auf die Mittelachse einzustellen, wie man leicht bei Betrachtung der Fig 23 A, welche eine Kugel auf einem Wasserstrahle darstellt, einsehen kann. Wir wollen annehmen, daß die Kugel auf einen Augenblick aus ihrer Gleichgewichtslage nach rechts austritt. Dann verändert sich die Form des seitlich abfließenden Wassers und hört auf, symmetrisch zu sein, da links dem Strahl die Bahn geöffnet und rechts mehr versperrt wird. In dieser Stellung liegt auch die Kugel nicht mehr ruhig, sondern beginnt sich rechts herum in der Richtung des gebogenen Pfeiles zu drehen, ein Beweis, daß die beiden Teile des gespaltenen Wasserstrahles in verschiedener Weise auf sie einwirken. Sie liegt auf dem rechten Teile

wie auf einem elastischen Kissen, das sie nach aufwärts drückt, während der links abgelenkte Teil des Strahles saugend auf die Kugel einwirkt. Was nun geschieht, liegt auf der Hand: Die Kugel wird wieder nach der Mitte befördert und nimmt ihre alte Lage ein. Eine kleine Überlegung lehrt, daß ähnliche Verhältnisse auch eintreten können, wenn man den Wasserstrahl etwas neigt.

Es ist für den Verlauf der Erscheinung nun gleichgültig, ob der tragende Strahl für das Auge sichtbar oder unsichtbar ist. Am überraschendsten gestaltet sich der Versuch, wenn man den Wasserstrahl durch einen Luftstrahl ersetzt. Eine einfache Vorrichtung für dieses Experiment zeigt Fig. 23 B.

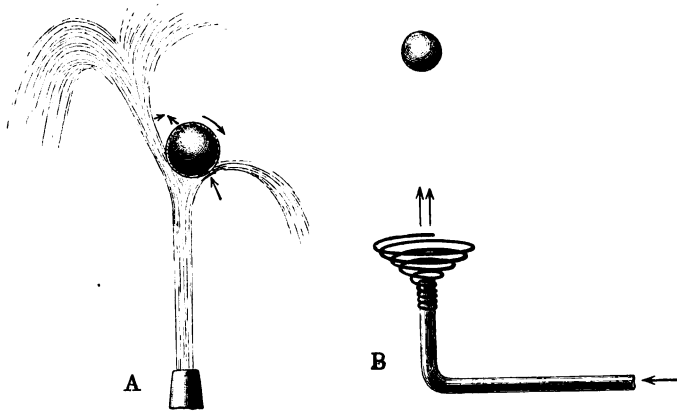


Fig. 23. Kugel auf einem Luftstrahl.

Eine Glasröhre, im ganzen etwa 25 cm lang und 2 bis 3 mm weit, wird auf eine kurze Strecke rechtwinklig umgebogen (vergl. Seite 17) und erhält an ihrer Mündung, d. h. am Ende des kürzeren Schenkels, einen Aufsangkorb aus Draht, der am leichtesten durch spiral- und trichterförmiges Aufdrehen eines etwa 1 mm starken Eisendrahtes hergestellt werden kann. Der Korb wird durch Umwickeln des Drahtendes um die Röhre und durch Versiegeln mit dieser fest verbunden. Das zum Versuch erforderliche Kugelnchen darf nicht zu schwer und nicht zu groß sein. Als Material

Donath, Physikalisches Spielbuch.

eignet sich Holundermark vortrefflich, der Durchmesser kann 1 cm betragen.

Legt man die Kugel in das Körbchen und bläst einen Luftstrom erst schwach und dann allmählich stärker nach oben, so erhebt sie sich und bleibt schließlich unter leichten Drehungen und Wendungen in der Luft schweben, wie gehalten von einer geheimnisvollen und unsichtbaren Macht, ein sonderbarer Eindruck, der noch stärker wird, wenn man die Blasevorrichtung durch einen Schlauch verlängert und in unauffälliger Weise in irgend einem Gegenstand verbirgt. Man kann dann zweierlei beobachten: einmal, wie schwer es den meisten wird, gerade für einen einfachen Vorgang eine Erklärung zu finden, weil sie es versäumt haben, Erfahrungen zu sammeln, und dann, wie viele sich mit der Erscheinung zufrieden geben und es nicht der Mühe für wert erachten, über Dinge, seien sie auch noch so wunderbar, nachzudenken.

Rauchringe in der Luft und Lufttringe im Rauch.

Wir haben im ersten Abschnitt dieses Buches (auf Seite 3) gelernt, Papparbeiten anzufertigen, und benutzen unsere Kenntnisse und Fertigkeiten nun zur Herstellung eines einfachen würfelförmigen Kastens mit einer Seitenlänge von etwa 15 cm. Aus der einen Seitenwand schneiden wir vor dem Zusammenkleben ein Quadrat von 12 cm Seitenlänge heraus und verkleben das so entstandene Fenster von innen her mit einer entsprechend großen Glasscheibe. Der Deckel erhält in der Mitte ein kreisförmiges Loch von 3 oder 4 cm Durchmesser.

Bläst man Zigarrenrauch in die Schachtel und schlägt dann seitlich mit dem Finger oder einem Hämmerchen gegen eine der Wände, so tritt Rauch aus der Öffnung aus, aber nicht, wie man annehmen sollte, in Gestalt eines Strahles, sondern in der Form eines vollendeten Ringes, dessen Rauchmassen sich von innen nach außen drehen. Solche Ringe kann man einander mehrere folgen lassen. Indem sie forteilten, werden sie größer und größer, worauf dann meistens irgend ein Luftzug ihre Gestalt zerstört.

Unsere Lokomotiven machen bisweilen dasselbe Experiment

im großen, indem sie Rauchmassen aus ihrem Schornstein hervorstoßen. Verfasser erinnert sich, einmal einen derartigen Rauchring gesehen zu haben, der, an Größe immer wachsend, schließlich einen Durchmesser wohl von 15 Metern hatte und in der ruhigen Luft noch nach 4 Minuten sichtbar war.

Da unser Kasten einen Einblick in sein Inneres gestattet, so können wir eine Erscheinung beobachten, die uns sofort auffallen muß. In demselben Augenblick nämlich, wo ein heller Rauchring die Öffnung verläßt, tritt ein dunkler Ring in den Kasten ein, der nach Größe und Bewegung sich wie ein Spiegelbild des Rauchringes ausnimmt. Er besteht aus Luft. Der durch Eindringen der Kastenwandung aus dem Kasten vertriebene Rauch wird durch eindringende Luft ersetzt, sobald der Druck nachläßt, und es liegt gar kein Grund vor, warum die Luft im Rauch sich anders benehmen sollte wie der Rauch in der Luft, ja es ist nicht daran zu zweifeln, daß Luftströme nach beiden Seiten eilen, wenn der Kasten nicht mit Rauch angefüllt ist. Durch die Füllung wird der äußere Luftströmung durch Rauch ersetzt, der innere wird im Rauch sichtbar.

Von der Schwere und vom Druck der Luft war schon einmal in diesem Buche die Rede (Seite 45). Dort sollten unsere Erörterungen dazu dienen, das Wesen und die Wirksamkeit des Luftballons verständlich zu machen. An dieser Stelle mögen nun noch einige Versuche beschrieben werden, die zwar nichts Neues besagen, aber doch dazu geeignet sind, schon Bekanntes in unserem Gedächtnis zu befestigen.

Ein mit Wasser gefülltes Glas umzukehren, ohne daß ein Tropfen herausläuft. Dieses Experiment ist ganz leicht auszuführen, wenn man ein am Rande eben geschliffenes Weinglas von nicht zu großer Öffnung und ein Blatt glattes Schreibpapier zur Hand hat. Man füllt das Glas völlig mit Wasser und schiebt das Blatt von der Seite her über die Öffnung, so daß auch nicht das kleinste Luftbläschen zwischen Papier und Flüssigkeit mehr vorhanden ist. Drückt man dann die flache Hand auf das Papier, so kann man das Glas umkehren und die Hand fortnehmen, ohne daß ein Tropfen ausfließt. Der von

unten her auf dem Papier lastende Luftdruck hindert das Herausfallen des Wassers und das Papier würde schließlich überflüssig sein, wenn dann nicht leicht das Wasser zu den Seiten herausfließen und dafür Luft eindringen könnte.

Bei einem Glase mit weiterer Öffnung gelingt der Versuch in der Regel nicht, man kann aber ein ähnliches Experiment anstellen und ihm dabei in gefelligem Kreise eine etwas scherzhafte Form verleihen. Man wettet mit einem Freunde, daß er ein Glas voll Wasser nicht vom Tische nehmen könne, ohne seinen ganzen Inhalt auszugießen. Geht der Freund auf die Wette ein, so füllt man das Glas völlig mit Wasser, legt ein Blatt Papier darauf, deckt einen sehr ebenen Teller darüber, kehrt das Ganze schnell um, so daß die Mündung des Glases unten steht, und zieht das Papier behutsam fort, ohne dabei das Glas anzuheben, denn sowie das kleinste Luftbläschen in das Gefäß kommt, tritt ein Teil des Wassers heraus.

Sind diese Vortehrungen ohne Wissen des Wettenden so weit gebiehen, so kann er allerdings das Glas nicht vom Teller nehmen, ohne den ganzen Inhalt auszugießen.

Der Wundertrichter. Wenn wir über amüsante physikalische Spielereien, die auf dem Luftdruck beruhen, berichten, so dürfen wir des Wundertrichters nicht vergessen. Ob es sich freilich lohnt, für eine solche Spielerei Geld auszugeben, ist eine andere Frage. Wer über physikalische Erscheinungen auch an der Hand belustigender Versuche interessant und belehrend zu plaudern weiß, mag es immerhin tun.

Man läßt sich vom Klempner einen doppelten Trichter machen, so nämlich, daß zwei Trichter ineinander stecken. Der innere Trichter ist kleiner als der äußere, hat aber flachere Wandungen und daher eine ebenso weite Öffnung als der größere. Mit dem Rand ihrer Öffnungen sind die Trichter luftdicht zusammengelötet. Es macht daher den Eindruck, als habe man es nur mit einem Trichter zu tun.

Unterhalb des Gentels wird eine kleine Öffnung in die Trichterwand gebohrt, die man, den Trichter in der Hand haltend, mit einem Finger leicht verschließen kann. Wir wollen noch bemerken, daß die Ausfluchtülen der Trichter nicht gleich lang sind.

Die innere steht gegen die äußere etwas zurück. Wenn man nun die untere Ausflußöffnung mit dem Zeigefinger der linken Hand verschließt, Wasser hineingießt, dann den Trichter bei dem Henkel faßt, die Öffnung unter demselben mit dem Zeigefinger zudrückt und hierauf das Wasser auslaufen läßt, so wird in dem Raum zwischen den beiden Trichtern noch eine bedeutende Quantität Flüssigkeit verborgen sein. Denn diese Wandungen stellen ein oben geschlossenes, mit Wasser gefülltes Gefäß dar, das man, wie wir bereits wissen, ungestraft umkehren kann. Hier ist sogar nicht einmal das schützende Papierblatt nötig, da die Ausflußöffnung sehr klein ist.

Man zeigt nunmehr den ganz leeren Trichter, kehrt ihn um, läßt jeden, der es will, hindurchsehen und beweist, daß nichts darin sei. Sobald man ihn wieder aufrecht hält und den Finger von der oberen Öffnung am Henkel etwas zurückzieht, läuft das Wasser, welches verborgen war, heraus, was jeden mit Staunen erfüllen wird, der die Einrichtung nicht kennt. In diesem Augenblick drückt nämlich die Luft nicht nur von unten, sondern auch von oben — durch die kleine Öffnung — auf das Wasser und dieses kann nun seiner Schwere folgen und ausfließen. Ist der Innenraum groß genug, so wird man zwei, dreimal den Lauf des Wassers hemmen und wieder beginnen lassen können; auch kann man den Zwischenraum zuerst mit Wein füllen, ohne daß es jemand weiß. Gießt man dann Wasser in den Trichter, so füllt sich damit nicht der Zwischenraum, der bereits voll Wein ist, und man kann daher nacheinander Wein und Wasser aus demselben Trichter fließen lassen, ein Kunststückchen, das besonders auch dann seine Wirkung nicht verfehlt, wenn man aus einer Wasserflasche zunächst Wasser durch den Trichter schüttet und dann — das Gießen weiterhin markierend — den Wein ausfließen läßt.

Der intermittierende Brunnen — eine Fontäne, die auf Kommando fließt. Eine seitwärts mit einer Ausflußöffnung (Tubus) versehene Glasflasche, von etwa 1 Liter Inhalt, wie sie in Handlungen für chemische Glaswaren käuflich ist

(Fig. 24, A), wird, durch einen Holzblock — Bücher tun es natürlich auch — erhöht, auf einem Tisch aufgestellt.

In die Flasche münden, am besten durch Gummistopfen luftdicht eingeführt, die beiden gebogenen Glasröhren *a* und *b*. Über das Abschneiden und Biegen von Glasröhren finden die Leser alles Nötige auf S. 17. Unterhalb der Flasche *A* wird ein Blechgefäß *B* — das nur halb so groß zu sein braucht, als in der Zeichnung angegeben — aufgestellt, so zwar, daß die Röhre *a* nicht bis auf den Boden derselben reicht. *B* hat einen Ausfluß, durch den das Wasser mittels eines Gummischlauches in einen Eimer abfließen kann.

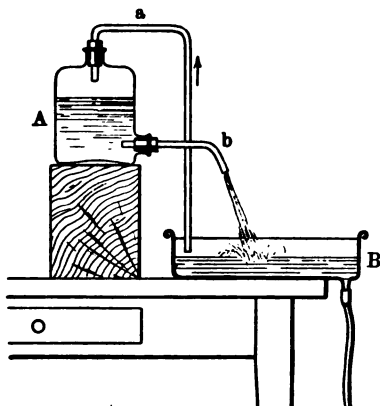


Fig. 24.

Der intermittierende Brunnen.

Wird *A* nach Abnahme des oberen Stopfens, und unter Zuhalten der Öffnung von *b*, mit Wasser gefüllt, darauf der Stopfen luftdicht wieder eingesetzt, so kann offenbar aus *b* nur dann Wasser ausfließen, wenn durch *a* Luft nachbringen kann, wovon man sich leicht durch zeitweises Verschließen der Öffnung von *a* mit dem Finger überzeugt. Dieser Verschluß kann auch durch das Wasser im Gefäß bewirkt werden, wenn es nämlich bis zur Mündung

des Röhrchens steigt, und das tut es, wenn man durch Klemmen des Schlauches mit einer Haarnadel dafür sorgt, daß die aus *B* abfließende Wassermenge stets geringer ist als der Zufluß.

Wie der Brunnen arbeitet, ist nun leicht einzusehen. Das aus *A* abfließende Wasser läßt den Spiegel in *B* allmählich steigen, der dann schließlich die Öffnung von *a* abschließt, worauf der Brunnen stockt. Doch wird er nicht lange im Lauf aufgehalten. Ohne Zufluß sinkt das Wasser in *B*, gibt die Öffnung wieder frei, der Brunnen beginnt zu spielen und derselbe Vorgang wieder-

holt sich so lange, als noch Wasser in der Flasche vorhanden ist. Soll der Brunnen sein Spiel recht oft unterbrechen — intermittieren, wie man sagt —, so muß das Gefäß *B* klein und der Abfluß aus ihm gering gewählt werden.

Unsere Freunde werden nicht in Verlegenheit sein, das kleine Experiment auszuführen, indem sie den Mechanismus verbergen und etwa die Flasche mit dem abwärts gehenden Rohre mit Baumrinde (wenn auch nur auf Pappe gemalt) verkleiden und das Auffangegefäß durch einen kleinen Holztrog ersetzen, so daß das Ganze den Eindruck jener einfachen Röhrenbrunnen macht, wie man sie im Gebirge, auf den Bauernhöfen und an der Landstraße findet.

Von einem solchen Brunnen kann man dann vorgeben, er laufe und stocke auf Kommando. Nur muß dann jemand, der die Einrichtung kennt, das Kommando aussprechen; soll der Brunnen aufhören zu fließen, so muß man damit warten, bis die Wasseroberfläche in dem Gefäß *B* sich so weit gehoben hat, daß die Öffnung des Rohres *a* beinahe verdeckt ist. Dann sagt man „Halt!“ etwas langsam und gedehnt — und der Brunnen stockt. Sieht man dagegen, daß der Wasserspiegel genug gesunken ist, um die Öffnung wieder frei zu geben, so ruft man „Vorwärts!“ und mit dem sich öffnenden Rohre fließt auch wieder der Brunnen. Später können wir dann zur allgemeinen Belustigung verraten, daß wir gar nicht dem Brunnen kommandierten, sondern — er uns.

Der Heber. Wer von physikalischen Gesetzen noch nicht viel versteht, wird uns kaum zugeben wollen, daß Wasser in einer Rohrleitung von selbst, d. h. ohne ein Pumpwerk, über einen Berg fließen könne. Und doch ist dies möglich, freilich nur unter zwei Bedingungen, daß nämlich erstens das Gefäß, in welches das Wasser abläuft, niedriger stehe als das Gefäß, aus dem es entnommen wird, und dann, daß der Berg nicht höher sei als zehn Meter. Die Leitung über den Berg von einem Gefäß in das andere bezeichnet man als einen Heber.

Der Heber ist allgemein gesprochen eine gekrümmte Röhre (*abc*, Fig. 25, A a. f. S.), deren beide Schenkel, vom Scheitel der

Röhre aus gerechnet, ungleich lang sind und wovon der kürzere in das zu entleerende Gefäß, der längere in das zu füllende reicht.

Füllt man nun den Heber, bevor man ihn in die Gefäße legt, mit der abzuleitenden Flüssigkeit, oder steckt man ihn in das obere Gefäß und saugt dann an dem längeren Schenkel, bis die Flüssigkeit heraustritt, so läuft sie ununterbrochen fort, solange der Inhalt in dem oberen Gefäß reicht.

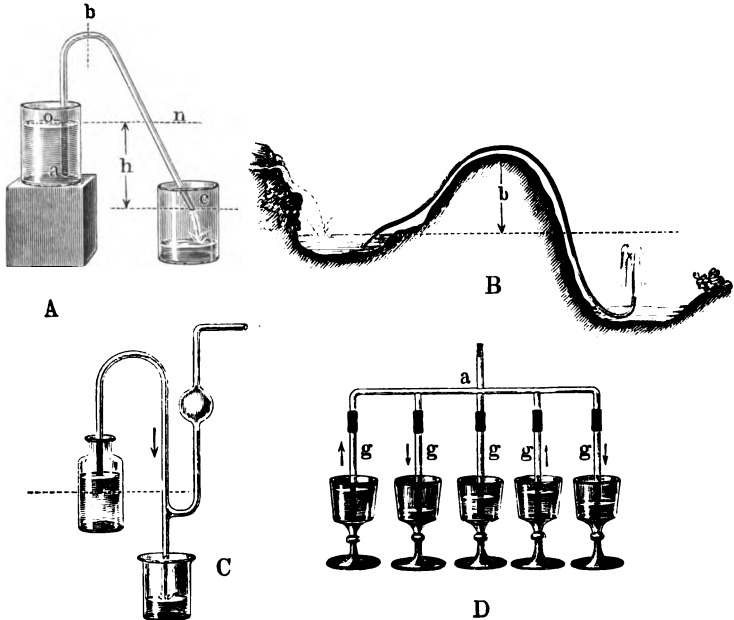


Fig. 25. Versuche mit dem Heber.

Die Wirkungsweise des Hebers wird dem leicht verständlich sein, der die früheren Auseinandersetzungen über den Luftdruck gut verfolgt hat. Auf beiden Schenkelöffnungen des Hebers ab und bc lastet der Luftdruck in gleichem Maße und die Flüssigkeit würde im Gleichgewicht sein, wenn die Schenkel gleich lang wären. Da nun der Schenkel bc länger ist als der andere, ist auch die Flüssigkeitssäule bc schwerer als die

Säule ab und unterstützt daher in ihrer Wirkung den auf der Öffnung des kürzeren Schenkels liegenden Luftdruck, der dann die Flüssigkeit in der Richtung $\rightarrow abc \rightarrow$ in Bewegung zu setzen vermag. Offenbar hat dabei der Luftdruck noch einen zweiten Bundesgenossen, das ist die in dem Gefäß befindliche Wasserfäule oa , die ja ebenfalls auf die Öffnung a einen Druck ausübt, so daß für die Wirkung des Hebers nicht der Unterschied in den Schentellängen allein, sondern insbesondere die Höhendifferenz h zwischen der Oberfläche des Wassers und der Ausflußöffnung des anderen Schenkels in Frage kommt. Sind in Bezug hierauf die Schentel gleich lang, d. h. wird der längere Schentel bis zu n , der Oberflächenhöhe des Spiegels, gekürzt, so hört auch der Heber auf zu fließen.

Die beweisenden Versuche kann man leicht anstellen, wenn man den gläsernen Heber durch einen Gummischlauch ersetzt. Die Flüssigkeit strömt um so schneller aus, je tiefer die Ausflußöffnung liegt, sie hört auf zu fließen, wenn diese bis zur Höhe der Flüssigkeitsoberfläche gehoben wird, und strömt schließlich in das Gefäß zurück, wenn die Ausflußöffnung höher zu liegen kommt, wodurch dann der Heber entleert und unwirksam wird. Stellt man zwei Gläser, ungleich hoch mit Wasser gefüllt, nebeneinander und verbindet sie mit einem Heber — den man natürlich vorher füllen, auf beiden Seiten zuhalten muß und erst öffnen darf, wenn die Öffnungen sich in den Flüssigkeiten befinden, oder den man ansaugen muß —, so gleichen sich die Wasserhöhen aus, indem der höhere Spiegel sinkt und der tiefere steigt. Sobald die Oberflächen gleich hoch stehen, kommt allein nur noch der auf beiden Seiten gleich wirkende Luftdruck zur Geltung und der Heber stellt solange seine Tätigkeit ein, als nicht das eine oder andere Gefäß gehoben wird. Gerät auf irgend eine Weise Luft in den Heber, so hört er natürlich sofort auf zu fließen.

In der Darstellung B unserer Fig. 25 wird gezeigt, wie man Wasser aus einem höher gelegenen, von einem Wasserfall gespeisten See über einen Berg nach einem tiefer gelegenen leiten und dort einen Springbrunnen betreiben kann. Freilich ist die Höhe des Berges,

wie schon angedeutet, nicht unbegrenzt. In dem Paragraphen, der von den Pumpen handelt, werden sich die Leser darüber klar werden.

Da man oft Flüssigkeiten abzuhebern hat, die man, wie z. B. die Säuren, nicht gern in den Mund bekommt, was beim Saugen an dem Heber jederzeit geschieht, so hat man dem Heber, den man dann als „Säureheber“ bezeichnet, auch folgende Gestalt gegeben. In einem gewöhnlichen Heberrohre (Fig. 25, Darstellung C) ist tief am längeren Schenkel, jedenfalls aber tiefer, als auf der anderen Seite die Einflußöffnung liegt, ein Seitenrohr angefügt, das sich nach oben abbiegt und irgendwo eine Kugel von einigem Raumgehalt enthält. In diesem Rohre saugt man, während man gleichzeitig die Ausflußöffnung mit dem Finger oder mit einem Hahn verschließt. Ein Übertreten der Säure in den Mund ist dabei nicht zu befürchten, da sie dann erst die Kugel anfüllen muß und man Zeit gewinnt, mit dem Saugen aufzuhören. Wird die untere Öffnung frei gemacht, so fließt die Säure durch den Heber aus.

Ein Experiment, dessen Erklärung dem schwer fallen würde, der den Heber nicht versteht, kann man leicht auf folgende Weise anstellen. Es stützt sich auf die uns bereits bekannte Tatsache, daß ein Heber so lange fortläuft, bis in den beiden Gefäßen, in denen seine Schenkel ruhen, die Flüssigkeitsoberflächen im Niveau, d. h. in gleicher Höhe stehen. Eine Metallröhre (Fig. 25, D) von etwa 30 cm Länge wird (vom Klempner?) mit sechs Ansatzröhrchen versehen, von denen, wie es die Abbildung zeigt, fünf nach unten, eines aber in der Mitte nach oben gerichtet ist. Letzteres ist mit einem Kork dicht zu verschließen; es kann jedoch länger sein, als es die Zeichnung angibt. Mittels kurzer Gummischlauchstücken werden fünf Glasröhren an die abwärts gerichteten Metallstutzen angefügt. Damit ist der Apparat, der übrigens auch von einem Glasbläser ganz aus Glas für wenig Geld angefertigt wird, wodurch er entschieden lehrreicher, aber auch zerbrechlicher ist, schon fertig. Um ihn in Betrieb zu setzen, senkt man die fünf Röhrchen in fünf nebeneinander gestellte, aber zu ungleicher Höhe gefüllte Weingläser und saugt die Flüssigkeit durch den oberen

Stutzen bis zur Mündung hinauf, worauf man den Stork so schnell als möglich feststeckt, jedenfalls dabei aber nicht so viel Zeit verstreichen läßt, daß die Flüssigkeit bis zum Querrohre sinkt. Ein Hahn an Stelle des Storkes, den man während des Saugens und sobald man Flüssigkeit in den Mund bekommt, schließen kann, leistet daher die besten Dienste.

Nun überläßt man den Apparat sich selbst und jeder, der sein Wirken nicht kennt, wird mit Verwunderung bemerken, wie sich die Flüssigkeit aus den mehr angefüllten Gefäßen verliert, dagegen die beinahe leeren oder weniger gefüllten sich nach und nach füllen, bis in allen die Höhe ganz gleich ist.

Dies hübsche Experiment ist schon recht alt und hat einen sonderbaren Namen erhalten zu einer Zeit, als man noch nicht so rein verstandesmäßig beobachtete wie heute und gegenüber der selbstlosen Gerechtigkeit, mit der die Gläser ihren Inhalt — ihren Besitz — untereinander teilen, ein leises Gefühl der Rührung nicht unterdrücken konnte. Man nannte es *Fraterna caritas* oder „Die brüderliche Liebe“.

Der Heronsball. Atmosphärische Luft hat nicht allein ein Gewicht und einen Widerstand, sie besitzt auch die Eigenschaft, zusammendrückbar zu sein. Man kann z. B. in einem durch einen beweglichen Kolben verschlossenen Zylinder zwei LITER Luft auf ein LITER und noch viel weniger zusammendrängen, freilich nicht, ohne dabei auf einen immer mehr wachsenden Widerstand zu stoßen. In dem Maße, wie das Volumen abnimmt, nimmt der Druck, den die eingeschlossene Luft auf die Gefäßwände ausübt, zu, und zwar stehen diese beiden Größen zueinander in einem sehr einfachen Verhältnis, das der Physiker Mariotte zuerst richtig erkannte. Es besagt das von ihm gefundene Gesetz, daß man ein Gas doppelt so stark zusammendrücken müsse als vorher, um sein Volumen auf die Hälfte, dreimal so stark, um es auf ein Drittel, viermal so stark, um es auf ein Viertel zu verringern u. s. f. Ebenso wird natürlich der Druck zunehmen müssen, wenn man das Volumen — also z. B. die Flasche, in der sich die Luft befindet — unverändert läßt, aber eine größere Menge Luft in dieselbe einpreßt.

Man kann sich von der Wichtigkeit des eben Gesagten leicht überzeugen, wenn man eine Vorrichtung anwendet, die man Heronsball nennt, deren Erfindung aber fälschlich dem berühmten Mathematiker und Physiker Heron von Alexandria (100 v. Chr.) zugeschrieben wird. Eine Medizinflasche, ein gut schließender Kork und ein oben zu einer Spitze ausgezogenes Glasröhrchen genügen als Material für das Experiment. Das Röhrchen reicht durch den Kork fast bis auf den Boden der zu etwa ein Fünftel mit Wasser gefüllten Flasche (Fig. 26, A). Zuerst besitzt noch die eingeschlossene Luft denselben Druck wie die äußere und hat das Bestreben, die Flüssigkeit mit derselben Kraft aus dem Röhrchen herauszutreiben, wie die äußere Luft nach innen. Die Folge davon — beide Kräfte heben sich ja auf — ist ein unveränderter Stand des Wassers in dem Röhrchen.

Um den Apparat in Tätigkeit zu setzen, nimmt man die Spitze der Röhrre in den Mund und bläst so stark hinein, als irgend möglich; man wird dann Wasser durch die Röhrre zurücktreiben und Luft in einzelnen Bläschen zu der in der Flasche schon vorhandenen hinzutreten sehen. Jede vermehrt den Druck der eingeschlossenen Luft. Vermag man durch Blasen keine Luft mehr einzutreiben, so schließt man das Rohr innerhalb des Mundes mit dem Finger, stellt die Flasche in eine Schüssel und nimmt dann den Finger von der Mündung fort. Die eingeschlossene, jetzt mit einem höheren Druck als die äußere ausgestattete Luft sucht sich dann sofort zu befreien und treibt das Wasser in einem feinen und ziemlich hohen Strahle aus dem Rohre hervor. Dies dauert so lange fort, bis kein Wasser mehr vorhanden ist und die noch übrige gespannte Luft entweicht, oder bis die eingeschlossene ihren alten Druck wieder erreicht hat.

Ersetzt man das Wasser durch heißen Spiritus und umwickelt das Ausflußrohr mit Watte, die ebenfalls mit Spiritus durchtränkt wurde, so kann man letztere entzünden und den aus der Röhrre hervorschießenden Spiritusstrahl brennend erhalten. Eine solche Feuerfontäne sieht dann gewiß sehr schön aus, ist aber recht gefährlich und soll in ihren besonderen Einrichtungen hier nicht näher beschrieben werden, zumal da die Anfertigung des ganzen Apparates in Metall geschehen muß und sicher nicht billig zu stehen kommt.

Das Prinzip des Heronsballes wird in der Technik vielfach angewendet und hat in letzter Zeit in den bekannten Bierfiphons einen neuen Triumph gefeiert. Allerdings wird in diesen Vorrichtungen das Bier nicht durch zusammengepreßte Luft ausgetrieben, sondern durch Kohlenäure, die dann noch die besondere Eigenschaft hat, das Bier frisch zu erhalten.

Der Heronsbrunnen ist nichts anderes als die bereits beschriebene Vorrichtung, nur mit dem Unterschiede, daß die Luft

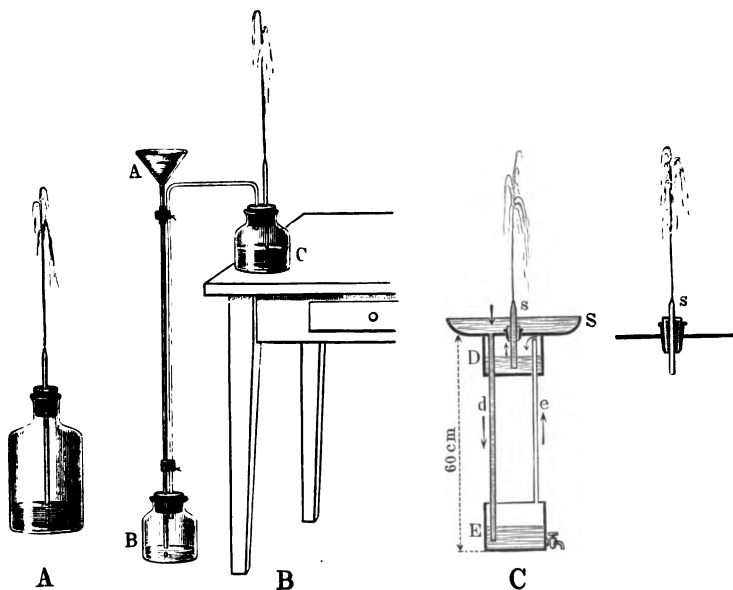


Fig. 26. Heronsball und Heronsbrunnen.

nicht mit dem Munde, sondern durch den Druck einer Wassersäule komprimiert wird. Dieser Apparat verdient seinen Namen, da er in der Tat von Heron von Alexandrien angegeben wurde. Ein auf einem Tische erhöht stehendes Glasgefäß C (Fig. 26, B) ist fast ganz mit Wasser gefüllt und in der schon vom Heronsball her bekannten Weise mit einem Stopfen und einem fast bis auf

den Grund reichenden, oben mit einer Spitze versehenen Glasröhrchen ausgerüstet. Das Gefäß darf indessen nicht zu eng-halbig sein, damit durch die Öffnung noch eine zweite Glasröhre führen kann, die nach zweimaliger Biegung lang genug ist, um durch den Stopfen eines auf dem Fußboden oder einem Stuhle stehenden zweiten Glasgefäßes gerade hindurchzureichen. Auch in dem Gefäße *C* schneidet sie dicht unter dem Stopfen ab. Man biegt diese Glasröhre über dem Gasschnittbrenner oder über einer großen Spiritusflamme (vergl. S. 17) und berichtigt dann erst ihre Länge, oder man setzt sie aus zwei Teilen mit einem Stück Schlauch zusammen.

Auch der Stopfen des Gefäßes *B* erhält zwei Löcher und nimmt anderseits ein gerades, unten bis auf den Boden reichendes und oben mit Schlauchstück und Trichter versehenes Glasrohr auf. Man wählt es am besten so lang, daß es, mit dem anderen Glasrohr durch Schnur verbunden, den Trichter gerade über der Biegung hervorstehen läßt. Damit ist der Apparat schon fertig und kann nach Füllung des Gefäßes *C* sofort in Betrieb gesetzt werden.

Bläst man in den Trichter hinein, so preßt man die Luft sowohl in *B* wie in *C* zusammen, und ein Wasserstrahl schießt springbrunnenartig aus der feinen Glasspitze hervor. Derselbe Effekt wird durch Eingießen von Wasser in den Trichter *A* erreicht. Man halte beim Füllen zunächst die Glasspitze mit dem Finger zu und bemerke, wie das nach *B* einströmende Wasser die in dem Gefäß enthaltene und am Entweichen verhinderte Luft zusammenpreßt, wie dann das Wasser im Trichterrohr mehr und mehr steigt, um schließlich im Trichter selbst zu stehen. Da nun kein Wasser mehr in das Gefäß läuft, so besitzt die eingeschlossene Luft offenbar den Druck der auf ihr lastenden Wassersäule *BA*. Denselben Druck hat natürlich auch die Luft in dem Gefäße *C* angenommen, da sie mit derjenigen in *B* durch das Knierohr in Verbindung steht, und mit diesem Druck wird das Wasser aus dem Gefäße emporgetrieben, sobald man die Öffnung des Springröhrchens freigibt. Ein hübsches Experiment, das aber unseren Eltern nur dann ebenfalls Freude macht, wenn unter dem Gefäß *C* zum Auffangen

des Wassers eine Schale aufgestellt wird. Wir brauchen natürlich kaum zu erwähnen, daß der Versuch nur so lange weitergeht, bis das Gefäß *B* voll und das Gefäß *C* leer ist. Das weitere Nachgießen von Wasser in den Trichter aber kann man dadurch vermeiden, daß man das ausspritzende Wasser in diesen hineinfallen läßt, wie es auch bei der nun zu beschreibenden Anordnung geschieht, in welcher der Heronsbrunnen zwar weniger leicht verständlich ist, dafür aber recht gefällig wirkt und sogar etwa für Blumentische als Zimmerfontäne dienen kann. Für die Ausführung tut man schon am geschtesten, die Hilfe des Klempners in Anspruch zu nehmen.

Zwei zylindrische Blechgefäße *D* und *E* (Fig. 26, C) stehen senkrecht übereinander und sind durch die Metallrohre *d* und *e* verbunden. Die Röhren dürfen, um dem Ganzen Halt zu verleihen, nicht zu dünnwandig sein und können einen Durchmesser von 2 cm haben. Die Gefäße nimmt man jedenfalls nicht zu klein — nicht unter zwei Liter Inhalt —, damit die Fontäne nicht gar zu sehr zur Spielerei wird. Die Röhre *d* kommt vom Grunde des Gefäßes *E*, geht luftdicht durch dessen Wandung, ebenso durch das Gefäß *D* und mündet am oberen Deckel desselben ins Freie. Die Röhre *e* kommt vom oberen Deckel des Gefäßes *E* und mündet im Gefäß *D* gleich unterhalb des Deckels. *d* heißt die Wasserdruckröhre, *e* die Luftdruckröhre. Um das ausfließende Wasser aufzufangen und dem unteren Gefäß zuzuführen, erhält das obere Gefäß einen tellerförmigen Aufsatz aus Blech. In der Mitte des Tellers kann ein fast bis auf den Grund des oberen Gefäßes führendes, oben zugespitztes Glasröhrchen *s* mit einem Gummistopfen luftdicht eingesetzt werden, wie es auch die rechts stehende Zeichnung noch einmal deutlicher zeigt.

Um den Brunnen zum Betriebe fertig zu machen, nimmt man das Springröhrchen *s* heraus und füllt das obere Gefäß mit Wasser, doch nur so weit, daß nichts davon durch die Luftdruckröhre in das untere Gefäß gelangt und setzt darauf die Springröhre wieder fest ein. Soll die Fontäne springen, so braucht man nur Wasser in die Schüssel zu gießen und sofort wird sich ein zierlicher Strahl aus der Mündung erheben.

Der Vorgang ist im wesentlichen derselbe wie im vorigen Experiment und braucht daher hier nicht noch einmal beschrieben zu werden. Da immerfort Wasser in die Schüssel tritt und zu dem unteren Gefäß herabfließt, die Luft daraus nach dem oberen Gefäß vertreibend, so hört das Spiel nicht eher auf, als bis aus dem oberen Gefäß alles Wasser vertrieben und in das untere gelangt ist. Dann muß *E* entleert und *D* mit dem Inhalt desselben gefüllt werden, bis auf einen Rest, der, um den Brunnen in Gang zu setzen, in die Schüssel geschüttet wird. Zur Entleerung des unteren Gefäßes dient am besten ein Hahn.

Haben die Gefäße je zwei Liter Inhalt und hat die Springröhre eine Öffnung von einem halben Millimeter, so wird das Spiel des Brunnens immerhin etwa eine halbe Stunde dauern. Je höher der ganze Apparat ist, desto höher ist die auf der Luft lastende Wassersäule und desto höher springt auch der Strahl.

Übrigens kann man sich einen kleinen Spaß schon einmal mit dem Heronsbrunnen gestatten, indem man nämlich behauptet, man könne mit seiner Hilfe Wasser in Wein verwandeln. Unsere jungen Leser werden sofort wissen, wie sie den kleinen Betrug anzustellen haben. Sie füllen etwas Wein — eine schlechte, verdünnte Sorte reicht für den Scherz aus — in das obere Gefäß und mögen dann so viel Wasser einschütten, als ihnen beliebt, immer wird ein Weinstrahl aus dem herrlichen Zauberbrunnen aufsteigen. Unsere Freunde mögen den Trank nur probieren.

Der kartesianische Taucher ist ein physikalisches Spielzeug, das ebenso lehrreich und amüsant ist, wie leicht herzustellen. Es beweist ebenso wie die vorangegangenen die Zusammendrückbarkeit der Luft und noch etwas anderes, worauf wir dann gleich zu sprechen kommen. —

Über ein ziemlich hohes Standglas, fast bis an den Rand mit Wasser gefüllt, wird straff und luftdicht ein Stück Schweinsblase gebunden. In Ermangelung dieses Materials reicht eine Flasche mit weitem Hals und etwas Pergamentpapier für den Zweck auch aus.

In dem Gefäß befindet sich eine Vorrichtung, die einfach

genug ist. Sie besteht in der Hauptsache aus einem kleinen nicht zu schweren Fläschchen mit etwas weitem Halse, an dem mit drei Fäden oder Drähtchen ein kleines Gefäß, etwa ein Fingerhut, befestigt ist, wie die Gondel an einem Luftballon (vergl. die Fig. 27).

Mit dieser Vorrichtung — wir wollen sie gleich den Taucher nennen — macht man nun einige Vorversuche folgendermaßen: Man bringt den Taucher mit der Mündung nach unten in das große Standglas und drückt ihn unter die Wasseroberfläche. Die hierdurch in dem Taucher abgesperrte Luft drängt in dem schwereren Wasser nach oben und hebt das Fläschchen kräftig mit, das dabei auf die Seite gelegt wird und etwas Luft entweichen läßt. Man läßt nun so viel Luft heraus und Wasser hinein, daß der Taucher mit abwärts gerichteter Mündung ins Schwimmen kommt, und belastet dann die Gondel so weit mit Schrotkörnern, daß schon der geringste Anstoß genügt, um das Fläschchen unter die Oberfläche tauchen zu lassen. Etwas Geduld trägt dabei gute Früchte. Darauf wird das Standglas zugebunden.

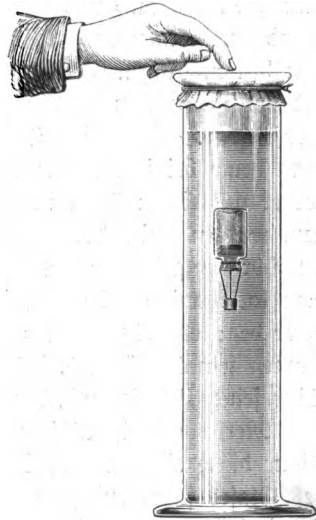


Fig. 27.

Der kartesianische Taucher.

Sobald man nun mit dem Zeigefinger einen leichten Druck auf die Mitte der Blase ausübt, geht der Taucher unter das Wasser bis zum Grunde und bleibt dort so lange, als der Druck dauert. Der erhöhte Luftdruck über dem Wasser nämlich teilt sich dem Wasser mit und pflanzt sich in diesem nach einem bekannten physikalischen Gesetz nach allen Seiten hin fort. Er dehnt die Wände des Standglases aus (natürlich in einer für unser Auge nicht wahrnehmbaren Größe) und treibt auch das Wasser in den Taucher hinein, indem er die in ihm enthaltene Luft zusammendrückt. Der Taucher wird dadurch schwerer und muß sinken.

Läßt der Druck nach, so vertreibt die im Innern zusammengepreßte Luft das eingedrungene Wasser wieder, und der Taucher, leichter geworden, erhebt sich aufs neue.

In den Wahrsagebuden der Jahrmärkte, deren Besitzern daran liegt, ihre Kunden mehr zu verwirren als aufzuklären, trifft man den kartesianischen Taucher fast überall. Möglich, daß die Besitzer der Buden gerade dieses Experiment für geeignet halten, den unwissenden Beschauer an eine übernatürliche Abhängigkeit des auf- und niederschwebenden Gebildes von einer der Hand entströmenden geheimnisvollen Kraft glauben zu lassen. Um den mystischen Effekt noch zu erhöhen, färben sie das Wasser rot und geben dem Taucher die Gestalt eines bössartig blickenden Teufelchens. Derartige Teufelchen aus schwarzem Glase erhält man heute bei jedem Mechaniker. Sie bestehen aus einem Hohlkörper mit einem Schweiß, der, die Eintrittsöffnung bildend, mit dem unteren Teile des Körpers in Verbindung steht. Ein Kopf mit Hörnern gehört natürlich dazu und eine lange rote Zunge. Aus dem kartesianischen Taucher ist dann ein kartesianisches Teufelchen geworden; es trägt aber auch noch unter dieser Benennung den Namen seines Erfinders, des Philosophen Descartes, der sich, der Sitte seiner Zeit folgend, den lateinischen Namen Kartesius beilegte.

Merkwürdig ist es jedenfalls, daß es unmöglich erscheint, die Figur durch eine ganz bestimmte Stärke des Druckes in der Mitte des Glases schwebend zu erhalten. Alle Mühe ist hier umsonst. Es ist bekannt, daß jeder Körper in Bezug auf seine Größe ein ganz bestimmtes ihm allein in der Welt zukommendes Gewicht besitzt. Man hat dieses Gewicht das eigentümliche oder „spezifische“ des Körpers genannt (vergl. S. 112). So hat auch das Wasser ein ganz bestimmtes Gewicht, und jeder Körper, mag er sonst heißen wie er will, ist entweder schwerer oder leichter als das Wasser, welches er verdrängt, er sinkt in ihm unter oder steigt. Denken kann man sich freilich einen Körper, der genau dasselbe spezifische Gewicht hat wie das Wasser, herstellen kann man ihn aber nicht, auch nicht mit den allerfeinsten Mitteln. So befindet sich denn auch unser Taucher entweder an der Oberfläche,

oder er sinkt, und dann geht er — vorausgesetzt, daß sich der Druck inzwischen nicht ändert — bis auf den Grund.

Man hat es trotzdem an Versuchen in dieser Richtung nicht fehlen lassen und den drückenden Finger durch eine feine Schraube — eine sogenannte Mikrometerschraube — ersetzt, deren Spitze sich bei einer ganzen Umdrehung nur um einen Millimeter vorwärts-schob. Da der Schraubentopf eine große Scheibe besaß, die an ihrem Rande einem feststehenden Zeiger gegenüber eine Teilung in 1000 Teile aufwies, von denen man noch Zehntel ablesen konnte, so war man im stande, noch eine zehntausendstel Umdrehung der Schraube und mithin ein Vorrücken der Schraubenspitze um ein zehntausendstel Millimeter auszuführen und nachzuweisen. Und doch genügte diese für unser Auge völlig unmerkliche Veränderung, um den Taucher, der sich vorher noch an der Oberfläche befand, zum Herabsteigen bis auf den Grund zu veranlassen.

Ganz anders aber würden die Verhältnisse liegen, wenn das Wasser wie die Luft in praktisch merkbarer Weise zusammendrückbar wäre. Je tiefer wir in das Wasser hinabsteigen, desto größer treffen wir ohne Zweifel den Druck an, der hervorgerufen wird durch das Gewicht der überlagernden Wassermassen, gerade so wie wir den Luftdruck immer größer finden, wenn wir von den hohen Bergen zum Thal herabsteigen (vergl. S. 57). Aber die Luft wird unter ihrer eigenen Last auch zusammengedrückt und ist daher am Boden spezifisch dichter und auch schwerer als in der Höhe, und somit kann man sich denn ohne weiteres vorstellen, daß ein Körper, der schwerer ist als die Höhenluft, aber leichter als die Luft am Erdboden, in der Mitte irgendwo eine Luftschicht antrifft, in der er schwebt, weil er gerade ebenso schwer ist wie jene. Das trifft z. B. bei den Luftballons zu.

Das Wasser jedoch ist so gut wie nicht zusammendrückbar, und daher ist denn auch ein Kubikzentimeter Wasser auf dem Meeresgrunde trotz des ungeheuren auf ihm lastenden Druckes nicht dichter und schwerer als ein Kubikzentimeter an der Oberfläche. Das lehrt auch unser Experiment mit dem kartesianischen Taucher.

Künstliche Blutegel, sogenannte Schropfköpfe, beruhen auf einer Eigenschaft der Luft, die in den Lehrbüchern der Physik nicht in dem Kapitel von der Mechanik, sondern in dem von der Wärme besprochen zu werden pflegt, nämlich darauf, daß die Luft, wie beiläufig alle Gase und fast alle Flüssigkeiten und festen Körper, sich bei ihrer Erwärmung ausdehnt und einen größeren Raum einnimmt als vorher. Ihr spezifisches Gewicht wird dadurch geringer, denn wenn man durch Erwärmung einen Kubikmeter Luft auf zwei Kubikmeter ausdehnt, so kann zweifellos ein Kubikmeter von dieser ausgedehnten Luft nicht mehr so viel wiegen, wie vorher von der dichteren und kälteren.

Auf dieser Ausdehnung nun beruht folgende kleine physikalische Spielerei. Es handelt sich darum, eine Münze aus einem Schälchen mit Wasser zu holen, ohne sich die Finger zu benetzen. Die Lösung dieser Aufgabe läuft natürlich auf einen Scherz hinaus. Zunächst sorge man dafür, daß die Münze nicht gerade auf den tiefsten Punkt der Schüssel zu liegen kommt und verfähre dann folgendermaßen: Ein Gefäß mit etwas enger Mündung, sagen wir eine Wasserflasche, wird über einem Herd oder einer Flamme so stark erhitzt, daß man sie gerade noch berühren kann und darauf umgekehrt mit der Mündung in die Schüssel mit Wasser gehalten und zwar auf die tiefste Stelle.

Die Luft in der Flasche war durch die Wärme stark ausgedehnt und zum Teil aus der Flasche vertrieben. Kühlt sich nun die Luft ab, so nimmt sie einen kleineren Raum ein und der Luftdruck von außen treibt das Wasser in die Flasche nach, welches nun die Stelle der vertriebenen Luft einnimmt. Die Schüssel entleert sich und man kann dann allerdings die Münze trockenen Fingers aus ihr entfernen.

Blutegel sich ansetzen zu lassen, die dazu bestimmt sind, dem Patienten auf Verordnung des Arztes überflüssiges Blut abzusaugen, ist nicht jedermanns Sache. Künstliche Blutegel tun dieselben Dienste, sind weit appetitlicher und nichts anderes als kleine erwärmte Fläschchen, die nacheinander fest auf eine vorher mit einer kleinen Stichwunde versehene Hautstelle aufgesetzt werden. Indem die Luft ertaltet und sich zusammenzieht, saugt sie das Blut nach.

Pumpen und ihre Verfertigung. Alle die dieses Buch nicht nur durchlesen, sondern auch durcharbeiten und bestrebt sind, die in ihm angegebenen Versuche selbst anzustellen, werden oft einfacher Druckwerke für Wasser bedürfen, deren Konstruktion nachfolgend beschrieben sein soll.

Alle Pumpwerke, mögen sie nun sonst heißen, wie sie wollen, beruhen auf der Ausnutzung des Luftdruckes. Schon zu sehr frühen Zeiten wußte man, daß die Flüssigkeiten sich mittels eines beweglichen, dicht schließenden Kolbens in einem Rohr emporziehen lassen, ohne aber die wahre Ursache zu kennen. Man glaubte ein Naturgesetz in dem „horror vacui“, d. h. in einer gewissen Furcht der Natur vor dem leeren Raum gefunden zu haben, und ein solcher müßte sich ja offenbar über der Flüssigkeit einstellen, wenn diese dem Kolben nicht folgte. In Wahrheit aber ist der Luftdruck unser Helfer. Er lastet sowohl auf der Flüssigkeit, in der die Pumpe steht, als auch auf dem Kolben. Die Folge davon ist die Ruhe der Flüssigkeit, solange nicht unsere Kraftleistung den Kolben nach oben zieht und, den Luftdruck auf diesem überwindend, dem Druck auf der Flüssigkeitsfläche Geltung verschafft, der nun die Flüssigkeit dem Kolben nachtreibt. Daher ist denn auch die törichte Ansicht mancher Leute zurückzuweisen, die glauben, an einer Pumpe arbeite der Luftdruck gewissermaßen als eine für sie dienstbar gemachte Naturkraft und es sei lediglich ihre Arbeitskraft nötig, um die Reibung des Kolbens an der Wandung zu überwinden. Je länger die gehobene Wassersäule ist, desto schwerer ist sie auch und desto mehr Kraft ist erforderlich, um sie zu heben, mit anderen Worten, es kostet mehr Anstrengung, Wasser auf den Boden eines Hauses als in den Keller zu pumpen. Schließlich ist bei einer gewissen Grenze auch der Luftdruck mit seinem Können zu Ende. Hat das Saugrohr nämlich mehr als eine Länge von zehn Metern, so folgt die Wassersäule dem Kolben nicht mehr, sondern bleibt bei einer Höhe von etwa 10,33 m stehen und rührt sich nicht weiter, der Kolben mag so hoch gezogen werden als er will. Und der Grund hierfür? Das Gewicht der Wassersäule, mit dem sie nach

unten strebt, ist nun gerade so groß geworden als das Gewicht der Luft, die das Wasser heben will. Beide Drücke halten sich die Wage und begrenzen so die Saughöhe der Pumpe. Jetzt verstehen auch unsere Leser, warum wir gelegentlich der Besprechung des Hebels sagten, der Berg, über den das Wasser sich bewegen sollte, dürfe nicht höher als zehn Meter sein. Andernfalls nämlich würde sich oben im Hebel ein leerer Raum bilden, der die Flüssigkeiten in den beiden Schenkeln voneinander schiebe. Bei Pumpen hat man in der Praxis noch mit der Undichtigkeit des Kolbens zu kämpfen, so daß man schon froh ist, eine Saughöhe von acht Metern zu erreichen.

Ihrer Funktion nach unterscheidet man die Saug- von den Druckpumpen. Es soll nun angegeben werden, wie man sich beide Arten selbst und ohne allzu viel Mühe im kleinen herstellen kann. Einige Glasröhren und durchbohrte, runde Stücke von Holz bilden die Hauptmaterialien dazu. Wir verfertigen zunächst eine Saugpumpe und wählen eine Glasröhre, die geeignet erscheint, den Pumpenkörper zu bilden, etwa 2 cm im Durchmesser und in der Wandung stark genug, um auch eine etwas unsanfte Behandlung ertragen zu können. Von dieser Art Rohr möge ein genügender Vorrat vorhanden sein, denn wir wollen es vielleicht für mehrere Pumpen verwenden und werden auch nicht immer so glücklich sein, beim Abschneiden des Rohres ohne Ausschuß und Bruchschaden davon zu kommen.

Ziehen wir die Abbildung A (Fig. 28) zu Rate, welche eine kleine Saugpumpe aus Glas im Längsschnitt zeigt, so finden wir sie bestehend aus den Glasröhrenabschnitten o und u und den durchbohrten runden Holzstücken a , b und c , von denen b als Kolben in dem Pumpenrohr beweglich ist. Außerdem enthält die Pumpe unten als Abschluß einen Stopfen mit Saugrohr und oben einen kleineren Stopfen, der lediglich dazu dient, der Kolbenstange eine gute Führung zu verschaffen.

Hat man sich einmal für eine bestimmte Rohrsorte entschieden, dann lohnt es sich, das Holzmaterial fertig durchbohrt vom Drechsler zu beziehen. Weißbuchenholz eignet sich gut. Man bestellt einige runde Holzstangen von etwa 10 cm Länge und so dick, daß sie sich gerade bequem in die Glasröhre einschieben lassen. Die Durch-

bohrung kann eine Weite von 7 mm haben, doch kommt es darauf nicht allzu genau an. Durch Abschnitte von diesen Holzröhren erhält man die Pumpenteile.

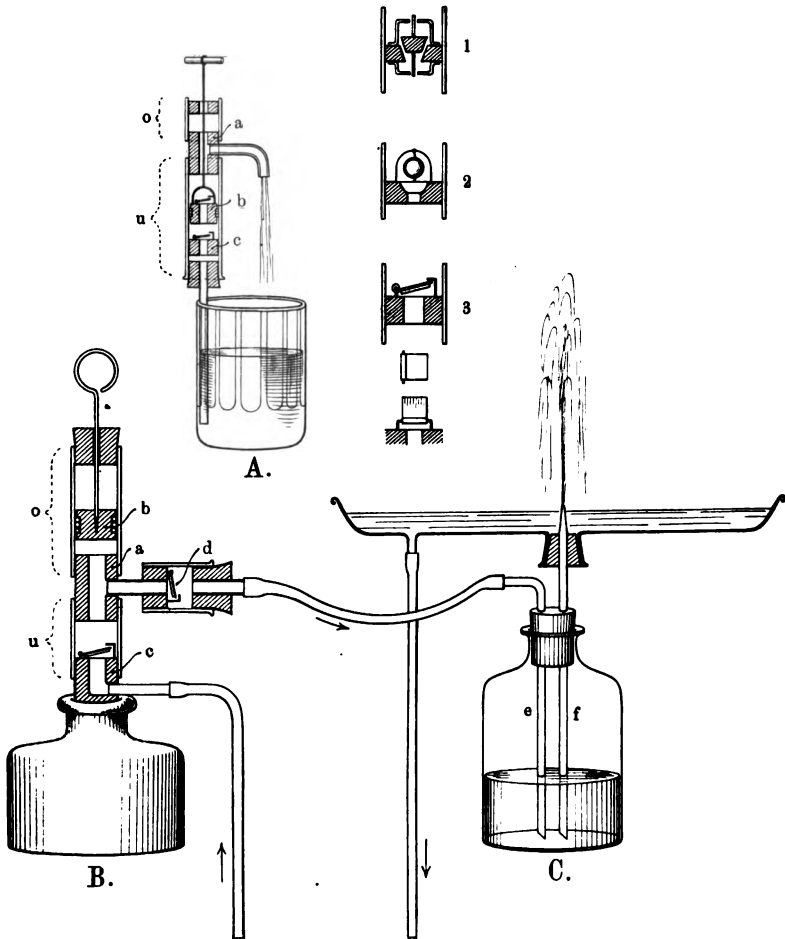


Fig. 28. Allerhand Pumpen.

Wollen wir unserer Pumpe bestimmte Maße zu Grunde legen, so können wir das Glasröhrenstück o 4 cm und das Stück u

10 cm lang wählen. Das Holzstück *a* dient zur Verbindung beider Röhren und nimmt außerdem in einer Seitenbohrung das Ausflußröhrchen der Pumpe auf. Alle Verbindungen werden durch Siegellackfittung hergestellt, indem zuerst das Holzstück mit Siegellack bestrichen und darauf in die genügend erhitzte Glasröhre unter leichter Drehung eingefügt wird. Um eine saubere Arbeit hierbei zu erzielen, ist es erforderlich, den Siegellack nicht in der Spiritusflamme, sondern über derselben zu erhitzen. Die ganze Zerteilung der Pumpe fällt natürlich fort, wenn wir die Kunst besitzen, an ein Glasrohr ein anderes seitlich anzufügen. Doch gehört hierzu eine Glasbläserlampe.

Um den Kolben beweglich und doch luftdicht schließend zu machen, erhält er ringsherum eine tiefe mit Baumwollfaden vollgewickelte Einkerbung. Die Wickelung wird so stark genommen, daß sie an der Glaswandung anliegt, ohne aber den Kolben festzuklemmen. Die Bewegung des Kolbens erfolgt durch eine eingekittete Drahtgabel und einen angelöteten Draht von oben her. Wäre der Kolben undurchbohrt, so würde er allerdings das Wasser heraufziehen, aber ebenso bei seinem Niedergange auch wieder herabstoßen. Besteres muß verhütet und gleichzeitig dem Wasser ein Ausweg über den Kolben nach dem Ausflußrohr verschafft werden. In den Gang der Wasserbahn eingeschaltete Ventile, von denen man verschiedene Konstruktionen kennt, und die allesamt die Fähigkeit besitzen, das Wasser nur in einer Richtung hindurchtreten zu lassen, leisten diesen Dienst. Wir verwenden das Klappenventil, da es am leichtesten herzustellen ist. Ein durchbohrtes Holzstückchen, der „Sitz“ des Ventils, wird auf der einen Seite mit einer kleinen in einem Scharnier beweglichen Blechklappe versehen, deren guter Abschluß gegen die Öffnung, welche sie bedecken muß, durch eine untergekittete Scheibe aus Leder erhöht wird. Ein neben der Klappe in das Holz eingebohrter kleiner Haken verhindert ein Herüberschlagen derselben. Abbildung 3 unserer Fig. 28 verdeutlicht die Ausführung des Ventils, indem sie auch zeigt, wie das Scharnier durch einfaches Umbiegen des Blechrandes erzielt wird. Scheuen sich unsere Leser vor dieser kleinen Mühe, so erhalten sie ein sehr brauchbares, aber nicht so haltbares Ventil, wenn sie ein

Stückchen breiten Gummibandes ziemlich schlaff über die Öffnung spannen.

Von solchen Ventilen enthält eine Pumpe mindestens zwei, und zwar eine Saugpumpe, wie die Figur es zeigt, im unteren Teile auf einem eingelitteten Holzstück bei *c* und auf dem Kolben. Beide öffnen sich nach oben. Ihr „Spiel“ ist leicht zu verstehen. Geht der Kolben aufwärts, so ist sein Ventil geschlossen, und das Wasser tritt durch das untere Ventil in den Pumpenkörper ein. Geht er herab, so kann das Wasser, da das Fußventil sich bei einem Druck von oben schließt, nicht nach unten fort, tritt aber nun durch das Kolbenventil über den Kolben. Beim abermaligen Emporziehen des Kolbens tritt das nunmehr über dem Kolben abgeschlossene Wasser durch den Ansaß aus, während gleichzeitig neues Wasser von unten her in die Pumpe gesaugt wird u. s. w.

Die Technik, welche ihre Erzeugnisse mit sehr genauen Maschinen herstellen kann, hält im großen und ganzen von den Klappenventilen nicht viel und verwendet solche, bei denen der Abschluß durch einen Keil aus Metall oder auch durch eine Kugel erreicht wird. Derartige Ventile sind in den Figuren 1 und 2 dargestellt und wohl ohne weiteres verständlich.

Die Höhe, bis zu welcher man mit einer Saugpumpe Wasser emporheben kann, ist, wie wir schon wissen, eine beschränkte. Wo es sich darum handelt, Wasser auf größere Höhen zu schaffen, leistet die Druckpumpe die besten Dienste. Wir können uns bei ihrer Beschreibung sehr kurz fassen, denn sie enthält keine uns unbekanntem Teile. Fig. 28, B stellt eine Druckpumpe dar. Der Kolben hat sein Ventil an einen seitlich unter ihm befindlichen Rohransaß abgegeben. Das Fußventil ist dasselbe geblieben. Geht der Kolben aufwärts, so schließt sich *d*, öffnet sich *c* und das Wasser wird in den Pumpenkörper oder „Stiefel“ gesaugt. Geht der Kolben herab, so schließt sich *c*, öffnet sich *d* und das Wasser wird durch die Kraft des Kolbens in die Leitung „fortgedrückt“. Die Druckhöhe ist nun eigentlich unbegrenzt und hängt allein von der Kraft ab, mit der der Kolben herabgedrückt wird. Es ist gar kein Kunststück, die erforderliche Kraft auszurechnen, für die Höhe,

bis zu welcher man das Wasser empordrücken will. Es ist uns bereits bekannt, daß eine Wassersäule von etwa 10,3 m Höhe gerade den Druck der Atmosphäre ausübt und also auf jeden Quadratcentimeter des sie haltenden Kolbens mit 1 kg drückt (vergl. auch S. 45). Hat der Kolben einen Durchmesser von 2 qcm und soll das Wasser bis zu 20,6 m Höhe emporgeschafft werden, so müßte man den Kolben mit einer Kraft von 4 kg nach unten drücken.

Unsere Feuersprigen, bei denen es darauf ankommt, das Wasser in einem Strahle hoch emporzuschleudern, sind natürlich ebenfalls Druckpumpen, enthalten aber noch eine besondere Vorrichtung, den „Windkessel“, der in unserer Figur ebenfalls mit der Pumpe verbunden ist und in nichts weiter besteht als einem Gefäß, in dem ein größeres Quantum Luft eingeschlossen ist. Der Strahl der Druckpumpen nämlich würde im Takt des Kolbenganges stoßweise aus der Rohröffnung herausgeschleßen, was bei Fontänen einen unschönen Anblick gewähren und bei Feuersprigen ein sicheres und zielgerichtetes Halten des Sprigen Schlauches unmöglich machen würde. Hier hilft der Windkessel aus der Not. Betrachten wir unsere als Windkessel verwendete Flasche (C). Sie hat oben einen Stopfen, durch den zwei Glasröhren luftdicht fast bis auf ihren Boden reichen. Durch das Röhrchen *e* tritt das Wasser von der Pumpe ein, durch *f* soll es austreten. Natürlich wird sich immer etwas Wasser in der Flasche befinden und über ihm mehr oder weniger stark zusammengedrückte Luft, je nachdem die Spitze von *f* enger oder weiter ist und die Pumpe mehr oder weniger schnell arbeitet. Die zusammengedrückte Luft — unsere Flasche ist ja nichts anderes als ein Heronsball — treibt auch dann das Wasser in einem starken Strahle aus, wenn der Kolben nach aufwärts geht und kein Wasser vorwärts schafft. Mit einem Wort, die elastische, zusammendrückbare Luft nimmt hier die Stöße der Pumpe auf, gleicht sie unmerklich aus und leistet mithin denselben Dienst wie die Federn an unseren Wagen, die den vom schlechten Pflaster herrührenden Stoß der Räder nicht bis zum Wagensitz gelangen lassen.

In unserer Figur ist der Windkessel zu einem kleinen Springbrunnen ausgestaltet, der sein Wasser in denselben Eimer fließen

läßt, aus dem die Pumpe saugt. Der Pumpenfuß, mit dem sie fest und sicher auf dem Tische steht, läßt in seiner Form unschwer die ehemalige Tintenkrute erkennen, in deren Hals das untere Holzstück der Pumpe mit Siegellack eingekittet ist.

Einen ganz einfachen Zimmerspringbrunnen, der ohne Pumpwerk und Vorrichtung nach Art des Heronsbrunnens seine Wasser spielen läßt, kann man sich leicht auf folgende Art machen. Ein Gefäß, das groß genug ist, um einige Liter Wasser zu fassen, wird genügend hoch, also etwa auf dem Schrank oder dem Ofen aufgestellt und erhält eine über seinen Rand gelegte Ω -förmig umgebogene Glasröhre, also einen Heber, dessen einer Schenkel bis auf den Grund des Gefäßes reicht. Der andere Schenkel wird durch einen aufgesteckten Gummischlauch bis zu derjenigen Stelle des Zimmers verlängert, wo man die Fontäne springen lassen will. Dort erhält er — aufwärts gerichtet — eine Glasspige. Ist das Wasser einmal angesaugt, so spritzt es in einem Strahle aus, dessen Stärke sich nach der Ausflußöffnung und dessen Höhe sich nach dem Standort des Wassergefäßes richtet. Natürlich muß man für einen geeigneten Wasserabfluß sorgen und auch dafür, den Springbrunnen absperrern zu können, was ganz gut durch eine auf den Schlauch gedrückte Draht- oder Wäscheklammer geschehen kann. Wenn wir dafür sorgen, daß das Wassergefäß wieder gefüllt wird, ehe es ganz ausgelaufen ist, so brauchen wir den Heber nicht wieder anzufaugen.

Höher als das Wasser in dem Gefäß sich befindet, kann der Strahl nicht springen. Aus besonderen Gründen erreicht er diese Höhe nicht einmal. Das ist ein physikalisches Gesetz. Und doch gibt es eine Ausnahme — freilich eine nur scheinbare. Setzt man an den langen Heberschenkel unten einen Hahn und ordnet das Springröhrchen *S* seitwärts nach oben gerichtet an (Fig. 29, A), so hat man alle Vorkehrungen für den Versuch getroffen. Man öffnet den Hahn und das Wasser schießt in breitem Strahl aus dem Rohr hervor. Wird der Hahn dann plötzlich geschlossen, so erhält das in seinem heftigen Laufe aufgehaltene Wasser einen Stoß, und vermöge dieses Stoßes sehen wir aus dem Spring-

röhrchen auf einen Augenblick einen Strahl hervorschießen, der höher steigt als das Wassergefäß. Dann geht er sofort in den ruhig springenden tieferen Strahl über, und wir müssen den Hahn von neuem öffnen und Wasser herauslassen, um den Versuch zu wiederholen. Es wird mithin nicht alles in dem Gefäß befindliche Wasser bis zu der außergewöhnlichen Höhe gehoben, sondern nur ein ganz geringer Teil durch Ausnutzung der Stoßwirkung des Wassers, der wir hier zum erstenmal begegnen.

Der Stoßheber oder hydraulische Widder. Die im vorigen Paragraphen beschriebene Stoßerscheinung hat man dazu benutzt, um Wasser auf größere als Quellsenhöhe ohne Pumpwerk zu heben, was allemal dann angängig ist, wenn Wasser von der Natur kostenlos und so reichlich geliefert wird, daß es auf einen Verlust nicht ankommt. Am besten geht unser Versuch, wenn man abwechselnd Ausfluhhahn und Springöffnung verschließt. Beides erreicht man bei den „Stoßheber“ genannten Maschinen durch das Spiel von Ventilen.

Es soll nun ein mit verhältnismäßig einfachen Mitteln herzustellender Stoßheber zum Betriebe eines kleinen Springbrunnens beschrieben werden, ohne aber unseren jungen Lesern anzuraten, viel Zeit mit der Herstellung einer solchen Vorrichtung zu verlieren.

Die von einem erhöht aufgestellten Wassergefäße *T* (Fig. 29, B) herabströmende Wassermenge verteilt sich in die mit dem Stopfen nach unten gelehrten Flaschen *A* und *B*. Flasche *A* dient als Windkessel, *B* ist als eine erweiterte Stelle der Leitung anzusehen. Man sieht, daß durch sie das Wasser mittels Krummrohrs in den Cimer weiterfließen kann, falls nicht eine durch die Wucht der Wasserströmung emporgeschlechte Kugel den Ausweg verschließt. Dieses Kugelventil ersetzt den Absperrhahn. Erfolgt die Absperrung, so wird durch die Kraft des Rückstoßes das Kugelventil in *A* gehoben und es tritt Wasser in den Windkessel. Sobald der Stoß vorbei ist, fallen beide Kugeln wieder herab, der Ausfluß wird frei und das Spiel wiederholt sich. Auch hier zeigt sich dieselbe Erscheinung, es fließt der größte Teil des Wassers in den Cimer ab und ein geringer Teil wird emporgeschleudert, dieser allerdings

höher, als das Wassergefäß sich befindet. Der Windkessel gleicht die einzelnen Stöße zu einem zusammenhängenden Strahl aus, der freilich in Übereinstimmung mit der geringen zur Verfügung stehenden Wassermenge, nur sehr schwach sein darf. Man hat den Anprall des immer von neuem abgesperrten Wasserstromes mit dem Stoß eines beharrlichen Widders verglichen und der ganzen Vorrichtung den recht bezeichnenden Namen „hydraulischer Widder“ beigelegt. Hydor ist ein griechisches Wort und bedeutet Wasser.

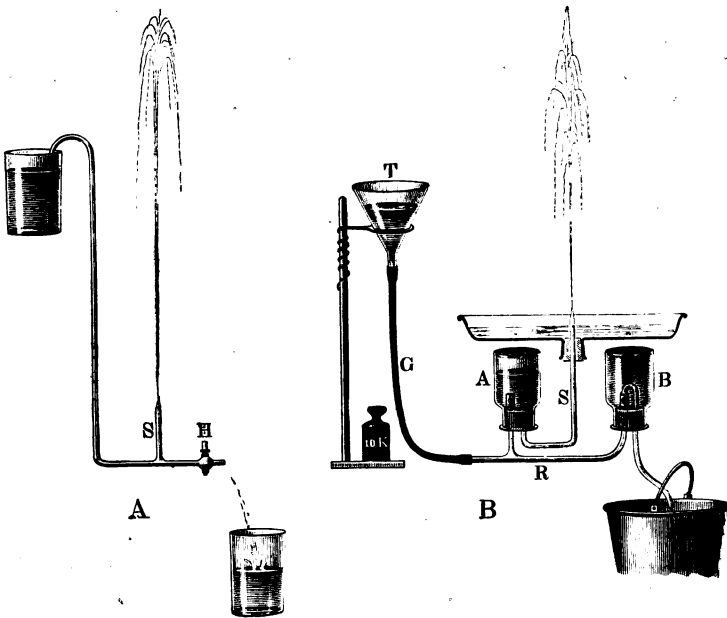


Fig. 29. Der hydraulische Widder.

Der Rückstoß. Der Druck des Wassers in einem Gefäß hängt ab von der Höhe der Wassersäule. Er äußert sich aber nicht allein gegen den Boden des Gefäßes, sondern auch gegen die Seitenwände. Betrachten wir das Blechgefäß, das mit Wasser gefüllt von der Hand des Experimentators an zwei Schnüren herabhängt (Fig. 30, A). Das Wasser drückt sowohl auf den

Boden als auf die Seitenwände und von den Seitendrüden sieht man — durch Pfeile angedeutet —, daß sie entgegengesetzt gerichtet sind und sich in ihrer Wirkung auf das ganze Gefäß aufheben. Die Verhältnisse ändern sich aber sofort, sobald man den einen der Drücke durch Einstoßen eines Boches in die Wand beseitigt, so daß das Wasser herausströmt. Der übrig bleibende Druck treibt dann das Gefäß nach der anderen Seite herüber, wodurch es schief an den Schnüren hängt und damit zugleich das Vorhandensein des Wasserdruckes beweist.

Man hat diesen Rückstoß mit Erfolg zum Treiben von Wasserrädern benutzt, die nur unter dem einen Übelstande leiden, daß es schwer ist, einem sich drehenden Rade in der erforderlichlich sicheren Weise Wasser unter hohem Druck zuzuführen.

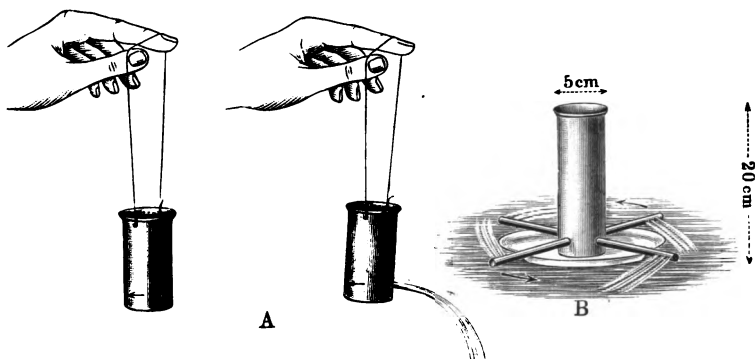


Fig. 30. Das Rückstoßrad.

Ein horizontal laufendes Rückstoßrad können wir mit geringer Mühe anfertigen, sofern wir darauf verzichten, ihm eine Achse zu geben, von der man durch Nillenscheibe und Schnurlauf Arbeit an andere Maschinchen übertragen kann.

Fig. 30, B veranschaulicht ein Rückstoßrad oder richtiger eine Rückstoßturbine. Sie besteht aus einem etwa 20 cm hohen Blechzylinder — je höher übrigens, desto besser — von beiläufig 5 cm Öffnung. An den Zylinder sind vier Röhrchen rechtwinklig angelötet, so weit vom Boden, daß der Zylinder in einem tiefen Dofferteller stehen kann und die Röhrchen gerade etwa 2 cm über

den Rand des Tellers ragen. In diesem Teller läßt man den Zylinder auf dem Wasser einer Wanne oder Waschküffel schwimmen. Die Röhrchen sind an ihrem Ende geschlossen und weisen seitlich eine Anzahl kleiner Löcher auf (etwa je drei) und zwar, von der Mitte des Zylinders aus betrachtet, immer an derselben Seite. Mit 1 mm Durchmesser sind sie reichlich groß genug.

Wird der Zylinder mit Wasser gefüllt, so tritt dieses an den Röhren seitlich aus und der Druck von innen auf die gegenüberliegende Wandung treibt die Vorrichtung nach der entgegengesetzten Richtung herum. Der Teller dreht sich natürlich mit. In der Bearbeitung des Glases schon etwas erfahrene Leser können die Messingröhren auch durch Glasröhren ersetzen. Sie biegen sie dann an ihrem Ende rechtwinklig um, nachdem sie vorher diese zu einer Spitze ausgezogen haben. Befestigt werden die Röhren am Standgefäß durch Kork und Rittung.

Ähnliche Rückstoßturbinen kann man häufig bei Springbrunnenaufsätzen sehen, deren grazios zu den verschiedensten Figuren verschlungene Wasserstrahlen einen reizenden Anblick gewähren. Selbstverständlich läuft eine derartige Turbine auch unter Dampfdruck, und der schon oft genannte Heron von Alexandrien soll bereits nach dem Prinzip des Rückstoßes ein Dampfrad konstruiert haben. Sei dem nun wie ihm wolle, zweifellos ist eine derartige Vorrichtung die einfachste Dampfmaschine, die man sich denken kann, wenn sie auch, im großen ausgeführt, nicht den Anforderungen entspricht, die man an eine gute Dampfmaschine stellen muß.

Eine Dampfmaschine der genannten Art kann für fünfzig Pfennige hergestellt werden. Ein nicht zu enges Messingrohr von vielleicht 5 cm Länge (Fig. 31 a. f. S.) erhält beiderseits einen gut schließenden Korkstopfen, der genau in der Mitte durchbohrt sein muß, um ein zweimal rechtwinklig gebogenes und vorn zu einer Spitze ausgezogenes Glasröhrchen aufnehmen zu können. Jeder Kork erhält ein solches Röhrchen. Wie sie gebogen und angeordnet werden müssen, zeigt die Abbildung. Da der Messingzylinder sich um seine Achse drehen soll, von der die Glas-

röhrchen ein Stück bilden, so werden diese von den Ofen zweier Messing- oder Eisendrähte umfaßt, die unter dem Zylinder zu einem Handgriff zusammengebogen sind. Damit ist die kleine Dampfmaschine fertig. Soll sie aber auch gut und leicht arbeiten, so ist auf die Herstellung der Lagerösen und die Anbringung der Glasröhren genau in der Richtung der Zylinderachse alle Sorgfalt zu verwenden. Dann kann der kleine Kessel so weit mit Wasser gefüllt werden, daß in liegender Stellung nichts aus den Röhrchen herausfließt. Um dabei nicht allemal die Korke herausnehmen

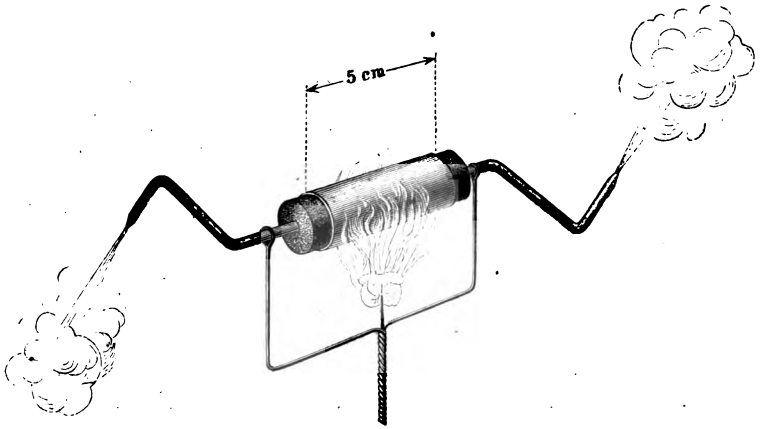


Fig. 31. Eine Dampfmaschine für 50 Pfennige (Dampfturbine).

zu müssen, kann man das Wasser auch mit dem Munde zu einem der Röhrchen hereinsaugen. Etwas mit Spiritus getränkte Watte unter dem Zylinder vertritt die Stelle der Kesselfeuerung, und sobald der Dampf in heftigen Strahlen aus den Röhrchen tritt, beginnt sich die Maschine mit samt ihrem Kessel zu drehen. Werden die Korke nicht von der Flamme berührt, so laufen sie keine Gefahr, zu verbrennen, solange noch Wasser im Kessel vorhanden ist.

Ein billiger Dampfer, der fast noch einfacher ist, da seine Maschine keine sich drehenden Teile enthält, kann nach demselben Prinzip leicht angefertigt werden (Fig. 32). Irgend ein kleines,

etwa 20 bis 25 cm langes Schiffchen aus Blech ohne alle weitere Ausschmückung läßt sich für wenig Geld in einer Spielwarenhandlung auftreiben. Das Material zum Kessel liefert eine niedrige Einmachbüchse oder eine mit ihrem Deckel verlötete Blechschachtel, deren Durchmesser jedoch die Breite des Schiffchens nicht überschreiten darf. Wie es die Querschnittszeichnung erläutert, wird der Kessel in das Schiff mit Hilfe eines U-förmig getnickten Blechstreifens, der sich federnd an den Bordwänden festklemmt, sicher eingebaut und so, daß er jederzeit herausgenommen werden kann. Der Blechstreifen kann etwas breiter als der Kessel und mit ihm durch Lötung verbunden sein. Der Schornstein des Kessels dient jedoch nicht dazu, die Gase der Heizung abzuführen, sondern ist ein Dampfrohr, das mit dem Kessel durch eine Öffnung in Ver-

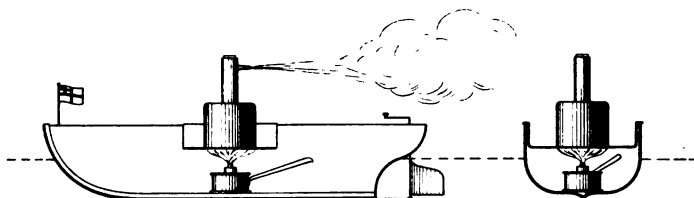


Fig. 32. Ein billiger Dampfer.

bindung steht. Durch den Schornstein erfolgt auch die Füllung des Kessels, worauf er durch einen festigenden Kork verschlossen wird. Seitlich am Schornstein, und zwar nach dem Steuer zu, erhält der Schornstein ein kurzes, spitz zulaufendes Ansaugröhrchen, dessen Öffnung 1 bis 2 mm Durchmesser haben kann. Durch dieses entweicht in einem kräftigen Strahle der Dampf und treibt durch Rückstoß das Schiffchen vorwärts. Der Kessel sollte nicht mehr als bis zu zwei Drittel seiner Höhe mit Wasser gefüllt werden; die Heizung erfolgt durch ein Spirituslämpchen.

Das geschäftige Brusteln und Fauchen des niedlichen Dampfers macht einen possierlichen Eindruck, und seine Geschwindigkeit ist nicht so gering, als man meinen sollte. Ein vom Verfasser des Buches gebauter Dampfer dieser Art legt in 15 Sekunden eine Strecke zurück, die seiner eigenen Länge entspricht. Das würde

im Verhältnis für einen Dzeandampfer von 150 m Länge 10 m auf die Sekunde oder rund 20 Knoten in der Stunde ausmachen, eine Geschwindigkeit, die von den meisten Dampfern noch nicht einmal erreicht wird. Das Prinzip unseres Schiffchens ist früher auch einmal bei großen Dampfern versucht worden, indem man Wasser durch Dampfpumpen ansaugen und am Heck des Schiffes durch Röhren austreiben ließ, aber ohne sonderlichen Erfolg. Vielleicht überlegen sich unsere Leser einmal, warum der Dampfstrahl, in Wasser statt in Luft geleitet, den Dienst versagt.

Zu bestimmen, welche von zwei Flüssigkeiten die schwerere ist, ohne sie auf eine Waage zu setzen oder sie zu berühren. — „Das ist doch ganz unmöglich“, werden unsere Leser ausrufen. Eine kleine Überlegung wird uns vom Gegenteil überzeugen. Freilich ist unsere Behauptung zunächst nur unter einer Voraussetzung erfüllbar, daß nämlich gleich viel von beiden Flüssigkeiten vorhanden sei.

Folgendes mag vorausgeschickt werden. Eisen geht im Wasser unter, weil es, wie man sagt, schwerer ist als Wasser. Setzt man nun auf die eine Schale einer Waage ein eisernes Pfundstück, auf die andere einen Liter Wasser, so wird man finden, daß just das Umgekehrte der Fall ist. Die Wagschale mit dem Eisen geht in die Höhe. Danach scheint Eisen leichter zu sein, aber bei aufmerksamer Betrachtung des Versuches müssen wir doch auch sagen, daß wir ungerecht gemessen haben. Wir können unmöglich wenig Eisen mit viel Wasser vergleichen wollen, sondern müssen offenbar von beiden das gleiche Quantum nehmen, also etwa von jedem einen Kubitzentimeter. Dann würden wir finden, daß Eisen etwa siebenmal so schwer ist als Wasser, und daß diese Zahl 7 eigentümlich ist in Bezug auf Wasser für das Eisen, überall, wo wir es in reinem Zustande auf der Erde vorfinden. Man nennt sie das „spezifische Gewicht“ des Eisens. Und wenn wir hören, Platin habe das spezifische Gewicht 21, Gold 19, Kupfer 9 u. f. w., so wissen wir auch, daß diese Zahlen anzeigen, um wievielfach diese Körper schwerer sind als das gleiche Quantum Wasser. Wasser

selbst hat natürlich das spezifische Gewicht 1, d. h. ein Kubikzentimeter Wasser wiegt genau so viel wie ein anderer Kubikzentimeter Wasser, oder ein Liter Wasser ebenso viel wie ein anderer Liter Wasser. Ist es nun nicht sehr schwer, genau diejenige Menge von Wasser zu bestimmen, welche dem Volumen eines Körpers, der doch eine recht unregelmäßige Oberfläche haben kann, entspricht? — Durchaus nicht. — Machen wir einmal gemeinsam einen Versuch, und verkünden wir vorher unseren Freunden, wir wollten dabei das Gewicht eines Körpers, sagen wir einer kleinen Statue, bestimmen, von der wir wissen, daß sie aus massivem Eisenguß ist, ohne die Statue auf eine Wage zu setzen. Wir bringen dazu ein Gefäß in eine Schüssel, das hoch und breit genug ist, um die Statue ganz aufnehmen zu können, und füllen es mit Wasser so weit, daß die geringste Kleinigkeit mehr es zum Überlaufen bringen würde. Dann tauchen wir behutsam die Statue ganz ein. Natürlich fließt das Wasser über den Rand und in die Schüssel, so viel als die Statue verdrängt hat. Aus dieser Wassermenge könnte man sich eine Statue von genau denselben Abmessungen hergestellt denken, da sie ja vorher den Platz derselben eingenommen hat. Die Schüssel mit dem Wasser bringen wir auf eine Wage und wiegen dasselbe. Natürlich müssen wir vorher wissen, welches Gewicht die Schüssel an und für sich hat, und dieses dann in Abzug bringen. Gesezt, wir hätten das Gewicht unserer — allerdings zerflossenen — Wasserstatue zu 276 g bestimmt, so können wir auch sofort angeben, welches Gewicht die Eisenstatue selbst hat. Eisen hat das spezifische Gewicht 7, d. h. es wiegt siebenmal so viel als ein gleiches Quantum Wasser, mithin unsere Statue $7 \cdot 276 \text{ g} = 1932 \text{ g}$ oder 1 kg und 932 g. Wir bringen unsere Statue auf die Wage und siehe da! es stimmt so genau, als wir es bei dem doch immerhin rohen Versuch irgend erwarten können. Wäre die Statue aus Kupfer, so würde sie $9 \cdot 276 = 2484 \text{ g}$ wiegen und aus Gold $19 \cdot 276 = 5244 \text{ g}$.

Der berühmte Archimedische Satz sagt aus, daß ein jeder Körper im Wasser um so viel leichter wird, als das Wasser wiegt, welches er verdrängt. Ist er an und für sich schwerer als das

verdrängte Wasser (wie das Eisen), so geht er unter, ist er leichter (wie das Holz), so steigt er auf, d. h. er schwimmt. Der menschliche Körper schwebt annähernd im Wasser, wenn er ganz untergetaucht ist, was nichts anderes sagen will, als daß er fast dasselbe spezifische Gewicht hat wie Wasser, und daß ein Mensch aus Wasser gebildet etwa ebenso viel wiegen würde wie ein Mensch aus Fleisch und Blut.

Nun zu unserm Hauptversuch. Wir lösen in etwas mehr als einem Liter Wasser einige Hände voll Salz auf und gießen dann genau ein Liter dieser Lösung in ein Einmacheglas. Vorher haben wir ein zweites Glas durch Einstreuen von Schrotkörnern oder Ankleben von Münzen auf der Wage genau so schwer gemacht als das erste. Dieses zweite Glas wird mit einem Liter reinem Brunnen- oder Leitungswasser angefüllt. Es kommt alles darauf an, die Waage genau zu nehmen. Haben sich die Flüssigkeiten geklärt, so sind sie voneinander durch den Anblick nicht mehr zu unterscheiden, und keiner von unseren Kameraden würde sich vermessen, sagen zu wollen, welche von beiden die schwerere ist. Aber während sie sich einen Augenblick abwenden, haben wir die Aufgabe gelöst — und zwar ohne Wage. Wir haben ein frisches Ei aus der Tasche gezogen und es vorsichtig in die eine Flüssigkeit gebracht. Es schwamm. Dann brachten wir es in die andere Flüssigkeit. Da ging es unter, aber nicht bis auf den Boden, da wir vorsichtshalber, um es schnell wieder herausholen zu können, einen Zwirnsfaden mit wenig Siegellack an ihm befestigt hatten. Eine kurze Überlegung sagte uns schnell folgendes: Das Ei hat immer dasselbe Gewicht und verliert in den Flüssigkeiten von ihm so viel, als die von ihm verdrängte Flüssigkeit wiegt. Da es in dem einen Fall schwimmt, im andern Fall untergeht, so muß irgend ein Quantum, z. B. ein Liter, von der ersten Flüssigkeit schwerer sein, als das gleiche Quantum von der anderen. Die Probe auf der Wage wird gemacht und wirklich sinkt das von uns bezeichnete schwerere Gefäß herab. Es ist das mit Salzwasser gefüllte.

Witihin hat Salzwasser ein höheres spezifisches Gewicht als

Süßwasser, eine Tatsache, die allen Seefahrern wohl bekannt ist, deren Schiffe auf den Flüssen einen größeren Tiefgang haben als auf dem Meere.

Ein Ei inmitten einer Flüssigkeit schwebend zu erhalten. Wir versprechen zu viel! Soll ein Körper in einer Flüssigkeit gerade schweben, so muß er ganz genau dasselbe spezifische Gewicht haben. Es gibt aber, wie wir schon gelegentlich des Versuches mit dem kartesianischen Taucher (Seite 97) andeuteten, auf der ganzen Welt nicht zwei Körper, die genau dasselbe spezifische Gewicht hätten. Und in Wahrheit handelt es sich bei unserem Versuche auch um zwei verschiedene Flüssigkeiten.

Wenn Salzwasser, wie wir gesehen haben, schwerer ist als gewöhnliches Wasser, so muß es in ihm unter sinken. Diese Erscheinung machen wir uns zu nütze, indem wir einen hohen Standzylinder zur Hälfte mit sehr kräftigem Salzwasser und zur anderen Hälfte ganz langsam und vorsichtig, es an der Wandung herunterlaufen lassend, mit gewöhnlichem Wasser füllen. Es bildet sich zwischen beiden Flüssigkeiten eine Grenze aus, die für das Auge kaum wahrnehmbar ist. Aber ein Ei, das wir vorsichtig in den Zylinder gleiten lassen, sinkt im Wasser unter, es schwimmt auf der Salzlösung und bleibt, nachdem es einigemal etwas auf und nieder gestiegen ist, mitten in der Flüssigkeit schweben. Ein ganz ungewohnter und daher wunderbarer Anblick für jeden, der die Erklärung nicht kennt (Fig. 33).

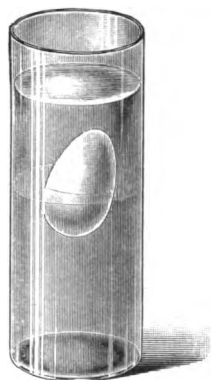


Fig. 33.

Ein schwebendes Ei.

Eine schwebende Kugel aus Öl. Nicht minder wunderbar, aber zu einem Teile auf derselben Erscheinung beruhend ist der folgende Versuch. Gießt man Öl in Wasser, so schwimmt es

auf ihm, sich zu einer Schicht ausbreitend. In Spiritus sinkt es zu Boden und bildet dort ebenfalls eine Schicht. Offenbar ist es leichter als Wasser und schwerer als Alkohol. Füllt man nun ein Glasgefäß zur Hälfte mit Wasser und zur anderen Hälfte ganz behutsam mit Alkohol, so muß sich eingegossenes Öl ganz so benehmen wie das Ei im vorigen Versuch und in der Mitte des Gefäßes schweben bleiben. Man sollte erwarten, daß es sich dort zu einer Schicht ausbreitet. Aber nein, es ballt sich zur Kugel,

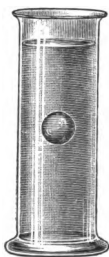


Fig. 34.
Schwebender
Öltropfen.

so rund und vollkommen, daß man seine helle Freude daran haben kann (Fig. 34). Das Öl steigt weder, noch fällt es, es ist dem Einfluß der Schwerkraft entrückt, und nun können die ungezählten kleinen Kräfte, die in jedem Körper wirken, und die man, da sie zwischen den kleinsten Bestandteilen der Körper, den Molekülen, tätig sind, Molekularkräfte genannt hat, — nun können diese Kräfte frei ihr Spiel entfalten. Sie sind es, die die Teilchen unseres Öles zu einer Kugel zusammenstellen. Und wie im kleinen so im großen. Ähnliche Kräfte haben auch unserer Erde, als sie noch flüssig war und jede Form annehmen konnte, ihre Kugelgestalt verliehen.

Molekularkräfte sind es auch, die eine Seifenblase zur Kugel formen.

Soll das eben beschriebene Experiment wohl gelingen, so muß das Öl mit großer Vorsicht in die Flüssigkeit gebracht werden. Knochenöl eignet sich besonders gut. Man saugt es in ein Röhrchen, bringt dessen Mündung in die Mitte der Flüssigkeit und bläst das Öl vorsichtig, doch nicht ganz, aus. War das Röhrchen vorher an seiner Außenwandung gut abgewischt, so kann man es zurückziehen, ohne daß noch ein Tropfen nachfällt, der übrigens leicht mittels eines Glasstäbchens mit dem Haupttropfen vereinigt werden kann. Die Kugel darf die Größe einer kleinen Walnuß erreichen. Schwebt sie zu tief, so muß vorsichtig Wasser nachgegossen werden. Steht sie zu hoch, so füllt man oben Alkohol nach und saugt vom

Boden Wasser ab. Da sich Wasser und Alkohol bis zu einem gewissen Grade mischen, muß man streng genommen sagen, daß die ganze Füllung alkoholisch ist, nur am Boden weniger alkoholreich als an der Oberfläche. Die Grenze ist daher auch ganz unsichtbar.

Seifenblasen. Wer von uns hat nicht schon einmal eine Seifenblase gemacht, in den Wind fliegen lassen und sich über ihr prächtiges Farbenspiel gefreut? Wahrlich, eine Seifenblase ist ein wunderbares Gebilde, noch weit mehr, als man gemeinhin glaubt, sie ist sogar wertvoll für den Gelehrten, der an ihr das Walten eben jener kleinsten Kräfte studiert, von denen wir schon sprachen.

Um haltbare und große Seifenblasen herzustellen — nicht so große wie eine Apfelsine, sondern wie ein Kindskopf —, sind zwei Dinge nötig: eine gute Seifenlösung und eine gute Pseife. Nicht jede Seife liefert brauchbare Resultate. Am schlechtesten sind die feinen Toilettenseifen. Brauchbar ist grüne, gemeine Waschseife, recht gut die in den Kaufmannsläden erhältliche sogenannte Martseiller Seife. Sie wird geschabt und in weichem (Regen-) Wasser gelöst. Allzu viel zu lösen hat keinen Zweck, wohl aber nützt ein kleiner Zusatz von reinem Glycerin, der die Haltbarkeit der Seifenblasen wesentlich erhöht. Von solcher Lösung wird etwa ein halber Liter in einer Flasche gut verkorkt aufbewahrt. Er hält sich einige Tage.

Als Blasevorrichtung tun die holländischen Tonpfeifen (von der kurzen Sorte) recht gute Dienste, ebenso aber auch nicht zu enge Glasröhren, die vorne etwas erweitert sind und deren Rand rundgeschmolzen ist (siehe Seite 17).

Der Rand der Pseife muß mit Seifenlösung gut angefeuchtet sein, wenn anders die Blasen nicht sofort springen sollen. Ebenso zerstört bis zur Mündung vorgedrungener Speichel die Seifenblase sofort. Man tut daher gut, mehrere Pfeifen vorrätig zu halten.

Die Seifenblase als Luftballon. Von der Seifenlösung wird nur allemal so viel in ein Schälchen gegossen, als man für die Versuche nötig zu haben glaubt. Die erste Seifenblase, die man bläst, trägt fast stets einen Seifenwassertropfen und ist für unseren besonderen Zweck unbrauchbar. Man bläst daher die erste

Blase ganz klein, schüttelt sie ab und bläst sofort wieder in die Pfeife, erst gelinde, dann immer kräftiger. Es tritt eine Blase hervor, die ganz wohl 20 cm und mehr im Durchmesser erreichen kann. Eine leichte Handbewegung löst sie von der Pfeife und man bemerkt — falls sie groß genug geworden ist — an ihr das Bestreben, für kurze Zeit in der Luft aufzusteigen. Darauf fällt sie, immerfort auf das prächtigste ihre Farben wechselnd, bis sie am Fußboden zerschellt. Die Luft kam aus unserer heißen Lunge und die Seifenblase war offenbar eine Zeitlang nichts anderes als ein mit warmer Luft gefüllter Luftballon, eine Montgolfière (vergl. Seite 48).

Während dieser Versuch viel Geduld sowie sehr ruhige Luft voraussetzt und verhältnismäßig selten zur Zufriedenheit abläuft, gelingt ein anderer recht leicht. Seifenblasen steigen, auch wenn sie sehr klein sind, mit Leuchtgasfüllung. Um das Experiment anzustellen, wird die Lompfeife durch einen Schlauch mit einem Gasbahn verbunden, eingetaucht und zugleich bei allmählichem Öffnen des Hahnes mit der Mündung nach oben gehalten. Ist die Blase fast faustgroß, so schließt man den Gasbahn und schüttelt sie ab. Sie steigt dann sehr schnell, meist unter eigentümlich pendelartigen Bewegungen zur Decke auf. Ist man schnell genug mit einem brennenden Zibibus hinterher, so kann man sie in der Luft anzünden.

Die Steigkraft derart mit Leuchtgas gefüllter Blasen ist bei einiger Größe so bedeutend, daß sie noch etwas Last mit empor zu nehmen vermögen. Freilich darf sie nicht groß sein und die Befestigungsvorrichtung muß möglichst leicht gehalten werden. Letztere besteht (Fig. 35, A, a. S. 122) aus einem 1 bis 1,5 cm im Durchmesser haltenden Ring von ganz dünnem Kupfer- oder Messingdraht, von dem zwei gegenüberliegende Punkte durch einen wsmöglich noch dünneren Drahtbügel verbunden sind. Ist der Drahtring vorher gut mit Seifenwasser angefeuchtet, so kann man ihn neben dem (aufwärts gerichteten) Pfeifenkopf behutsam an die Blase setzen, wo er haftet, ohne die Seifenblase zu zerstören. Ein kleines Streifchen Papier oder ein winziges Männchen aus demselben Material kann, auf dem Bügel reitend, als Passagier

mitgehen, der allerdings das grausame Schicksal hat, mitsamt seiner Gondel aus hohe Luft herabzustürzen, sobald der Ballon zerplatzt.

Um eine Seifenblase auch ohne Gasfüllung schwebend zu erhalten, können wir wie folgt verfahren. Auf den Boden eines großen Weißbierrglases (Fig. 35, B) wird ein kleines Schälchen gestellt und mit Marmorbruchstücken gefüllt. Marmorabfall erhält man in jedem Steinmeggeschäft, das sich etwa mit der Anfertigung von Friedhofsdenkmalern abgibt, oder auch in Handlungen für chemischen Bedarf, fast umsonst. Dann gießt man in einem kleinen Gläschen zu zehn Teilen Wasser einen Teil Salzsäure — nicht umgekehrt — und schüttet die Mischung über die Marmorstückchen. Sofort beginnt ein ziemlich starkes Kochen und Aufbrausen. Man vermeidet nun, das Weißbierrglas dem Luftzug auszusetzen oder gar in dasselbe hineinzublasen, sondern läßt es ruhig stehen, bis das Brausen einigermaßen nachgelassen hat. Dann ist der Versuch so weit vorbereitet, daß man vorsichtig eine nicht zu kleine Seifenblase in das Weißbierrglas fallen lassen kann. Diese Seifenblase benimmt sich nun ganz sonderbar. Sie fällt herab fast bis auf den Boden, fährt aber, ohne ihn berührt zu haben, wieder empor, fällt wieder herab, und bleibt schließlich irgendwo im Glase schweben. So, von keinem Lufthauch berührt, entfaltet sie ihre volle Farbenpracht. Wir beobachten eine bestimmte Stelle und bemerken, daß sie von einem lichtblauen Farbenton in einen grünen, gelben, dann in einen roten und schließlich in einen purpurnen übergeht, um dann mit einem blauen Ton, der jedoch prächtiger und tiefer ist als der erste, die Farbenreihenfolge von neuem wieder zu beginnen. Dabei sinkt die Seifenblase allmählich tiefer herab und zerplatzt meist, ehe sie den Boden erreicht hat.

Und die Erklärung des Vorganges? Unter dem Einfluß der Salzsäure hat sich aus dem Marmor ein Gas entwickelt, das Kohlenäure genannt wird und unseren Augen entgeht, da es unsichtbar ist wie die Luft*). Aber es ist auch schwerer als die Luft, bleibt am Boden liegen und füllt dann von unten her das

*) Vergl. den letzten Abschnitt des Buches unter Kohlenäure.

Gefäß an, die Luft verdrängend, in dem Maße, wie es sich entwickelt. Schließlich hat sich in dem Glase ein unsichtbarer See von Kohlensäure gebildet, auf dem die Seifenblase schwimmt, da sie mit Luft gefüllt und leichter ist. Anfangs taucht sie einigemal in den See unter. So zusammenhängend nun eine Seifenblasenhaut erscheint, dicht ist sie doch nicht. Die eindringende Kohlensäure macht sie schwerer und zwingt sie, langsam zum Boden herabzusinken.

Der Versuch ist sehr schön und unterhaltend; man hüte sich aber, den Kopf in das Gefäß zu stecken und von dem Gas ein-

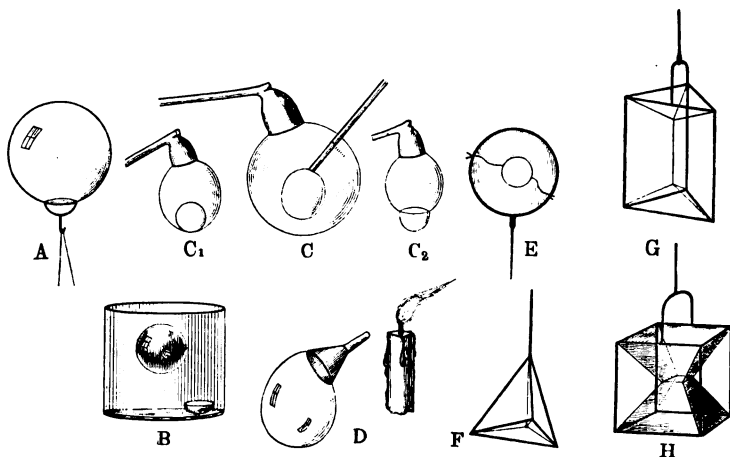


Fig. 35. Allerhand Versuche mit Seifenblasen.

zuatmen. Kohlensäure ist sehr giftig und hat schon manchem Brunnenarbeiter, dem sie in der Tiefe des Schachtes begegnete, den Tod gebracht. Ein in das Glas gehaltenes Licht erlischt sofort.

Eine Seifenblase in der anderen. Ein Glasrohr, dessen Oberfläche gut mit Seifenlösung benetzt ist, kann durch die Wandung einer Seifenblase gestoßen werden, ohne diese zu zersprengen. Die Berührung mit einem trockenen Gegenstande jedoch, z. B. mit einer über dem Licht ausgeglühten Nadel, bringt augenblickliche Zer-

störung mit sich. Auf ersterer Tatsache beruht die Möglichkeit, Seifenlösung in eine Seifenblase hineinzubringen und dort aufzublasen.

Ein Glasröhrchen von etwa 25 cm Länge und 3 mm Durchmesser, dessen Ränder rundgeschmolzen sind (Seite 17), wird in ein Wasserglas mit Seifenlösung gestellt, bis es diese an der eingetauchten Oberfläche gut angenommen hat und darauf durch die Haut einer Seifenblase gestoßen, die zu mäßiger Größe vorher mit der gewöhnlichen Tonpfeife aufgeblasen wurde (Fig. 35, C). Man kann nun durch Blasen in das Röhrchen mit Leichtigkeit eine zweite Seifenblase in der ersten erzeugen und durch ein ruckartiges Zurückziehen des Glasröhrchens von diesem befreien. Sie fällt dann auf den Boden der großen Blase, wo sie liegen bleibt wie der Apfel im Korbe (Fig. 35, C₁). Ein leichter Ruck an der Tonpfeife und die kleine Seifenblase fällt durch die Wandung der großen hindurch, bleibt aber außen als kleine Gondel hängen (Fig. 35, C₂).

Wer sich besonderes Geschick zutraut, mag einmal versuchen, die innere Seifenblase mit Leuchtgas zu füllen. Sie steigt dann in der größeren auf und fliegt mit ihr davon, falls sie von der Tonpfeife durch einen sanften Ruck befreit werden kann.

Die Seifenblase als Blasebalg. Wir blasen eine Seifenblase bis zu mäßiger Größe auf und entfernen dann den Mund von der Pfeife. Sofort beginnt die Blase kleiner und kleiner zu werden, bis sie, zu einem flachen Häutchen zusammengeschrumpft, in der Pfeife wieder verschwindet. Offenbar wirken in ihrer Oberfläche Kräfte mit dem Bestreben, sie so klein als möglich zu machen. Ihnen wird, falls die Pfeifenöffnung mit dem Finger geschlossen ist, von der abgeschlossenen Luft gerade die Wage gehalten, sie werden vom Luftdruck überboten, falls Luft in die Pfeife eingeblasen wird. Bei offener Pfeife drängen sie dann natürlich die in der Blase und Pfeife enthaltene Luft wieder heraus, wie man sich leicht durch folgenden Versuch überzeugen kann.

Man bläst eine Seifenblase über der Öffnung eines kleinen Trichters von Glas oder von Metall, was leicht gelingt, wenn man gleich in den Trichter bläst, sobald er aus der Seifenlösung

genommen ist. Hat die Blase die Größe eines kleinen Apfels erreicht, so bringt man die Öffnung des Trichters vor ein brennendes Licht (Fig. 35, D) und bemerkt dann sofort, daß die Flamme von einem aus der Mündung dringenden Luftstrom zur Seite geblasen wird. Man sieht auch, wie der Luftstrom immer stärker wird, und muß daraus schließen, daß der Druck der Kräfte in der Seifenhaut mit schwindender Oberfläche wächst.

Figuren aus Seifenhäutchen. Alle Flüssigkeitshäutchen haben das Bestreben, so klein zu werden, als sie unter den gegebenen Umständen nur werden können. Unter dem Einfluß dieses Gesetzes entstehen auch jene reizenden Figuren, die der blinde Physiker Plateau aus Seifenwasser erzeugte.

Wir sind gewohnt, die Seifenhaut zur Kugel geformt zu sehen, sie läßt sich aber ebenso gut in alle anderen Formen bringen. Dreht man beispielsweise einen 4 cm im Durchmesser haltenden Ring aus Draht zusammen (Fig. 35, E) und taucht ihn an einem Stiel ganz und gar in Seifenlösung, so zeigt er sich mit einer völlig ebenen Seifenhaut überzogen, die, gegen das Licht betrachtet, klar ist wie eine Fensterscheibe. Im auffallenden Licht erscheinen auf ihr, von oben nach unten wandernd, die Regenbogenfarben. Daß auch diese Haut sich durch Spannung verkleinern will, kann auf überraschende Weise gezeigt werden. Ein Seidenfaden, dessen mittleres Stück doppelt ist, wird etwas locker über den Ring gespannt und mit diesem zugleich in die Seifenlösung getaucht. Er bleibt dann in einer schlaffen Linie auf der sich bildenden Seifenhaut liegen. Stößt man jedoch mit einer trockenen Nadel in die mittlere Schlinge hinein und zerstört hier die Haut, so springt diese zu einem Kreis auf, dessen Rundung und Vollkommenheit gar nichts zu wünschen übrig läßt, d. h. die unverletzte Seifenhaut zieht sich so weit zurück und verkleinert sich so weit, als es eben nur möglich ist (Fig. 35, E).

Gibt man den Drahtfiguren ein vielgestaltigeres Aussehen, so sind die entstehenden Seifenhäutchen gezwungen, sich einerseits an den Drähten, andererseits untereinander festzuhalten. Es müssen

dann regelmäßige Figuren entstehen, wenn die Drahtkörper regelmäßig gebildet sind. Sie erregen durch die Genauigkeit ihres Baues, durch die Schärfe der Kanten und Winkel Staunen und Bewunderung zugleich. Ist der Drahtkörper eine dreiseitige Pyramide (Fig. 35, F), so laufen von jeder der sechs Kanten Seifenhäutchen nach der Mitte hin. Je drei treffen in einer gemeinsamen Kante zusammen. Bei einem Prisma ist die Gliederung noch reicher, da sich die auf der Grundfläche erhebende flache Pyramide oben, hier natürlich mit abwärts gerichteter Spitze, noch einmal wiederholt und das ganze System daher zwei Knotenpunkte aufweist, in denen die Kanten zusammenlaufen (G). Das reizvollste Gebilde liefert ein Würfel, in dessen Mitte ein Quadrat aus Seifenhaut von acht anderen, schräg nach oben und unten laufenden Häutchen ausgespannt wird (H).

Die Drahtfiguren wählt man zweckmäßig nicht höher als 3 bis 4 cm. Sie können aus irgend einer Drahtsorte angefertigt werden, am besten bearbeitet sich Messingdraht, der mit der Schere in Stücken auf die richtige Länge abgeglichen und mit einem hölzernen Hämmerchen auf ebener Unterlage gerade gerichtet wird. Die Drähtchen müssen mit ihren Enden stumpf aneinander gelötet werden, was einige Übung und Geduld verlangt. Aber man sieht auch, daß nicht alle Ecken gelötet zu werden brauchen. Es kann z. B. das obere und untere Begrenzungsdreieck der Pyramide je aus einem Stück mit Hilfe nur einer Lötstelle angefertigt werden. Alles überflüssige Lot muß die Feile vorsichtig fortnehmen. Ein kleiner Bügel mit einem Draht als Handhabe wird jeder Figur beigegeben. Man läßt die Modelle einige Minuten in der Seifenlösung stehen, damit sie gut benetzt werden, und hebt sie erst dann vorsichtig heraus, wenn auf der Oberfläche der Lösung alle Schaumbläschen, die durch zu hastiges Eintauchen entstehen, vergangen sind.

Es ist unseren jungen Freunden überlassen, sich so viel Figuren und Formen auszudenken und herzustellen, als sie wollen, immer finden die arbeitenden Naturkräfte eine Lösung für die ihnen gestellte Aufgabe, und immer schaffen sie ein Meisterwerk.

Zweiter Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Schallehre.

Man hat unsere fünf Sinne mit geöffneteren Toren verglichen, durch welche die Kenntniss von dem, was außer uns in der Natur vorgeht, zu dem Gehirn und zum Bewußtsein gelangt. Mit vollem Recht. Denn wir könnten keinen der Sinne entbehren, ohne nicht auch auf einen Teil der Natureindrücke verzichten zu müssen. Ein Blindgeborener weiß nichts vom Grün der Bäume, nichts vom lachenden Sonnenschein oder der glitzernden Schneedecke auf den Feldern, für ihn ist der Sommer nur warm, der Winter nur kalt, er kennt Sonne, Mond und Sterne nicht, seine Welt besteht nur aus Dingen, die er hören, riechen, schmecken oder fühlen kann. Und doch ist er ganz zufrieden. Warum auch nicht? Er kennt nichts anderes, und wir sind ja auch zufrieden mit unserer Welt. Wer weiß, ob nicht ein mit sechs oder mehr Sinnen ausgestattetes Geschöpf sie ganz, ganz anders sehen, verstehen und mitleidig auf uns herabblicken würde wie wir auf jenen armen Blindgeborenen.

Wir können die uns gesteckten Grenzen nicht überfliegen und müssen sagen, die Welt ist so, wie sie uns scheint, und haben daher auch ein Recht, zunächst einmal die Naturvorgänge nach unseren Sinnesempfindungen einzuteilen und zu benennen. Wir sprechen von Gesicht=, Gehör=, Geruch=, Geschmack=, Gefühlswahrnehmungen; ihnen entsprechen bestimmte Vorgänge oder Zustände, z. B. die Licht= und Schallercheinungen für das Auge und das Ohr. In diesem ganzen Abschnitt soll nur von den akustischen, d. h. den Schallercheinungen die Rede sein.

Unser Ohr, als Aufnahmeapparat für die Schallerscheinungen, ist ein gar wunderbares Instrument. Jede Bewegung einer dünnen, in ihm glatt aufgespannten Haut, des Trommelfelles, etwa durch einen leichten, gegen dasselbe gerichteten Schlag, wird als Schall empfunden. Man kann sich davon wohl eine Vorstellung machen, da ja in diesem Falle die Gehörnerven, man möchte sagen, eine direkte Berührung erfahren. Wie ist es aber möglich, daß man einen Kanonenschuß hört, der vielleicht mehrere Meilen vom Trommelfell entfernt abgefeuert wurde? Wie und auf welchem Wege gelangt die Nachricht in unser Ohr? Wie kommt es, daß diese Nachricht, wie wir aus Erfahrung wissen, mit Verspätung eintrifft? Weshalb hören wir den Kanonenschuß in der Nähe stärker als in der Ferne? Alles dies sind Rätsel, die mit einem Schlage gelöst werden, wenn wir uns eine Erfahrung, die wir miteinander bereits machten, als wir vom Luftballon und den Flugmaschinen plauderten, wieder ins Gedächtnis zurückrufen. Der Raum zwischen den Gegenständen auf der Erdoberfläche ist nicht leer, sondern angefüllt mit einer Mischung durchsichtiger Gase, die wir als Luft bezeichnen. Diese Luft nun soll nach der gelehrten Annahme bestehen aus Myriaden und aber Myriaden kleiner Gasteilchen, Kügelchen so winzig, daß auch das schärfste Mikroskop sie nicht direkt nachzuweisen vermag, ebenso wenig wie die Räume zwischen den Teilchen. Eine schier unendlich große Schar solcher Luftteilchen erfüllt auch den Zwischenraum zwischen der Kanone und unserem Ohr. Schießen die Pulvergase mit großer Gewalt aus dem Rohre heraus, so treiben sie die nächstliegenden Luftteilchen vor sich her und man könnte nun wohl verstehen, daß diese nach dem Anstoß mit großer Geschwindigkeit weiter eilten und schließlich auch gegen das Trommelfell unseres Ohres trafen, um hier die Schallempfindung zu veranlassen. Dies wäre möglich, aber sehr unwahrscheinlich.

Man kann den Raum zwischen dem Ohr und dem schallgebenden Körper vergleichen mit einem großen Platz, auf dem dicht gedrängt eine gewaltige Volksmenge sich befindet. Jede Person möge ein Luftteilchen darstellen. Würde es dann ver-

nünftig sein, einen Boten mit irgend einer eiligen Nachricht gerade durch die Volksmenge schicken zu wollen? Sicherlich nicht, denn er würde wohl, durch Knüffe und Püffe von rechts und links belehrt und müde, die Leute beiseite zu schieben, sein Vorhaben aufgeben. Eine solche Person ist aber das Lustteilchen, das — vielleicht mit noch anderen Genossen — von der Kanone den Auftrag erhält, bis zum Ohr herüberzudringen und auf das Trommelfell zu klopfen, in dieser Art ein unausführbarer Auftrag. Wie aber wäre es, wenn der Bote gar nicht erst versuchte, durch die Menge zu dringen, sich vielmehr an den Nächststehenden wendete mit der Bitte, die Nachricht — es braucht ja vielleicht auch nur ein kleiner Stoß zu sein, falls es sich nur darum handelt, unseren Freund auf der anderen Seite des Platzes aufmerksam zu machen —, diesen Stoß also an den Vordermann weiterzugeben, und dieser gäbe ihn dann wieder seinem Vordermann u. s. w., bis er an die richtige Adresse käme? Dann könnte jeder hübsch auf seinem Plage stehen bleiben und brauchte nur ein wenig hin und her zu pendeln. Der Stoß aber würde, vielleicht mit ziemlich großer Geschwindigkeit und Stärke, durch die Menge hindurch eilen. Wir brauchen wohl kaum noch zu sagen, daß der Vorgang in der Luft gerade so ist, daß auch dort sich nicht die Lustteilchen fortbewegen, sondern nur der Stoß durch diese.

Aber die Lustteilchen sind keine vernunftbegabten Wesen, und das macht doch einen kleinen Unterschied aus. Die Stärke des Stoßes braucht durch die Volksmenge nicht abzunehmen, ja man kann sich vorstellen, daß sie zunimmt, wenn nämlich irgend eine Person, unmutig über die Störung, den Schlag etwas berber weiter gibt, als es gerade nötig wäre. Nicht so bei den Lustteilchen, sie sind tote Körper, pendeln zwar jedes hin und her und geben den Stoß weiter, aber er wird, je weiter er eilt, um so schwächer und schwächer. Wir verstehen sofort, warum daher die Stärke des Schalles mit der Entfernung abnehmen muß. Wir würden unsere Kanone in der Nähe stärker hören als in der Ferne, auch wenn sich der Schall nur in einer Richtung — auf unser Ohr zu — fortpflanzte. Nun breitet er sich aber nach allen Seiten

aus, jedes Luftteilchen muß daher mehreren folgenden Teilchen einen Anstoß geben, und so nimmt denn die Kraft des Stoßes durch Verteilung sehr schnell ab, so zwar, daß wir die Kanone in doppelter Entfernung viermal schwächer, in dreifacher Entfernung neunmal und in vierfacher Entfernung sechzehnmal schwächer hören.

Von der Geschwindigkeit des Schalles. Der durch die Luft eilende Stoß ist mithin der Bote zwischen dem schallgebenden Körper und dem Ohre. Auch von dem besten Boten kann man aber nicht verlangen, daß er zur Ausführung seines Auftrages gar keiner Zeit bedürfe. Der Schall braucht Zeit zu seiner Luftreise und zwar legt er in jeder Sekunde etwa eine Strecke von 333 Metern zurück. Unsere jungen Leser werden fragen, wie man das gemessen hat. Auf verschiedene Art und Weise; zuerst mit Hilfe von Kanonen und fußend auf der Tatsache, daß das Licht dem Schall so weit an Geschwindigkeit überlegen ist wie etwa ein Expreßzug dem Stundenzeiger auf einem Zifferblatt.

Man hört eine Kanone nicht nur schießen, man sieht sie auch schießen an dem Feuerstrahl, der aus der Mündung hervorbricht. Da das Licht sich nun so unsatzbar schnell ausbreitet, darf man annehmen, daß die Kanone in dem Augenblick abgefeuert wurde, in dem wir den Blitz mit dem Auge wahrnahmen. Der trägere Schall wird dann noch auf sich warten lassen und um so später eintreffen, je größer die Entfernung zwischen uns und der Kanone ist. Kennen wir diese Entfernung, so ergibt eine einfache Messung der zwischen Blitz und Knall verstrichenen Zeit die Geschwindigkeit des Schalles, d. h. diejenige Strecke, welche der Schall in einer Sekunde zurücklegt.

Wie mißt man die Entfernung eines Gegenstandes ohne Meterstab? All unser Wissen beruht auf Erfahrung. Wissen wiederum befähigt zu neuen Schlüssen, die dann dem Unerfahrenen oft als etwas Übernatürliches erscheinen mögen. Wissen macht frei und überlegen zugleich. So ist unsere Aufgabe auch für jeden unlösbar, der nicht bereits über unsere Erfahrungen

verfügt und der als richtig denkender Mensch aus ihnen richtige Schlüsse zu ziehen vermag.

Freilich hätten wir zunächst unsere Aufgabe etwas genauer stellen sollen. Nicht als ob sie so nicht zu lösen wäre. Das ist sie auf alle Fälle, aber nicht mit den uns zur Verfügung stehenden Erfahrungsmitteln. Wir hätten fragen sollen, wie weit ein schallgebender Körper von uns entfernt sei, und noch hinzufügen müssen, ein Körper, der auch vom Auge bemerkt werden kann. Unter diesen Voraussetzungen kann aber die Aufgabe für uns keinerlei Schwierigkeiten mehr bieten, und da sie uns in der Natur, man möchte sagen, auf allen Wegen entgegentritt, lohnt es sich wohl, sich des öfteren an ihre Lösung zu machen, um dabei vielleicht auch im Hochgefühl geistiger Überlegenheit über unsere Genossen zu schwelgen. Nur zeigen dürfen wir diese Freude — die doch im Grunde eine Schadenfreude ist — niemals. Der wahre Gelehrte weiß vor allem auch, was ihm an Erkenntnis fehlt, und ist daher bescheiden.

Wir gehen mit einem Freunde spazieren. In nicht unbeträchtlicher Entfernung von uns liegt eine eiserne Bahnbrücke. Wir bringen das Gespräch auf sie und fragen wie von ungefähr, wie weit wohl diese Brücke von unserem Standpunkte entfernt sei. Unser Begleiter wird eine Weile hin und her raten und schließlich sagen, daß man die Entfernung ohne Meßkette überhaupt nur sehr ungenau und vielleicht nur mit einem Fehler von mehreren hundert Metern bestimmen könne. Wir aber trauen unserem Schätzungsvermögen mehr zu und geben mit großer Bestimmtheit die Entfernung auf etwa 2660 Meter an, eine Zahl, der der Freund keinen Glauben schenken wird, bis sie durch Nachmessen auf einer Karte bestätigt ist. Und die Lösung des Rätsels? Sehr einfach. Wir hatten einen Eisenbahnzug beobachtet und heimlich, mit der Uhr in der Hand, die Zeit in Sekunden gemessen, welche zwischen dem Aufsetzen der Lokomotivräder auf die Brücke und der Ankunft des verstärkten Geräusches vergangen war. Da es 8 Sekunden waren, hatte eine einfache Multiplikation mit 333, der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles, die Ent-

fernung der Brücke zu 2664 Meter ergeben. Wir runden die Zahl ab, da wir wohl wissen, daß wir bei der Ungenauigkeit der Messung und unter Berücksichtigung des Umstandes, daß sich der Schall bei verschiedenen Lufttemperaturen nicht gleich schnell fortpflanzt, für das Resultat nicht voll und ganz eintreten können. Besser daher, wir verbürgen uns in ganz runder Zahl nur für etwa 2600 oder 2700 m, eine Angabe, deren Genauigkeit immerhin schon Bewunderung erregen wird. Besitzt unsere Uhr keinen Sekundenzeiger, so sind wir keineswegs verloren, sondern können die Uhr an das Ohr halten und die Sekunden abhören. Fast jede Taschenuhr tickt fünfstel Sekunden, und wenn man folgendermaßen mitzählt, $\hat{0}^{2345}$, $\hat{1}^{2345}$, $\hat{2}^{2345}$, $\hat{3}^{2345}$, $\hat{4}^{2345}$ u. s. w., dann kann man nicht nur die vollen Sekunden, sondern auch fünfstel Sekunden abhören. Selbstverständlich fängt man nicht bei 1 an zu zählen, sondern bei 0. Bei 1 ist dann die erste Sekunde vollendet, bei 2 die zweite u. s. w. Man wird bemerken, daß eine Sekunde doch wesentlich länger dauert, als man gemeinlich glaubt.

Beobachtungsobjekte gibt es genug. Unter vielen anderen z. B. eine pfeifende Lokomotive (da man den Dampf aus der Pfeife aufsteigen sieht), ein spielendes Orchester (da man den Takt und Rhythmus der Musik an den Bewegungen des Kapellmeisters erkennen kann), jeder Kirchturm (bei dem man vielleicht, wenn beide Schallklappen offen sind, das Anschlagen des Hammers gegen die Glocke bemerkt), endlich aus naheliegenden Gründen jedes Fort, jeder Steinseger u. s. f. Auch die Entfernung eines Gewitters kann mit ziemlicher Genauigkeit hergeleitet werden durch Beobachtung der zwischen dem Blitz und dem Beginn des Donnerrollens verstrichenen Zeit.

Übrigens braucht der in Frage stehende Gegenstand nicht allemal selbst den Schall auszusenden. Wenn er ihn, wie beim Echo, zurückwirft, so kann man den Abstand ebenso gut berechnen. Angenommen, zwischen unserem Ruf, der dann am besten in einem kurz hervorgestohlenen Ton besteht, und dem Echo, d. h. der Rückkunft desselben an unser Ohr, seien gerade drei Sekunden verfloßen.

Dann hat der Schall im ganzen, hin zur Bergwand und wieder zurück, einen Weg von dreimal 333 m, das sind 999 oder rund 1000 m zurückgelegt, mithin ist die Wand 500 m vom Ufer entfernt.

Einen Schlag so auszuführen, daß man ihn doppelt hört. Der Schall pflanzt sich nicht allein durch die Luft fort, sondern auch durch andere Körper, seien sie nun gasförmig, flüchtig oder fest, nur daß die Geschwindigkeit und die Stärke der Übertragung dann nicht überall dieselbe ist. Einige Gase und alle flüchtigen und festen Körper übertreffen an Geschwindigkeit der Schallfortleitung die Luft. In dem leichtesten der uns bekannten Gase z. B., dem Wasserstoff, legt er statt 333 m in der Sekunde 1286 m zurück, im Wasser etwa 1400 m, im Holz 3300 m und im Eisen gar 5000 m. Jeder elastische Körper ist fähig, den Schall fortzuleiten, aber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit hängt nicht allein von der Elastizität ab, sondern auch von der Dichte des Körpers.

Die Erfahrung, daß das Wasser ein guter Schallleiter ist, benutzen bisweilen zu ihrem und anderer Vergnügen die Besitzer von Karpfenteichen, indem sie am Ufer eine Glocke ertönen lassen. Auf dieses Zeichen pflegen dann die Karpfen, welche gewohnt sind, um diese Zeit gefüttert zu werden, herbeizukommen. Der Schall geht hierbei von der Luft nach dem Wasser herüber. Wollte man die Glocke im Wasser selbst anschlagen, so könnte sie, durch das Wasser behindert, nicht schwingen, daher auch keinen Ton geben, sondern nur klappern.

Nun zu dem Experiment, das wir anstellen wollen. Auf unseren Spaziergängen treffen wir sicher irgendwo ein gerades, eisernes Gitter. Je länger es ist, desto besser. Vorzüglich eignen sich z. B. die niedrigen Gittereinfassungen der Rasenflächen im Berliner Tiergarten. Unser Begleiter bleibt am Anfange des Gitters stehen, wir selbst entfernen uns von ihm, indem wir am Gitter entlang gehen, mindestens 120 Schritte weit. Sobald wir unser Ohr ziemlich dicht an das Gitter gebracht haben, führt unser Begleiter mit einem Hämmerchen einen kurzen, kräftigen

Schlag gegen dasselbe. Wir sehen den Hammer einmal niederfallen, trotzdem hören wir aber schnell hintereinander zwei Schläge. Öftere Wiederholung des Versuches läßt jede Täuschung unmöglich erscheinen. Ebenso einfach wie er selbst ist auch seine Erklärung. Von dem schallgebenden Körper pflanzt sich der Schall auf zwei verschiedenen Wegen zu unserem Ohre fort, einmal durch das Eisen und dann durch die Luft. Durch das Eisen läuft er sehr schnell (5000 m in der Sekunde), durch die Luft weniger schnell (nur 330 m in der Sekunde), und so kommt es denn, daß wir die Nachricht von demselben Ereignis zweimal hintereinander erhalten. Betrug unsere Entfernung vom Orte der Schallerzeugung 100 m, so kam der erste Schlag nach 0,02 Sekunden, der zweite nach 0,3 Sekunden an unser Ohr. Der Zeitunterschied von nur 0,28 Sekunden konnte also vom Ohre bereits aufgefaßt werden.

Aber der Schall pflanzt sich in der Mehrzahl der Fälle in den festen Körpern nicht nur schnell, sondern auch gut fort, eine Tatsache, deren sich die Gefangenen zu erinnern pflegen, wenn sie mit Hilfe der Heizröhren in den Gefängnissen eine Klopfsprache einrichten. Der Engländer Charles Wheatstone benutzte die gute Leitfähigkeit des Tannenholzes zu einem anmutigen Experiment. Er stellte im Keller eines Hauses ein Klavier auf und verband dessen Resonanzboden durch einen langen Tannenholzstab, den er durch die Stockwerke führte, mit einem Zimmer im obersten Stockwerke. Dort schaute der Stod frei aus dem Boden heraus, aber er gab die Musik des Klaviers, von der man sonst nichts hörte, erst wieder, als der Resonanzboden einer Geige gegen das Stockende gehalten wurde. Dann hörte man das Klavier so deutlich, als sei es im Zimmer selbst. Der Resonanzkasten hatte die Longschwingungen auf die Luft übertragen. Bei einem späteren Versuche setzte der Physiker Lyndall eine Harfe, deren Töne ja schon an und für sich denjenigen des Klaviers ähneln, auf die nur wenig aus dem Fußboden hervorstehende Holzleitung und nun konnten sich alle Anwesenden des Eindruckes kaum erwehren, daß die Saiten der Harfe selbst tönten, gespielt von unsichtbaren Händen. Jedenfalls bewies dieser Versuch, wie vollkommen oft Täuschungen

gelingen und wie leicht es gewissenlosen Menschen gemacht ist, in unreifen Köpfen mit Spul und Geisterglauben Unheil anzurichten.

In kleinerem Maßstabe können wir das Experiment wiederholen. Jrgend ein Holzstab von 2 bis 3 m Länge ist bald beschafft und eine Kammer-, Boden- oder Kellertür läßt sich auch finden, der ein Loch, etwas größer als der Stab dick ist, zwar nicht zur Zierde, aber auch nicht gerade zum Schaden gereicht. Durch dieses Loch, das nach dem Versuch durch ein sauber eingeleimtes Stück Holz wieder verschlossen werden kann, wird der Stab so weit gesteckt, daß er in jeden der durch die Tür getrennten Räume gleich weit hineinragt. Da er die Tür aber nicht berühren darf, wird er dort, wo er durch das Loch gesteckt ist, mit Watte oder Filz umwickelt.

Hält man nun eine Uhr oder eine Spieldose gegen das eine Ende des Stabes, so hört man sie im anderen Raume laut und deutlich, sobald dort der Resonanzboden einer Violine, einer Guitarre oder auch nur ein nicht zu starkes Brett gegen den Stab gehalten wird.

Ein billiges Telephon, freilich kein elektrisches Telephon, aber ein Instrument, daß „in die Ferne tönt“ und daher den Namen verdient, läßt sich mit geringer Mühe folgendermaßen herstellen.

Es werden zwei Becher aus nicht allzu starker Pappe geklebt, in der Größe etwa der zum Würfeln gebräuchlichen. In ihrem Boden, gerade in der Mitte, erhalten sie je ein Loch, so groß, daß man, wie es Fig. 36 zeigt, eine starke Schnur hindurchstecken und innen mit einem Holznebel befestigen kann. Die Schnur kann 20 m lang oder vielleicht noch länger sein.

Jede der beiden Personen, die miteinander telephonieren wollen, erhält einen der Becher und dann treten beide so weit auseinander, daß die Schnur straff gespannt ist. Spricht nun die eine Person in den Schallbecher, während die andere den ihrigen an das Ohr hält, so sind selbst ziemlich leise gesprochene Worte auch auf größere Entfernung hin vernehmbar. Der schalleitende Körper ist in diesem Falle die Schnur, aber es ist, wie schon ge-

sagt, durchaus erforderlich, daß sie während des ganzen Versuches stets gespannt bleibt.

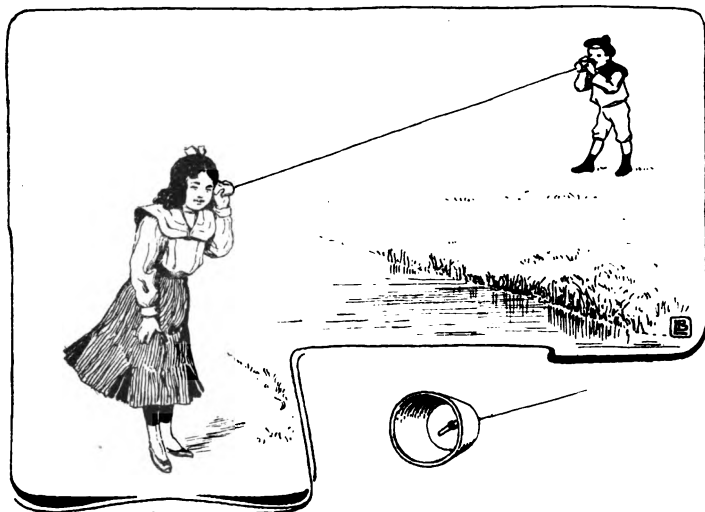


Fig. 36. Ein billiges Telephon (Fadentelephon).

Künstliches Kirchturmgeläut und künstlicher Donner.

Zu unseren Versuchen bedürfen wir keiner Kirchenglocken und Glockenstühle, auch keiner mit Elektrizität geladenen Wolken. Eine Ofengabel und etwas Bindfaden tuen's auch. Der Bindfaden wird an seinem einen Ende zu einer Schlinge geknotet, so groß, daß man sehr bequem den Kopf hindurchstecken kann. Am anderen Ende befestigt man eine gewöhnliche Ofengabel an der oberen Ofen, mit der sie auch an den Herdhaken gehängt wird. Dann hält man beide Hände flach vor die Ohren, beugt sich vornüber und legt, wie es Fig. 37 (a. f. S.) veranschaulicht, die Schlinge über den Kopf und die Hände. Die Ofengabel hängt dann an der Schnur herab, berührt aber nicht den Fußboden.

Beginnt man nun mit der Ofengabel leicht pendelnde Bewegungen auszuführen und schlägt dabei ganz leise gegen ein Stuhlbein oder den Ofenvorleger, oder besser noch, läßt man von

einem Gehilfen mit einem Storkhämmerchen gegen die Gabel klopfen, so meint man wahrhaftig eine tief und voll brummende Kirchturmglöcke zu hören, bei zarten Schlägen wie aus weiter Ferne, bei stärkeren so laut, als befände man sich selbst in der Glockenstube.

Zur Nachahmung des Donners bedarf man nicht einmal der Ofengabel. Man nimmt sie ab und läßt die Schnur von dem



Fig. 37. Künstliches Glöckengeläut.

Gehilfen wagerecht straff ziehen, wobei man dann natürlich eine aufrechte Körperhaltung annimmt. Die Schnur genügt dann nicht allein zur Darstellung des Donners, sondern eines ganzen Ungewitters. Trommelt man mit den Fingern — aber ganz leise — auf der Schnur herum, so hört man deutlich das Klatschen großer Regentropfen gegen das Fensterbrett, streicht

man mit dem Nagel über die Schnur hin, so heult ein wilder Sturm, und reibt man sie endlich mit der Hand hin- und herfahrend zwischen den Fingern, so rollt ein Donner, wie man ihn sich natürlicher gar nicht wünschen kann. Leises Zupfen der Schnur seitlich ahmt die dumpfen Schläge einer fernen Uhr nach.

Das Sprachrohr. Wir hatten den Luftraum uns vorgestellt als angefüllt mit unzählig vielen kleinen Luftteilchen, von denen jedes bei der Übertragung des Schalles eine Schwingung ausführt und seinem Nachbar einen Stoß erteilt, der dann auf

diese Art bis zum Ohre weitergegeben wird (S. 125). Verdünnt man nun die Luft, so wird offenbar der Zwischenraum zwischen den Luftteilchen größer und die Stoßübertragung — und also damit die Schallübertragung — eine schlechtere. Sind alle Luftteilchen entfernt, dann kann überhaupt von keiner Schallübertragung mehr die Rede sein.

Besitzer von Luftpumpen können sich leicht davon überzeugen, wenn sie ein kleines Läuterwerk, etwa eine elektrische Klingel, auf einem Riffen unter die Glocke der Luftpumpe bringen und die Glocke ertönen lassen, während die Luft ausgepumpt wird. Man hört dann die Glocke zuerst laut, dann immer schwächer und schwächer, bis der Ton schließlich, kaum noch hörbar, wie aus weiter Ferne zu kommen scheint. Nur der Klöppel belehrt dann noch durch den Augenschein, daß die Glocke ihre Arbeit nicht eingestellt hat.

Diese Luftteilchen gleichen nun in der Tat winzigen elastischen Källen. Sie gehorchen auch denselben mechanischen Gesetzen wie ein Gummiball. Nehmen wir einmal einen Gummiball zur Hand und bezeichnen eine Stelle an der Wand — in Kopfhöhe und gerade uns gegenüber — mit Kreide. Ein kräftiger Wurf gegen diese Stelle läßt den Ball in genau derselben Richtung zurückkommen, in der er fortgeschleudert war. Treten wir jedoch zur Seite und werfen den Ball gegen dieselbe Stelle der Wand, so kommt er nicht wieder zurück, sondern fliegt zur Seite, so zwar, daß der Winkel, den die Linie des Hinwurfes mit einer auf der getroffenen Wandstelle senkrecht stehenden Linie (der Richtung unseres ersten Wurfes) einschließt, gleich ist dem Winkel, den diese mit der Richtung des rückprallenden Balles bildet. Fig. 38 A (a. f. S.) stellt dieses sogen. Reflexionsgesetz dar. Man nennt den ersten Winkel den Einfallswinkel und den anderen den Ausfallswinkel und kann dann das Gesetz in den einfachen Satz zusammenfassen: Der Einfallswinkel ist gleich dem Ausfallswinkel.

Der Schall gehorcht demselben Gesetze und diese seine Eigenschaft hat Veranlassung dazu gegeben, Instrumente zu konstruieren, mit deren Hilfe man den Schall auf große Entfernungen über-

tragen kann. Wie wir bereits wissen, breitet sich der Schall nach allen Richtungen aus und büßt deshalb sehr schnell seine Stärke ein, die Sprachrohre jedoch weisen ihm nur eine Richtung an und zwar die, in welcher er vorzugsweise zur Wirkung kommen soll. Man hat an den Sprachrohren jahrhundertlang herumgekünstelt um schließlich zu finden, daß die einfachste Form wohl noch die beste ist. Man verfertigt sie auf höchst einfache Weise und zwar aus Pappe besser als aus Blech. Ein 1 bis 2 m langes Rohr, vorn 15 bis 20 cm weit, hinten 3 cm messend, ganz kegelförmig

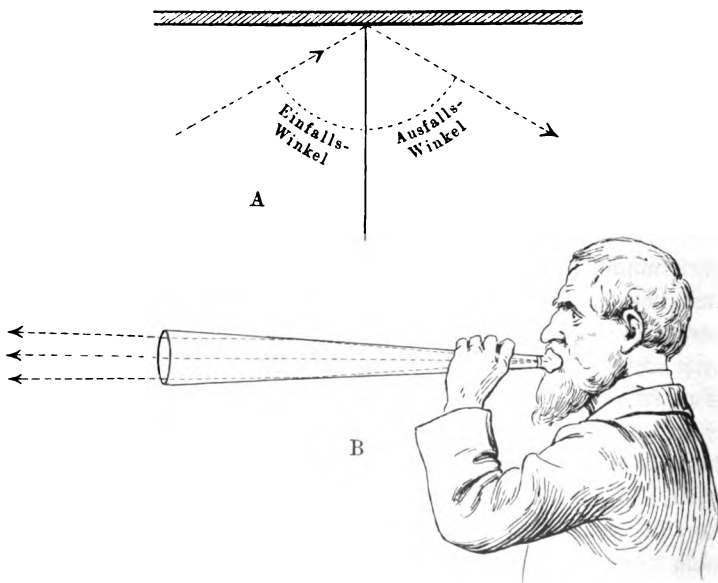


Fig. 38. Sprachrohr.

gebildet, aus starker glatter Pappe zusammengenäht oder geleimt, ist beinahe die beste Vorrichtung. Ein tönendes Material, wie Blech oder Gußmetall, vermehrt die Entfernung, auf welche man sprechen kann, nicht, stört aber durch metallische Nebengeräusche die Verständigung.

Wenn man in die kleine Öffnung dieses langgezogenen Trichters hineinspricht, während die weite Mündung auf denjenigen

gerichtet ist, der hören soll, so wird der von den Wänden zusammengehaltene Schall auf sehr große Entfernungen übertragen werden. Fig. 38 B zeigt, wie die aus dem Munde des Rufenden kommenden Schallstrahlen, dem Reflexionsgesetz gehorchend, fast dieselbe Richtung annehmen. Ist das Rohr gut gemacht und etwa 2 m lang, so kann man sich auf 1 km Entfernung (= 1000 m) ganz gut miteinander unterhalten, bei stiller Nacht noch viel weiter.

Der Ruf durch ein Sprachrohr hat, aus der Ferne vernommen, besonders wenn man den Rufer nicht sieht, etwas Überirdisches, Geisterhaftes, und man kann wohl verstehen, daß, selbst in unserer aufgeklärten Zeit, abergläubische Gemüter durch das einfache Instrument in Angst und Schrecken versetzt werden können. Vor etwa fünfzig Jahren erzählte man sich allgemein folgendes rührende Geschichtchen: Ein Gutsbesitzer erkannte von weitem einen Bauer, der nichts ahnend hinter seinem Pfluge herging. Er machte sich nun den allerdings unnützen Scherz, ihm durch sein Sprachrohr zuzurufen: „Hans, Hans, gehe heim und bestelle dein Haus, denn morgen mußt du sterben.“ Da habe sich der Bauer erstaunt umgesehen und, da er niemand erblickt, sein Rapplein zwischen die Hände genommen, sei niedergekniet und habe Gott gedankt, daß er ihn solcher Warnung würdig gehalten habe. Alle Aufklärung seitens des Gutsherrn hätte nun nichts gefruchtet, der abergläubige Bauer sei nach Hause gegangen und am nächsten Tage an einem Gehirnschlage gestorben.

Heute ist das Sprachrohr trotz Telegraphie und Telephonie noch mehr in Gebrauch als man denkt und findet z. B. auf Schiffen eine ausgedehnte Anwendung. In modernen Häusern mauert man die Sprachrohre, die wie eine leere Wasserleitung durch die Stockwerke führen, gleich in die Wände ein. Sie führen dann vom Munde des Sprechenden bis zum Ohre des Hörers und dienen etwa dem Verkehre mit dem Dienstpersonal in der Waschküche. Jede Röhrenleitung ist ein derartiges Sprachrohr, und es ist ganz erstaunlich, auf wie große Entfernungen durch sie eine Verständigung noch möglich ist. Man hat sich

mittels der Kanalisationsröhren von Paris noch auf 1000 m Entfernung im Mufferton unterhalten können und ein in die Rohrmündung gefeuerter Pistolenschuß löschte sogar am Ende der Leitung ein Licht aus.

Wir wollen, nicht glauben, daß unsere Leser schon mit dem Nürnberger Trichter geneckt worden sind. Mit diesem Wunderinstrument nämlich, das früher einmal existiert haben soll, konnte man dummen Leuten Verstand und Weisheit einflößen. Wie mancher mag im Stillen den Verlust des Trichters bedauert haben. Wir aber können auf das Bestimmteste versichern, daß er heutigen Tages noch vorhanden ist und auf der Burg zu Nürnberg als seltene Reliquie aufbewahrt wird, nur kann man mit ihm heute keine Weisheit mehr eintrichtern und hat es auch früher nicht gekonnt, denn er ist nichts als ein langes Sprachrohr, das ehemals zur Verständigung zwischen Burg und Stadt diente.

Akustische Täuschungen. Wie die anderen Sinne, so ist auch das Ohr Täuschungen unterworfen. Es kann sich irren in Bezug auf die Stärke des Schalles und in Bezug auf den Ort der Schallquelle. Der rollende Donner erscheint uns so gewaltig, daß wir kaum etwas damit zu vergleichen wissen, und doch kann man durch Knittern mit Papier vor dem Ohre den Donner ganz übertönen. Hier ist es einmal eine Erfahrung, die die Täuschung hervorbringt. Denn wir wissen, daß die Ursache des Donners, das Gewitter, weit von unserem Ohre entfernt ist und schließen nun so: Ein Geräusch, das, wie der Donner, auf so große Entfernung unserem Ohre noch gut vernehmbar ist, muß am Ort seiner Entstehung einem gewaltigen Vorgange entsprechen. Indem er in die Entfernung hinausrückt, wächst er in unserer Vorstellung mehr und mehr, gerade so, wie das winzige Fleckchen auf der Fensterscheibe, das oft einen großen, in den Wolken schwebenden Vogel oder Luftballon darzustellen scheint.

Die Richtungsstäuschungen sind wohl weit häufiger. Jeder Unbefangene, der zum erstenmal ein Echo hört, wird glauben, ein zweiter Auser antworte ihm. Denn er vermutet die Schall-

quelle stets in der Richtung des Schalles. In dieser Hinsicht unterliegen wir alle täglich Täuschungen, keine aber ist wohl häufiger als folgende. Wir gehen in einer Straße spazieren, deren Querstraße von der Straßenbahn befahren wird. Dann hören wir einen ankommenden Wagen, ehe wir ihn sehen, fast stets aber werden wir uns in der Richtung täuschen. Vermuten wir ihn von links kommend, dann taucht er rechts auf und umgekehrt. Die Erklärung der Täuschung ist sehr einfach. Nehmen wir an, der Wagen (*w*, Fig. 39 A) befände sich in der X=Straße rechts und wir selbst auf dem rechten Bürgersteige der Y=Straße, so können wir offenbar den durch die Häuserreihe verdeckten Wagen nicht sehen, wohl aber hören, ein Beweis, daß zwar nicht auf dem direkten, aber sonst auf irgend einem anderen Wege Schall in unser Ohr gelangt. Wie ein Licht Lichtstrahlen, so sendet der Wagen Schallstrahlen aus und zwar nach allen Richtungen. Einen der vielen Schallstrahlen — in der Figur den stark gezeichneten — wollen wir verfolgen. Er prallt zunächst gegen die Häuserwand der X=Straße und wird von dieser nach dem uns bereits bekannten Gesetz gerade wie ein Ball zurückgeworfen. So gelangt er offenbar in unsere Straße und zwar gegen die Häuserwand linker Hand. Von hier wiederum zurückgeworfen, gelangt er in unser Ohr. Für dieses kommt der Schall also von links her, und durch die Erfahrung noch nicht gewizigt, vermutet es auch die Schallquelle linker Hand, d. h. den Wagen in der X=Straße gerade auf der Seite, wo er sich nicht befindet.

Auf der Zurückwerfung des Schalles, allerdings nicht von geraden, sondern von krummen Flächen, beruht auch der Zauber der sogenannten Flüstergalerieen, die sich bisweilen in den Seitenschiffen der Kirchen, in Hallen und Klostergängen vorfinden. In diesen akustisch bemerkenswerten Räumen können sich zwei an ganz bestimmten, oft zwanzig und mehr Meter voneinander getrennten Stellen stehende Personen im Flüstertone unterhalten, ohne daß ein zwischen ihnen befindlicher, noch so aufmerksamer Lauscher das Mindeste von dem Gespräche hört. Das Rätsel löst sich leicht, wenn man bedenkt, daß alle vom sogenannten Brenn-

punkte eines Hohlspiegels ausgehenden Strahlen von letzterem wie von einem Sprachrohr gleich gerichtet werden. Treffen sie so auf einen zweiten Hohlspiegel, so werden sie von diesem wiederum in einem Punkt, dem Brennpunkt des Spiegels, vereinigt. Befindet sich im Brennpunkte des ersten Spiegels der Mund des Sprechers, in dem des zweiten das Ohr des Hörers, so wird offenbar das leiseste Geflüster zur Verständigung aus-

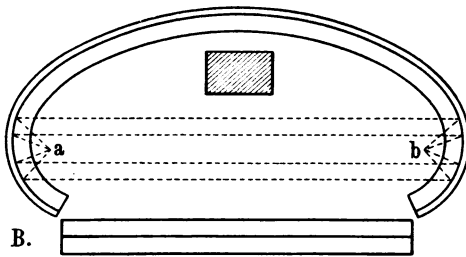
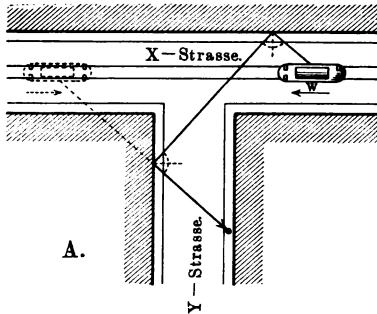


Fig. 39. Akustische Täuschungen: Flüsterbank.

den Füßen ausgehende Schall kehrt dann in das Ohr zurück und die Schritte gerade unterhalb der Stappe klingen fast schußartig verstärkt. Flüstergalerien hat Berlin wohl wenige aufzuweisen, dagegen einige Flüsterbänke, von denen die wenigsten etwas wissen. Sie schließen die Springbrunnenanlagen vor dem Brandenburger Tor, rechts und links von der Charlottenburger Chaussee, ein. Ein Blick auf den Grundriß dieser riesigen Steinbänke (Fig. 39 B) zeigt, daß sie an ihren Enden hohlspiegel-

reichen. Die Wände der akustisch merkwürdigen Räume haben dann meist eine hohlspiegelähnliche Form. In dieser Beziehung sind auch die Wölbungen unter den Berliner Stadtbahnbögen auf den Bahnhöfen ausgezeichnet und zwar bilden sie fast vollkommene Hohlspiegel, deren Krümmungsmittelpunkt man beim Durchschreiten der Zugänge zu den Treppen passiert. Der von

artig gekrümmt sind. Für eine gute Zurückwerfung des Schalles sorgen insbesondere die hohen Lehnen der Bänke. Spricht eine bei *a* auf der Bank sitzende Person nur leise gegen die Rückwand, so versteht eine bei *b* befindliche Person jedes Wort, denn die von *a* herüberkommenden Schallstrahlen werden in ihrem Ohr zum großen Teil vereinigt. Nach einigen Versuchen gelingt die Verständigung so gut, daß das gedämpfte Gespräch selbst nahe bei *a* oder *b* sitzenden dritten Personen unverständlich wird.

Die redende Figur. Zu dem Versuch gehören allerdings zwei große Hohlspiegel, man schrecke aber nicht davor zurück, sie anzufertigen, da sie nicht allzu genau auszufallen brauchen und schließlich auch Pappe als Material genügt. Blank brauchen sie auch nicht zu sein, da sie nur einem Schallversuch dienen sollen.

Denkt man sich einen Hohlspiegel irgend wie durch seine Mitte hindurch in zwei Hälften zerlegt, so erhält man offenbar als Schnittspur ein Stück eines Kreises, dessen Radius man bestimmen kann. Dies ist dann auch der Radius jener Kugel, von der der Hohlspiegel ein Stück ist. Haben wir die Absicht, einen Hohlspiegel mit dem Krümmungsradius von 1 m herzustellen, ein Maß, das sich für unseren Zweck empfiehlt, so verfahren wir wie folgt. Es wird mit einer 1 m langen Schnur ein Kreis geschlagen. Man legt ein Stück Pappe von 70 cm Länge oder etwas darüber so unter den Bleistift, mit dem man den Kreis zieht, daß er den Pappbogen so weit als möglich trifft (Fig. 40 A a. f. S.). Das so erhaltene Kreislinienstück schneidet man aus der Pappe sorgfältig aus und erhält dadurch eine sogenannte „Lehre“, d. h. einen Kreisaußschnitt, nach dem der Hohlspiegel gefertigt werden soll. Aus einer beliebigen Anzahl von spizen Dreiecken aus nicht zu dünner Pappe setzt man dann eine große Kugel- oder kegelförmige Fläche zusammen, verbindet aber die einzelnen Stücke nicht durch Kleister, sondern durch feste Nähte (Fig. 40 B). Je länger die Dreiecke sind, eine desto größere wirksame Öffnung erhält der Spiegel. Es genügt für unseren Zweck jedoch völlig, wenn sie eine Länge von 30 bis 40 cm erhalten. Man wird zunächst auf

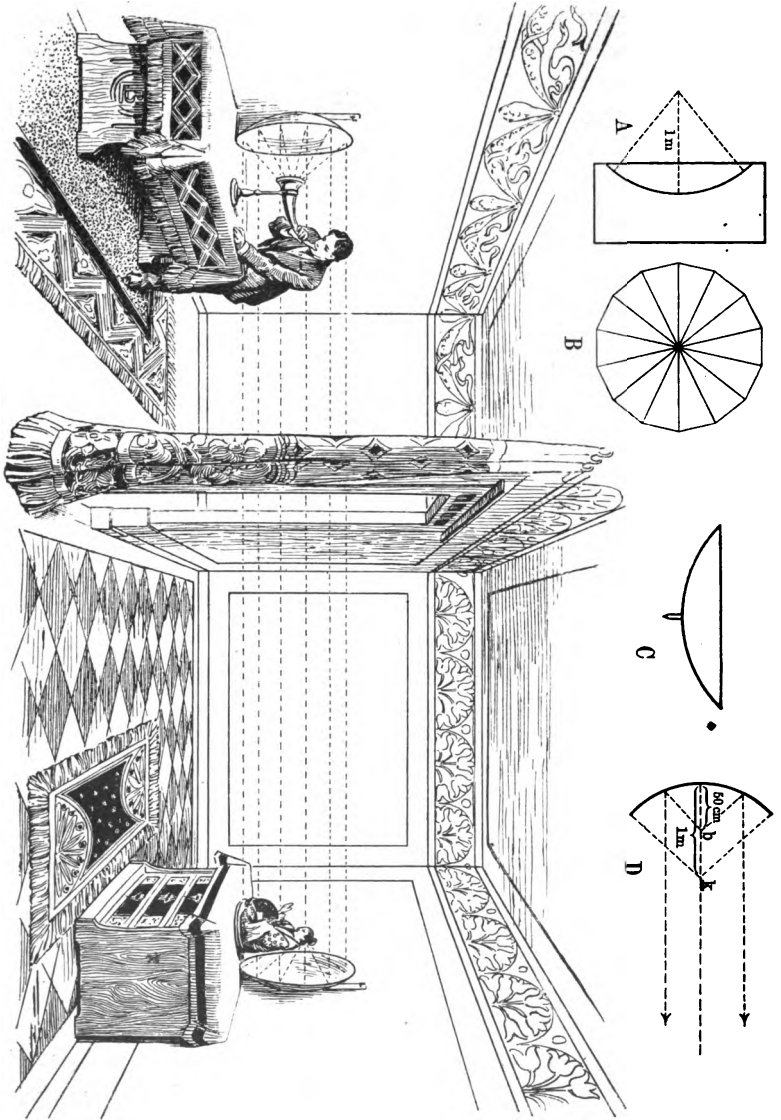


Fig. 40. Eine rechte Figur.

solche Weise kein Kugelsegment, sondern einen sehr flachen Kegel zu stande bringen. Um diesen nun rund zu gestalten, muß man ihn ganz durchnässen, so daß die Pappe weich und dehnbar wird, dann aber durch Drücken zwischen der Hand und einer flachen, großen Schüssel dem Hohlspiegel die von der Lehre verlangte Wölbung geben. Man legt sie daher wiederholt an den Spiegel an, der erst dann vollkommen ist, wenn sich die Lehre, ohne auf Unebenheiten zu treffen, in ihm herumdrehen läßt. Sehr erleichtert wird die Arbeit durch Benutzung der bei dem Kreisabschnitt zurückgebliebenen vertieften Lehre, die dann natürlich von außen dem Spiegel angepaßt werden muß. So wird man nach und nach einen hinlänglich großen Hohlspiegel erhalten, den man nunmehr mit weichen Lappen unterstopft und im Schatten trocknen läßt. Soll der Spiegel keine zu große Öffnung erhalten (z. B. nur 30 oder 40 cm), so ist seine Tiefe so gering, daß man es wenigstens einmal versuchen kann, ihn aus einem einzigen, kreisrund geschnittenen Pappstück von 45 cm Durchmesser nach der Lehre zu drücken. Bei einiger Geduld und Vorsicht erhält man auch so recht gute Resultate.

Noch viel leichter, freilich auch teurer, ist es, die Spiegel aus Gips zu machen. Hierzu muß die Lehre aus Holz sein und in ihrer Mitte einen Nagel erhalten, der unten zugespitzt ist (Fig. 40 C). Dann bedarf man einer leidlich runden Holzplatte, etwa eines Tonnendeckels, dessen Durchmesser größer ist, als der Durchmesser des Spiegels werden soll, sagen wir etwa 50 bis 60 cm. Um diesen Deckel wird ein 10 bis 15 cm hoher Randstreifen aus Pappe festgenagelt und von außen mit Lehm oder Glaserkitt gedichtet. Darauf füllt man das so entstandene Gefäß mit einer ausreichenden Menge von in Leimwasser angemachtem Gips. Sobald nach einigem Umrühren die Mischung breiig wird, stößt man die Lehre mit ihrem Nagel in die Mitte hinein und dreht sie, ohne zu wackeln, horizontal herum, wodurch man allen überflüssigen Gips hinwegnimmt und, nach wiederholtem Umdrehen und nachdem der Gips erstarrt ist, eine ziemlich reine Hohlung erhält. Im Schatten trocknet der Spiegel bald, ohne seine Form

zu verlieren, in der Sonne dagegen verzieht er sich und bekommt Risse.

Schließlich kann man sich auch vom Töpfer hohlspiegelartige Schüsseln nach der eingelieferten Lehre anfertigen lassen. Sie müssen anfangs im Schatten, dann in der Sonne getrocknet werden. Auf diese Art erhält man die Spiegel vielleicht am wohlfeilsten, sie sind freilich nicht so unzerbrechlich wie die Pappspiegel, werden aber auch nicht so leicht durch Bestoßen unbrauchbar wie die Spiegel aus Gips.

Zu unserem Versuch, den Fig. 40 in seiner äußeren Anordnung zeigt, bedürfen wir, wie oben gesagt, zweier möglichst gleich großer Spiegel. Man hängt oder stellt sie in zwei Zimmern so auf, daß ihre Verbindungslinie durch eine geöffnete Tür geht. Es schadet nichts, wenn die Entfernung bis zu 10 m beträgt, vorausgesetzt, daß die Spiegel groß sind. Genau in den Brennpunkt des einen Spiegels stellt man eine beliebige Figur, eine Porzellanpagode etwa, und giebt vor, diese kleine Person könne sprechen und auf ihr vorgelegte Fragen antworten. Der Brennpunkt des Hohlspiegels befindet sich gerade vor dem tiefsten Punkt desselben und zwar um den halben Krümmungsradius von ihm entfernt (Fig. 40 D). Schallstrahlen, die vom Krümmungsmittelpunkt k ausgehen, treffen überall senkrecht auf die Spiegelfläche und werden daher auf den Ausgangspunkt zurückgeworfen. Entstehen sie mehr nach dem Spiegel zu, so werden sie auch mehr nach außen zusammengeworfen und gehen endlich parallel miteinander in die Ferne, wenn der Ausgangspunkt b mit dem Brennpunkt zusammenfällt. Da der Krümmungsradius unseres Spiegels 1 m beträgt, liegt der Brennpunkt 50 cm vor dem Grunde desselben, und an dieser Stelle sollte sich der Kopf der Figur befinden. Um den Spiegel im anderen Zimmer den neugierigen Blicken der Zuschauer zu entziehen, kann man die Türöffnung mit Gaze, ja selbst mit einem dünnen Laken verhängen, das die Schallstrahlen merkwürdig gut hindurchläßt. Macht man übrigens den Versuch, wie es wohl gewöhnlich geschieht, des Abends, so kann man auch das Zimmer erleuchten, in dem sich die kleine Figur befindet

und daß andere ganz dunkel lassen. Der eine Spiegel sollte dem anderen genau gegenüberstehen, eine Bedingung, die nicht ganz leicht zu erfüllen ist. Am besten, man hängt zunächst genau in dem Brennpunkt des unsichtbaren Spiegels irgendwie an einem Stativ eine Taschenuhr auf, neigt oder wendet dann den Spiegel ein wenig so, daß man die Uhr im anderen Zimmer gerade dort, wo man die Figur aufstellen will, laut ticken hört. Dort kommt der andere Spiegel hin und wiederum in der richtigen Entfernung vor ihm der Kopf der Figur da, wo sich die Uhr am deutlichsten vernehmen läßt. Auf diese Aufstellung verwende man große Sorgfalt und befestige die Spiegel so, daß sie sich während des Experimentes nicht verrücken können.

Wenn nun jemand — der in den Spaß eingeweiht und witzig genug ist, ein paar Fragen gewandt zu beantworten — in dem dunkeln Zimmer so vor den Spiegel gestellt ist, daß sein Ohr sich im Brennpunkt desselben befindet, so wird er alles hören, was man, sei es auch nur flüsternd, der kleinen Figur sagt, an deren Kopf, gleichsam um ihr etwas ins Ohr zu sagen, der Fragende seinen Mund legt. Nun kann der Gehülfe ebenso leise gegen den Spiegel sprechen, wenn er sich so stellt, daß sein Mund gerade im Brennpunkte seines Spiegels ist und der andere, der sein Ohr zu der Puppe hinneigt, um ihre Antwort zu vernehmen, wird, da sich die Schallstrahlen erst dicht bei der Figur vereinigen, also dort zu entstehen scheinen, glauben, daß sie aus dem Munde der Figur kommen. Daß außer der beteiligten Person sonst niemand etwas von dem Frage- und Antwortspiel hört, erhöht den Eindruck des Geheimnisvollen und es wird lange dauern, bis einer der Zuschauer, besonders wenn er mit den physikalischen Gesetzen des Schalles nicht vertraut ist, den Scherz erklärt.

Auch wenn man den Ort des Brennpunktes am verborgenen Spiegel durch die Spitze eines sicher aufgestellten Stabes bezeichnet, ist es schwer, Mund und Ohr stets mit genügender Sicherheit an die richtige Stelle zu bringen. Bequemer wird der Versuch, wenn man, wie es auf unserer Abbildung veranschaulicht ist, an die Stelle des Brennpunktes einen kleinen Trichter mit einem weiten

Schlauch bringt, der dann sowohl zum Hören als zum Sprechen dient. Diese Anordnung verdeckt auch die Öffnung des Spiegels nur wenig.

Das unsichtbare Mädchen. Je einfacher eine Täuschung zu Stande kommt, desto weniger läuft sie Gefahr, aufgedeckt zu werden. Denn der nach einer Erklärung suchende Menschengestirbt kommt seltsamerweise auf das Komplizierteste immer zuerst.

So reisten vor vielen Jahren Leute mit einer akustischen Täuschung umher, die in Deutschland das größte Aufsehen machte. Sie nannten sie „Das unsichtbare Mädchen“, und der Vorgang bei dieser Täuschung hatte etwas so Zauberhaft-geheimnisvolles, daß die Sache lange unaufgeklärt blieb. Mit geringen Auslassungen wiederholen wir hier den Bericht eines Augen- oder richtiger wohl Ohrenzeugen dieser akustischen Vorstellung.

„Inmitten eines großen Zimmers stand ein hölzernes, sauber mit eingelegter Arbeit gezieretes Gestell, aus vier Pfosten und dazwischen angebrachten feinen, sehr zierlich gedrehten Stäben bestehend. Es versammelte sich eine zahlreiche Gesellschaft aus den ersten Ständen um dasselbe und bewunderte eine große, schöne Kugel von blauem Porzellan, welche mitten in diesem Gitter an vier blau angelautenen Stahlstangen mittels vier einfacher seidener Schnüre völlig frei hing. Die Kugel hatte vier Trompetenmündungen, die einander im Kreuz gegenüberstanden.

Das Gerücht war dem unsichtbaren Mädchen vorausgegangen. Es war bekannt, daß ein Mädchen, in dem Nebenzimmer verborgen, alles belauschte, was in dem Hauptzimmer vorging. In welchem Zimmer des wohlbekannten Gasthofes dieses sei, wie der Künstler sich aus der Schlinge ziehen würde, war weit mehr als das Kunstwerk selbst der Gegenstand der Aufmerksamkeit. Doch wie erstaunte ein jeder, als er die Türen rechts und links offen und von mehreren suchenden und spähenden Besuchern besetzt fand. Der Künstler, ein sehr eleganter und dem Anschein nach wissenschaftlich gebildeter Mann, der wenigstens über die Akustik wie ein Professor der Physik sprach, konnte sich eines feinen, feine

Lippen umschwebenden Lächelns nicht enthalten, als er sah, wie einer und der andere an dieser und an jener Wand horchte, mit dem Finger daran klopfte, um zu sehen, ob sie nicht etwa hohl sei. Außer diesem Lächeln aber verriet nichts, daß er sich um die begierigen Forscher bekümmerte.

Einer nach dem anderen trat an das Gitter, sprach ein paar Worte leise in eine der Trompeten und erhielt sogleich eine treffende, witzige Antwort, welche jedem verständlich war, der sein Ohr nahe an eine der Trompeten hielt, so daß wenigstens vier Personen zugleich hören konnten, was aus der frei an ihren Fäden schwebenden Kugel zu kommen schien. Diese wurde übrigens von dem Künstler wiederholt emporgehoben, um zu zeigen, daß sowohl ihr Inneres — man konnte hindurchsehen — nichts enthalte, wie ja auch an eine Verbindung, und wäre es die feinste Röhre gewesen, mit einem Zimmer oben oder unten nicht zu denken war. Überdies waren die Zimmer des oberen Geschosses sowie des Parterres von Gästen wie gewöhnlich besetzt. Dort konnte, selbst wenn man eine Verbindung mit den entferntesten Räumen entdeckt hätte, die Sprecherin sich nicht aufhalten.

Dieses alles hatte sowohl, als die mystische Weise der aus der hohlen Kugel mehr herübergehauchten wie gesprochenen Worte und die treffende Schärfe der Antworten etwas so Anlockendes, daß das unsichtbare Mädchen bald das allgemeine Stadtgespräch bildete. Niemand wußte sich die Sache zu erklären und doch war sie ganz einfach.“

Das Mädchen nämlich war in einem Wandschrank, der einen toten Heizwinkel des Zimmers ausfüllte, untergebracht und stand durch eine Sprachrohrleitung mit dem Gestell in Verbindung. Das eigentliche Geniale an der Einrichtung war die Art und Weise, wie für alle Umstehenden der Eindruck hervorgerufen wurde, die Stimme käme aus der schwebenden Kugel. Fig. 41 (a. f. S.) zeigt, wie das Zaubergerüst beschaffen war. Die Schallrohrleitung lief vom Wandschrank unterhalb des Fußbodens bis zu einem der vier Gestellbeine und in diesem hinauf. Dann gabelte sich, wie es Darstellung B erkennen läßt, das Rohr in zwei Teile und

jeder Ast führte in die beiden oberen Querleisten, wo er gerade gegenüber den Trichteröffnungen in einer Öffnung endigte. Die auf diesen Seiten stehenden Zuschauer hörten den Schall von der Trompetenmündung zurückgeworfen, die anderen durch die Kugel hindurch, so daß jedenfalls alle glauben mußten, die Worte aus der Kugel selbst zu vernehmen.

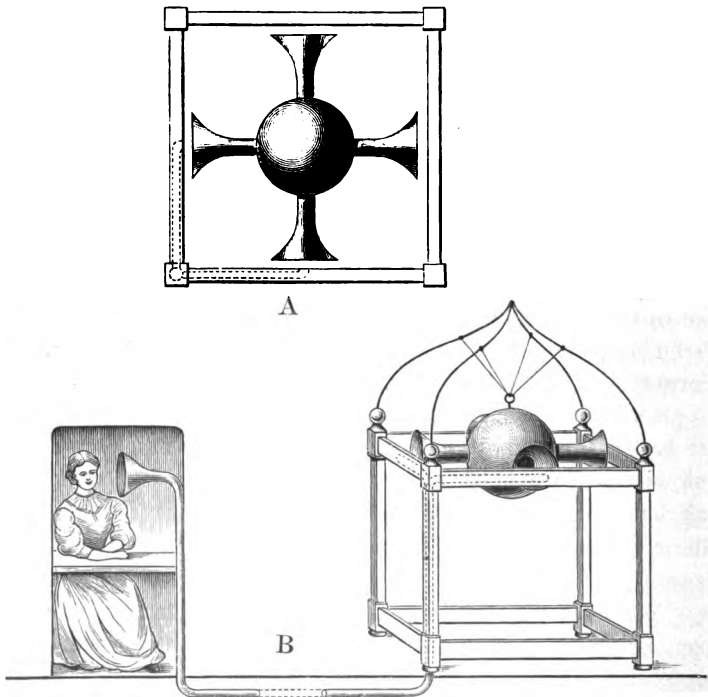


Fig. 41. Das unsichtbare Mädchen.

Es wird wohl schwerlich irgend einer unserer Leser die Absicht haben, sich solch einen Apparat zu bauen; allein nicht darum, sondern um zu zeigen, wie leicht überhaupt Täuschungen möglich sind, wurde das Geschichtchen ausführlich erzählt und durch Zeichnungen erläutert. Viel leichter ist es, eine Statue sprechen zu

lassen, indem man eine Rohrleitung von etwa 2 bis 3 cm Durchmesser aus Blech von einem abseits gelegenen Zimmer heran und in unsichtbarer Weise in der Figur empor bis zum Munde führt. Eine Gipsstatue freilich läßt sich schwer durchbohren, aber man kann zu dem Versuch ja auch einen Weihnachtsmann nehmen, dessen faltige Kleidung das Rohr gut verbirgt und dessen härtiger Mund die etwas undeutliche Sprache durch das Schallrohr nur natürlich erscheinen läßt.

Der Bauchredner. Von allen unseren Sinnen läßt sich kaum einer so leicht täuschen, wie das Gehör. Wer schon einmal einen Bauchredner gehört hat, weiß, daß dieser es in der Gewalt hat, seiner Stimme eine Klangfarbe zu geben, als käme sie aus einem anderen Zimmer, von der Straße, aus dem Ofenloch oder dem Keller. Wer aber glaubt, der Mann rede wirklich mit dem Bauche, unterliegt einer doppelten Täuschung. Er gebraucht zum Sprechen seinen Mund wie andere Menschenkinder auch und seine Kunst besteht zum größten Teil in der Erweckung und Inanspruchnahme unserer Einbildungskraft. Wer hat nicht schon einmal versucht, Tierstimmen zu imitieren oder mit mehr oder minder Geschick jemand nachzuahmen, der ein Stück Holz durchsägt. Wer das Geräusch mit dem Munde etwa in einem Nebenzimmer gut nachahmt, gegen das Ende etwas langsamer sägt, wie es die Handwerker zu tun pflegen und dann ein Stück Holz auf den Fußboden fallen läßt, kann gewiß sein, die beabsichtigte Täuschung hervorgerufen zu haben.

Ein gewisser Savile Carrey soll das Pfeifen des Luftzuges durch eine Ritze täuschend nachgeahmt haben. In dem Kaffeehaus, in dem er sich den Scherz machte, sah er — so wird berichtet — ein paar Leute aufstehen, um zu prüfen, ob eines der Fenster etwa nicht recht schließe, andere knöpften sich den Rock zu und setzten den Hut auf, weil sie die schädliche Wirkung des Luftzuges fühlten.

In der Oper „Der Trompeter von Säckingen“ hat der Darsteller des Werner im Vorspiele auf dem Piston zu blasen und

zwar soll er dies mit großer Meisterschaft tun. Es müßte nun ein großer Zufall sein, wenn der gute Sänger auch zugleich ein ausgezeichnete Pistonvirtuose wäre. In der Tat bläst auch nicht er, sondern ein hervorragender Musiker, der nicht weit von ihm in der Kulisse steht. Und doch ist die Täuschung eine vollkommene, besonders wenn es der Darsteller nicht vergißt, die Trompete zur rechten Zeit an den Mund zu bringen und wenn er auch sonst darauf achtet, einige Eigentümlichkeiten der Bläser, z. B. das Anheben der Trompete bei hohen und schmetternden Tönen, nachzuahmen. Ein einziger Fehler natürlich, vielleicht eine Fanfare, ehe die Trompete sich am Munde befindet, und mit der Illusion ist es vorbei. Noch überraschender erschienen dem Verfasser des Buches zwei akustische Täuschungen in Meyerbeers Oper „Der Prophet“. Es handelte sich um einen Hirten, der ganz im Hintergrunde der Bühne eine Schalmel spielt. Der Darsteller führte das Ansetzen des Instrumentes sowie die charakteristischen Bewegungen sehr geschickt aus, so daß man durchaus den Eindruck hatte, er bläse wirklich. Und doch war es ein Musiker unten im Orchesterraum, also 15 m oder mehr noch von dem Hirten entfernt. Immerhin bezog sich hier die Täuschung doch nur auf die Verlegung der Schallquelle nach dem Hintergrunde, da Hirt und Musiker, vom Hörer aus gesehen, sich fast in derselben Richtung befanden. Die zweite Täuschung war jedoch eine Richtungs-täuschung. Dem Verfasser war bekannt, wo im Bühnenraum sich die große Orgel befand, nämlich vom Zuschauer aus im Hintergrunde links. Diese Orgel spielte bei der Krönungsfeierlichkeit in der Kathedrale, aber nun hörte man ihre vollen, ergreifenden Töne ganz unzweideutig von rechts oben aus dem Vordergrund kommen. Dort nämlich befand sich die gemalte Orgel.

Alles dies und endlich eine genaue Beobachtung der Bauchredner selbst zeigt, daß die Einbildungskraft und zum kleineren Teile nur die Kunst es ist, welche die Täuschung hervorbringt. Die Phantasie wird gefesselt und ist im Banne des Vorganges nur zu bereit, der Absicht des Künstlers entgegenzukommen. Er muß nur auch ein guter Schauspieler sein. Mitten in einer Ge-

gesellschaft sitzend, an einem mit einem Tischtuch bedeckten Tisch, darf man nur das Tuch aufheben und knurren wie ein Hund, so werden die Gäste sicher unruhig werden und glauben, es liege ein vierbeiniger Gast unter dem Tische. Wollte man zuerst bellen und dann das Tischtuch aufheben, so wäre die Aufmerksamkeit der Gesellschaft noch nicht dahin gerichtet, wohin man sie haben will. Man würde lachen und fragen: „Was fällt Ihnen denn ein, warum bellen Sie wie ein Hund?“

So wird eine anscheinend schwere, nur besonders organisierten Menschen zuteil gewordene Kunst verhältnismäßig leicht nachgeahmt, besonders bei schon vorhandener Geschicklichkeit in der akustischen Imitation bekannter Vorgänge. Immer ist es der Mund, der die Töne hervorbringt, und wenn man einmal darauf achtet, so bemerkt man auch, daß der Bauchredner stets, wie unbeabsichtigt, seinen Mund verbirgt oder doch nur die eine Seite seines Gesichtes sehen läßt, da er dann, was schon allein seiner Stimme einen fremden Klang verleiht, mit halb geöffnetem Munde sprechen kann.

Diese wenigen Andeutungen werden unsere Leser vielleicht zu einem Versuch ermuntern, dessen Gelingen ihnen gewiß Freude macht. Wie weit übrigens die Täuschung getrieben werden kann, möge hier mit Zimmermanns Worten wiedergegeben sein:

„Ein gewisser St. Gille, Gewürzkrämer in St. Germain en Laye, von dessen bauchrednerischen Leistungen Abbé de la Chapelle Nachricht gegeben hat, flüchtete vor dem Ungemach eines losbrechenden Gewitters in ein nahe gelegenes Kloster, dessen Mönche er in tiefer Trauer fand wegen des Verlustes eines geliebten und sehr geehrten Mitbruders. Am Grabe des Hingeschiedenen, die geringe Auszeichnung beklagend, welche sie seinem Andenken gewähren konnten, hörten sie plötzlich von dem Chore herab eine Stimme ertönen, welche den Zustand eines Verstorbenen im Fegefeuer schilderte und sich über den Mangel an Eifer der Bruderschaft in den Religionsübungen beklagte.

Die Kunde von diesem übernatürlichen Ereignis versammelte alle Mönche in der Kirche, die Stimme von oben wiederholte ihre

Klagen und Vorwürfe, und der ganze Konvent fiel nieder auf das Antlitz, die begangenen Fehler bereuend. (Die Geschichte spielt vor hundert Jahren.) Um wieder gut zu machen, was verdorben war, begannen sie sogleich mit tiefer Stimme ein *de profundis* zu singen, da dann während der Pause der Geist seine Zufriedenheit mit den frommen Leistungen äußerte. Der Prior eiferte dann gegen die Zweifelsucht seiner Tage und fand in dem Vorfall den schlagendsten Beweis für die Wahrheit der Geistererscheinungen, und St. Gille hatte die größte Mühe, die Bruderschaft von dem ihr gespielten Betruge zu überzeugen.

Bei einer anderen Gelegenheit begab sich eine von der Akademie der Wissenschaften zu Paris ernannte Kommission, begleitet von Personen des höchsten Ranges, nach St. Germain, um Zeuge von St. Gilles Leistungen zu sein. Der eigentliche Zweck dieses Besuches wurde absichtlich einer Dame, welche daran teilnahm, verschwiegen; man sagte ihr, es habe sich vor kurzem ein Luftgeist in der Nachbarschaft eingefunden, und die Gesellschaft wolle untersuchen, was an der Sache sei. Als man sich im Freien zu einem Mittagmahle niedergelassen hatte, redete der Geist die Dame mit einer Stimme an, die über ihrem Kopf, von der Oberfläche des Bodens, aus großer Entfernung, oder aus bedeutender Tiefe unter ihren Füßen heraufkam. Da die Dame in Zwischenräumen zwei Stunden lang angerebet worden, so glaubte sie fest an das Dasein des Geistes und konnte nur sehr schwer von dem Betruge überzeugt werden.“

Auf dem Theater befinden sich die Vorrichtungen zur Erzeugung akustischer Phänomene in den weitaus meisten Fällen nicht da, wo man sie vermutet. Auch sind sie meist erstaunlich einfach, ja man möchte sagen primitiv. Einige derselben kann man in verkleinertem Maßstabe leicht nachbauen. Handelt es sich z. B. um die Nachahmung des Regens oder des Hagels, so fertigt man sich eine Röhre von Pappe, etwa 3 bis 4 m lang von 8 bis 10 cm lichter Weite. In diese leimt man, was allerdings nicht ganz leicht ist, je nach ihrer Länge, vier bis sechs Scheiben ein, die das Rohr ganz ausfüllen und nur auf einer Seite

so viel Raum übrig lassen, daß Erbsen hindurchfallen können, ohne sich selbst den Weg zu versperren. Die Scheiben müssen etwas schräg gestellt werden, damit die darauffallenden Erbsen leicht herabrollen, auch müssen die Öffnungen der Pappscheiben einander wechselseitig gegenüberstehen. Wenn man eine Hand voll Erbsen, natürlich ganz trockene, in die senkrecht aufgestellte Röhre bringt, so werden sie von Scheibe zu Scheibe fallen und ihr Geräusch wird dem des auf die Fensterbretter schlagenden Regens täuschend ähnlich sein. Soll der Regen lange andauern, so sammelt man die herabgefallenen Erbsen in einem Korbe und füllt davon oben wieder nach.

Nimmt man statt der Erbsen Schrot, so wird der Hagel auf das Vollkommenste nachgeahmt.

Es ist jedoch ein Irrtum, wenn man annimmt, der Donner würde auf dem Theater durch Schütteln einer großen Eisenblechplatte dargestellt. Auf großen Bühnen mit moderner Einrichtung wenigstens geschieht das nicht mehr. Man spannt eine große Kalbshaut stramm über einen großen Behälter von Zinkblech und bearbeitet diese in sachgemäßer Weise mit Klöppeln. Um den Donner nachrollen zu lassen, sind oberhalb des Trommelfelles und dasselbe leise berührend, eine Anzahl von Metallkugeln aufgehängt, die nach dem Schlage auf und nieder springen und das Fell noch eine Weile polternd bearbeiten. Das Knattern des einschlagenden Blizes wird durch große hölzerne Knarren hervorgerufen. Um unsere wißbegierigen Leser zu befriedigen, wollen wir auch noch kurz andeuten, wie das Heulen und Sausen des Windes zu stande kommt. Eine große hölzerne Trommel aus rauhen Latten wird von einem Arbeiter umgedreht; über die Lattenwalze läuft ein breites Band aus Segeltuch, das durch eine einfache Vorrichtung mehr oder weniger straff angespannt werden kann. Das Geräusch der Walze an dem Tuche ist durchaus dasjenige des Windes an vorspringenden Gegenständen. Je schneller die Walze sich dreht und je straffer das Tuch angespannt wird, desto mehr geht der Ton von einem dumpfen Brausen in ein lautes schrilles Pfeifen über, das an Natürlichkeit gar nichts mehr zu wünschen übrig läßt.

Wir selbst können auch ohne kostspielige Vorrichtungen das Pfeifen des Windes nachahmen, wenn wir ein Lineal an einen Bindfaden und diesen an einen Stab binden, um dessen runden Kopf sich die Fadenschlinge leicht dreht. Sowie wir nun, den Stab in der Hand, das Lineal im Kreise herumschwenken, hört man ein Säusen und Heulen, das wirklich täuschend ist. Aber werden wir denn wirklich getäuscht und handelt es sich hier in der Tat um eine Nachahmung? Wir glauben kaum. Denn ob die Luft in heftiger Bewegung sich pfeifend an einer Kante spaltet oder ob diese Kante (nämlich die des Lineales) die Luft unter starker Lautwirkung durchstreicht, das bleibt sich doch wohl gleich.

Der Kreisel als akustisches Instrument. Man hat den Kreisel mit Fug und Recht als einen der ausgiebigsten Demonstrationsapparate bezeichnet. Wir lernten ihn bereits kennen, als er uns zum Beweise der Erhaltung der Umdrehungsachse eines Körpers diente (Seite 38), und selbst die Entstehung der Jahreszeiten konnte mit seiner Hilfe nachgewiesen werden (Seite 42). Nun ersetzt er uns zu akustischen Versuchen einen ziemlich teuren Apparat, die sogenannte Schwungmaschine, eine Vorrichtung zur Erzeugung schneller Umdrehungen, ja er übertrifft die von Hand gedrehten Maschinen noch wesentlich an Gleichmäßigkeit der Rotation. Dieser Kreisel ist jedoch wesentlich anders beschaffen als die zu Spielzwecken käuflichen, aber für unsere Zwecke so wichtig, daß es sich auf alle Fälle lohnt, ihn anfertigen zu lassen. Bei Berücksichtigung unserer Angaben dürfte die Sparkasse nicht allzu sehr in Anspruch genommen werden.

Der Kreisel wird bei einem Metalldreher in Bestellung gegeben und besteht eigentlich nur aus einer schweren Scheibe von Metall und einer Achse. Eine Ansicht zeigt Fig. 42 A. Die Achse sollte aus Messing angefertigt werden bis auf eine kleine, etwas abgerundete Spitze aus Stahl, die am unteren Ende der Achse haltbar eingeschraubt ist. Auf einem wulstigen Vorsprung *a* der Achse ruht die Scheibe, deren Hauptgewicht auf den Rand kommen muß. Blei wäre für sie ein passendes Material, wenn es sich

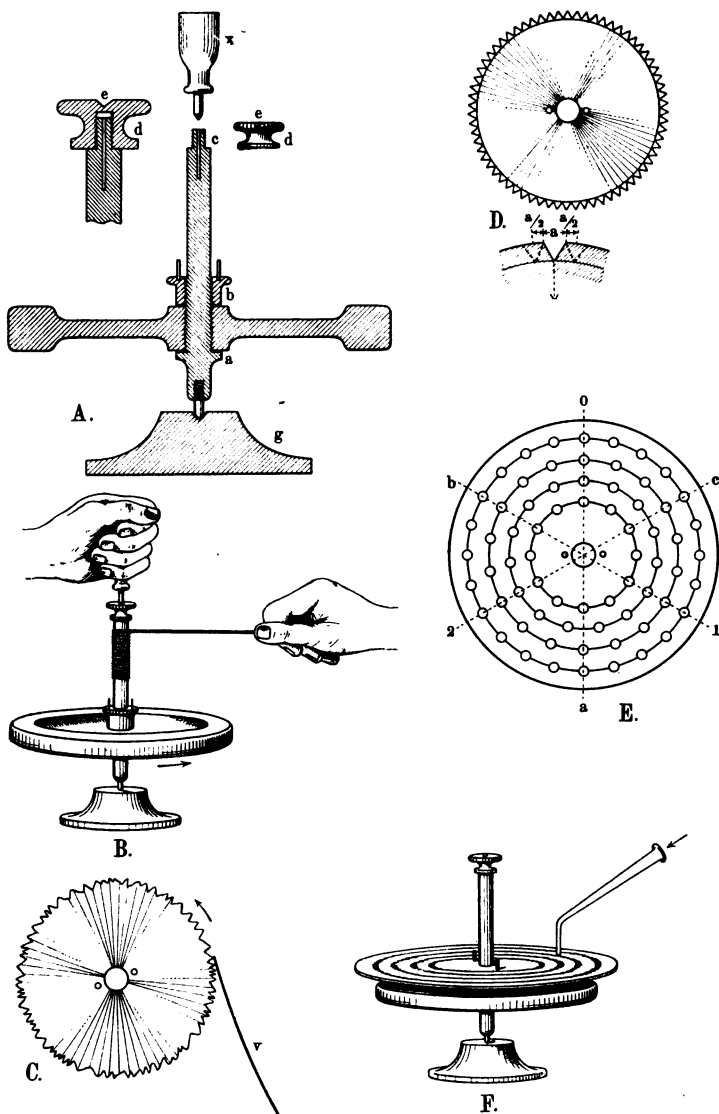


Fig. 42. Der musikalische Kreisels.

nicht auf der Drehbank so schlecht bearbeiten ließe. Messing muß nach einem Modell gegossen werden, was den Apparat sehr verteuert. Am ehesten eignet sich noch das den Maschinenbauern bekannte Lager- oder Weißmetall, eine Komposition aus Blei, Zinn, Kupfer und Antimon. Es ist verhältnismäßig billig und läßt sich so leicht bearbeiten, daß man bei der Gußform auf die genaue Gestalt der Scheibe nicht Rücksicht zu nehmen braucht. Jedes trockene, runde Brett mit einem Blech- oder Lehmrand, etwa ein Drittel höher, als die Scheibe an ihrer dicksten Stelle werden soll und auch von etwas größerem Durchmesser, kann als Form dienen. Der Dreher, dem man am besten auch den Guß überläßt, arbeitet dann schon auf der Bank mit leichter Mühe die richtige Gestalt heraus. Soweit die Achse durch die Scheibe hindurchgeht, und auch noch etwas darüber, ist sie mit einem Gewinde versehen, auf das von oben her die Messingmutter *b* aufgeschraubt wird. Sie hält die Scheibe fest und muß ein- für allemal stark angezogen werden. Auf ihrer oberen Fläche werden zwei Stiftden eingeschraubt, die später dazu dienen sollen, an den entsprechenden Stellen gelochte Scheiben festzuhalten und mitzunehmen. Oberhalb der Mutter ist die Achse auf 5 cm Länge glatt, dann folgt ein kleiner Absatz *c* und oberhalb desselben abermals ein Gewinde. Auf dieses Gewinde paßt der Schraubentopf *d*, jedoch ist er einige Millimeter höher als das Gewinde und nicht ganz durchbohrt, so daß er oben noch, genau in der Mitte, eine kleine Vertiefung, den sogenannten „Körner“ *e* erhalten kann. Links neben der Hauptfigur ist das obere Ende der Achse noch einmal in vergrößertem Maßstabe dargestellt. Auf alle Fälle und für spätere Versuche ist es gut, von oben her in die Achse ein Loch bohren zu lassen etwa 2 bis 3 cm tief und 2 bis 3 mm stark. Der Kreisel läuft nicht auf dem Tisch, sondern auf einem besonderen Untersatz *g* aus hartem Holz, der an seiner unteren Fläche, damit er nicht rutscht, mit rauhem Tuch beklebt wird. Auf seiner oberen Fläche erhält er eine kleine abgerundete Vertiefung, in welche die Kreiselspitze eingesetzt wird. Um den Kreisel aufziehen zu können, ist erforderlich, daß er auch an dem

freien Ende seiner Achse gehalten wird, ohne aber seine Bewegung zu hindern. Dies geschieht am besten durch den mit einer eisernen oder besser stählernen Spitze versehenen Holzhandgriff *f*, der fest in den schon erwähnten oberen Körner eingesetzt wird. Um die Achse schlingt man die Schnur. Die Ansichtszeichnung B erläutert, wie der Kreisel aufgezogen wird. Es ist selbstverständlich, daß man seine Achse dabei so senkrecht als möglich stellt. Erhält der Holzfuß, um die Reibung zu vermindern, ein kleines Messingplättchen mit einem Körner für die Achsen Spitze, so kann man gewiß sein, daß der Kreisel einige Minuten lang läuft. Man achte aber wohl darauf, daß der Kreisel, wenn er abgezogen wird, links herum läuft, da andernfalls die obere Schraubenfordel in Gefahr kommt, sich abzdrehen.

Für unsere akustischen Versuche mit dem Kreisel brauchen wir nur wenig Borrichtungen. Es handelt sich vorzugsweise darum, einige Scheiben anzufertigen, die auf den Kreisel gesetzt werden können, so zwar, daß ein Loch in ihrer Mitte die Achse und zwei andere kleinere Löcher rechts und links davon die Haltestiftchen aufnehmen können. Die Scheiben ruhen dann sicher genug auf der oberen Fläche der Schraubenmutter. Daß man zum Aufstecken der Scheiben die obere Kordel erst abdrehen muß, versteht sich wohl von selbst. Als Material für die ersten beiden Scheiben, deren Durchmesser etwas geringer sein kann als der des Kreifels, wählen wir dünnes Weiß- oder Messingblech, das sich noch mit der Schere ausschneiden läßt. Beide Scheiben erhalten an ihrem Umfange eine Reihe von Zähnen, und zwar die eine C (Fig. 42) so unregelmäßig als nur möglich, die andere in ganz gleicher Größe und in genau gleichen Abständen voneinander, also so regelmäßig als irgend angängig. Mit der Herstellung der unregelmäßigen Zähne hat es keine Not, man klemmt die Scheibe, sie dann von Zeit zu Zeit weiterdrehend, in einen Schraubstock ein und feilt aus dem Umfange, ohne sich weiter Mühe zu geben, Stücke heraus. Die Zähne bleiben stehen. Man hat nur darauf zu achten, daß nicht ein Zahn kürzer wird als der andere, sie mithin alle bis an den Rand reichen. Mit der Herstellung der regelmäßigen Zähnen

sieht es schlimmer aus, man lasse sich aber durch einen mißlungenen Versuch nicht abschrecken, sie auszuheilen. Am besten verfährt man folgendermaßen: Durch einen zweiten Kreis, der von dem ersten einen Abstand von 2 bis 3 mm haben kann, deutet man an, wie tief die Einschnitte werden sollen. Dann feilt man mit einer Dreikantfeile den Rand bis auf den inneren Kreis ein, wobei man jedoch sehr genau darauf zu achten hat, daß die feilende Kante genau auf das Zentrum des Kreises gerichtet bleibt. Die obere Weite des Ausschnittes ist dann offenbar eine Zahn-
 lücke oder gleich dem Abstände zweier Zahnspitzen voneinander (*a*, Fig. 42 D). Die Hälfte dieses Abstandes, nach rechts und links aufgetragen, giebt dann die Stellen an, wo die Feile einsetzen muß, um zwei weitere Ausschnitte und damit zwei fertige Zähne zu erzeugen. Fährt man so fort, wobei man die Strecke $\frac{1}{2}$ ein- für allemal fest im Zirkel behält, so wird man ohne allzu große Mühe ein recht gutes Zahnrad erhalten. Ein sehr großer Zufall müßte es allerdings sein, wenn der doch willkürlich gewählte Zahnabstand im Umfange gerade aufginge. Ist dies nicht der Fall und wird der letzte Zahn etwas zu groß oder zu klein, so mache man sich darüber keine Sorgen, ein Fehler auf dem ganzen Umfange macht die Scheibe nicht unbrauchbar.

Wir waren bereits (auf Seite 125) miteinander übereingekommen, daß ein Anstoß des Trommelfelles eine Schallempfindung hervorrufe. Schlagen wir mit dem Fingernagel knispfend gegen eine Visitenkarte, so erhält zunächst die Luft einen Anstoß, dieser Anstoß pflanzt sich bis zum Ohre fort und wir hören den Schlag. Schlagen wir mehrere Male gegen die Karte, so entsteht eine Reihenfolge von Stößen, die man leicht zählen kann; auch das Ohr zählt sie, denn es hört sie einzeln. Wir können aber mit Hilfe unserer Zahnräder die Karte mit einer Geschwindigkeit anschlagen, daß uns das Mitzählen vergehen soll. Dazu setzen wir unsere Scheibe C (mit den unregelmäßigen Zähnen) auf den Kreisel und treiben ihn stark an. Halten wir dann die Visitenkarte *v* mit leichter Neigung und unter sanftem Druck gegen die schnell laufenden Zähne, so

wird sie von ihnen in rascher Folge angeschlagen, aber das Ohr hört keine einzelnen Schläge mehr, mit anderen Worten, es hat das Zählen aufgegeben. Trotzdem hat es eine Schallempfindung und zwar gar keine angenehme. Das klingt ganz abstoßend, mißtönend und ist ein unerquickliches Geräusch.

Nun stecken wir die zweite Scheibe (D) auf und wiederholen dasselbe Experiment. Wieder empfängt unser Ohr eine Reihenfolge von Anstößen. Aber wie ganz anders ist nun die Schallempfindung. Das mißtönige Geräusch ist verschwunden und an seine Stelle ist etwas getreten, das wir nicht zögern werden, einen musikalischen Ton zu nennen. Durch dieses einfache Doppelexperiment haben wir den physikalischen Unterschied zwischen Geräusch und Musik ergründet. „Geräusch“ entsteht durch eine unregelmäßige, ein „Ton“ durch eine regelmäßige Reihenfolge von Stößen auf unser Trommelfell. Aber noch eine andere Erscheinung ist dem aufmerksamen Beobachter nicht entgangen. Durch die Reibung der Karte an der Zahnradscheibe nahm die Geschwindigkeit des Kreisels schnell ab und mit ihr auch die Höhe des Tones, er ging von pfeifender Höhe herab zu einem tiefen Brummen. Während also die Tonbildung überhaupt mit der Regelmäßigkeit der Stöße zusammenhängt, richtet sich die Tonhöhe nach der Anzahl derselben, und zwar nimmt die Tonhöhe mit zunehmender Stoßzahl ebenfalls zu.

Es wird unsere Leser sicherlich interessieren, zu erfahren, bei welcher Stoßzahl die Empfindung einer schnellen Reihenfolge einzelner Stöße in diejenige eines Tones — der dann natürlich ein ganz tiefer Baßton ist — übergeht. Man hat darüber vielfach Versuche angestellt, aber zunächst einmal gefunden, daß nicht jedes Ohr die gleichen Empfindungen hat. Im allgemeinen kann man aber sagen, daß bei 16 Stößen in der Sekunde sich aus den ineinander übergehenden Stößen bereits ein tiefer Ton bildet. Mit steigender Stoßzahl steigt dann auch die Tonhöhe. Bei 435 Stößen entsteht ein in der Musik wichtiger Ton, das *a*, nach dem die Instrumente gestimmt werden. Auf der Violine gibt die zweitdünnste Saite diesen Ton, sie schwingt also so, daß sie in jeder Sekunde der

Luft und dem Ohre 435 Stöße erteilt. Jeder Körper, der diese Eigenschaft hat, gibt den Ton a.

Ganz erstaunlich ist die Stoßzahl, die vom Ohr als Ton noch empfunden werden kann. Töne mit einigen 20 000 Stößen in einer einzigen Sekunde werden noch gehört, aber sie klingen nicht nur ungemein hoch, sondern auch sehr schwach und werden daher in der Musik nicht verwendet. Der höchste Ton auf unseren Klavieren kommt von einer Saite, die etwa 5000 mal in der Sekunde hin und her schwingt. Auch hinsichtlich der oberen Grenze der Hörfähigkeit verhalten sich die Ohren verschieden. Manche Personen werden noch höhere Töne als die angedeuteten vernehmen, kaum irgend jemand aber wird wohl einen aus mehr als 35 000 Stößen gebildeten Ton noch hören können. Daß es möglich ist, noch mehr Stöße zu erzeugen, beweisen Vorrichtungen, die in dieser Hinsicht empfindlicher sind als unser Ohr und ihre Abhängigkeit von Tönen zeigen, die für das Ohr nicht mehr vorhanden sind.

Doch die Wunder unseres akustischen Kreifels sind noch keineswegs erschöpft. Er kann auch eine ganze Reihenfolge harmonischer Töne, Tonleitern, Akkorde produzieren, ja eine Melodie können wir bei einigem Geschick auf ihm spielen. Dazu müssen wir uns freilich entschließen, eine neue Scheibe anzufertigen, etwas größer im Durchmesser als der Kreisel und mit vier Reihen von Löchern versehen. Zwar sieht eine Scheibe aus Metall sehr elegant aus, steife, nicht zu dicke Kartonpappe genügt aber für den Zweck schließlich auch. Die vier Lochreihen sind, wie es die Abbildung E der Fig. 42 zeigt, gleich weit voneinander entfernt. Die innerste Reihe enthält 12, die zweite 15, die dritte 18 und die äußerste 24 Löcher in gleichen Abständen voneinander. Die Einteilung, welche auf den ersten Blick etwas kompliziert erscheint, wird wesentlich vereinfacht durch eine kurze Überlegung. Zunächst ist es einmal sehr leicht, den äußersten Kreis in sechs gleiche Teile einzuteilen, da der Radius, mit dem man den Kreis schlug, fast genau sechsmal in dem Umfang aufgeht. Die drei Teilpunkte des einen Halbkreises liegen dabei denen des anderen Halbkreises genau gegenüber,

so daß man sie, wie es auch in der Figur geschehen ist, über das Zentrum hinweg durch gerade Linien verbinden kann. Bei Betrachtung der Figur sieht man dann weiter, daß auf den mit 0, 1 und 2 bezeichneten Radien von jeder Reihe ein Loch liegt. Diese Löcher trage man zunächst mit einem Zirkel auf. In der Verlängerung der Linien, also auf den Radien a , b und c , liegen Löcher der innersten dritten und äußersten Reihe. Auch diese Löcher werden markiert. Teilt man weiter die Strecke zwischen zwei aufeinander folgenden Radien auf der innersten Reihe in zwei, auf der dritten in drei und auf der äußersten in vier Teile ein, so hat man alle Punkte gefunden mit Ausnahme derjenigen auf der zweiten Reihe. Hier muß man die Strecke zwischen zwei Radien, also etwa zwischen 0 und 1, in fünf Teile teilen. Wenn wir noch bemerken, daß nur die eine Scheibenhälfte eingeteilt zu werden braucht und man die entsprechenden Punkte auf der anderen durch Herüberziehen von geraden Linien durch das Zentrum finden kann, so werden unsere Leser zugeben, daß die Aufgabe gar nicht so schwer war, wie sie aussah.

Die Löcher selbst sticht man nicht mit einem spigen Gegenstande, was die Ränder aufwerfen würde, sondern stanzt sie auf verhältnismäßig einfache Art aus. Ein Messingrohr, das denselben Durchmesser hat wie die Löcher, also etwa 2 bis 3 mm, wird durch einige Feilenstriche an seinem unteren Rande zugespitzt, so daß dieser eine ziemlich flache Schneide bildet. Man legt dann das Kartonblatt auf ein flaches Stück harten Holzes, etwa auf ein Küchbrett, setzt das Röhrchen mit seiner Schneide auf und treibt es mit einem kurzen Hammerschlag durch die Pappe hindurch. Die Ausschnitte sammeln sich in dem Röhrchen und müssen von Zeit zu Zeit mit einem Draht herausgestoßen werden. Markiert man die Stellen für die Löcher nur mit Punkten, so ist es schwer, das Röhrchen auf die richtige Stelle zu setzen, da es den Punkt verdeckt. Man schlägt daher mit dem Zirkel einen Kreis etwas größer, als das Loch werden soll und setzt das Röhrchen in ihn hinein. Die Scheibe selbst bewahrt man in einem Buche auf, da sie dann stets glatt gespannt bleibt.

Mit Hilfe der Lochscheibe kann man ebenfalls der Luft regelmäßig folgende Anstöße erteilen. Bläst man nämlich einen Luftstrahl gegen eine sich drehende Lochreihe, so wird nacheinander die Luft bald hindurchgelassen, bald aufgehalten, es entstehen Stöße und mithin ein Ton. Die Höhe des Tones hängt wiederum von der Anzahl der Stöße ab, also von der Umdrehungsgeschwindigkeit des Kreises ebenso wie von der Anzahl der Löcher. Dreht sich der Kreis sechs mal in der Sekunde um, so ergibt die innerste Reihe z. B. $6 \times 12 = 72$ Luftstöße, die zweite $6 \times 15 = 90$, die dritte $6 \times 18 = 108$ und die äußerste Reihe $6 \times 24 = 144$ Luftstöße. Zum Anblasen ist es bequem, sich aus einer Glasröhre eine Vorrichtung zu biegen, wie sie auf Abbildung F (Fig. 42) gezeichnet ist.

Setzt man den Kreis sehr rasch in Betrieb und bläst, von der innersten anfangend, die Reihen nacheinander an, so hört man in aufsteigender Folge vier Töne, die in ihrer Zusammenstellung außerordentlich angenehm klingen und sehr bekannt anmuten. Es sind die reinen Töne eines Durdreiklanges, die man als Grundton, große Terz, reine Quinte (und Oktave) zu bezeichnen pflegt. Woher aber dieser wohlthätige Eindruck auf das Ohr? War es bei einem einfachen Ton die geregelte Folge von Luftstößen, welche gegenüber dem wüsten Durcheinander beim Geräusch so angenehm berührte, so ist es hier das einfach geregelte Verhältnis der Stoßzahlen zueinander. Durch wieviel Stöße auch immer der Grundton zufällig entstanden sein mag (was allein auf seine Höhe einen Einfluß ausübt), immer verhalten sich die Stoßzahlen zueinander wie die Anzahl der Löcher in den Reihen, also wie 12 zu 15 zu 18 zu 24 oder, wenn man die Zahlenreihe durch 3 hebt, wie 4 zu 5 zu 6 zu 8. Einfacher und darum vollkommener kann das Zahlenverhältnis wohl nicht sein; in Bezug auf das Ohr ist es jedenfalls das denkbar harmonischste.

Sofort sind wir nun in der Lage, die Stoßzahlen einiger Töne zu bestimmen. Der Kammerton *a* hat, wie bereits erwähnt wurde, 435 Stöße, der Durdreiklang, welcher sich über ihm aufbaut (der *A*-Dur-Dreiklang), heißt *a*, *cis*, *e*, *a'*. Da die Stoßzahl der großen Terz *cis* zu ihrem Grundton im Verhältnis von 5

zu 4 stehen soll, so braucht man nur 435 mit $\frac{5}{4}$ zu multiplizieren, um 543,75, die Stoßzahl von cis, zu erhalten. Ebenso findet man für die reine Quinte e aus $435 \times \frac{6}{4}$ oder $\times \frac{3}{2}$ die Zahl 652,5 und am leichtesten die Oktave als das Doppelte des Grundtones zu 870 Luftstößen.

Man hat alle Instrumente, die wie unser Fahrrad oder die Lochscheibe geeignet sind, musikalische Töne hervorzurufen, „Sirenen“ genannt, obgleich man kaum annehmen darf, daß irgend ein abenteuerlicher Seefahrer geneigt wäre, wegen dieser Töne sein sicheres Boot zu verlassen und an das verderbliche Land zu gehen.

Aber unsere Lochsirene kann auch einen Akkord, d. h. alle Töne des Dreiklages zugleich hervorbringen. Dazu ist dann eine BlasoVorrichtung mit vier Öffnungen nötig, von denen jede über eine Lochreihe zu stehen kommt. Man verfertigt sie leicht aus einem an einem Ende geschlossenen Messingröhrchen, an das senkrecht man die Blasröhrchen in den gehörigen Entfernungen voneinander durch Verlötung ansetzt. Auf das offene Ende der kammartigen Vorrichtung wird dann zum Anblasen ein Gummischlauch geschoben. Mit abnehmender Umdrehungsgeschwindigkeit nimmt auch die Höhe der vier Töne ab, immer aber hört man einen Durakkord, denn ihr Verhältnis zueinander bleibt stets dasselbe.

Mit Hilfe des Durakkordverhältnisses können auch die Stoßzahlenverhältnisse für jene Reihe von Tönen abgeleitet werden, welche man Tonleiter nennt und von denen die des Durdreiklages bereits bekannt sind. Soll die Lochsirene alle Töne einer Tonleiter geben, dann muß sie natürlich ebenso viel Lochreihen wie diese Töne enthalten, d. h. einschließlich der Oktave acht. Für Leser, die Lust haben, sich eine Tonleitersirene, auf der man dann natürlich nicht nur Tonleitern, sondern auch ganze Melodien blasen kann, anzufertigen, sei hier die Anzahl der Löcher in den Reihen von innen nach außen angegeben. Um keinen zu tiefen Grundton zu haben, beginnt man lieber mit mehr als 12 Löchern, sagen wir mit 24.

Erste Reihe 24 Böcher, zweite 27, dritte 30, vierte 32, fünfte 36, sechste 40, siebente 45, achte 48. Man erkennt auch hier wieder an dem Grundton, der Terz, Quinte und Oktave das Verhältnis 4 zu 5 zu 6 zu 8.

Nach diesen Versuchen putzen wir unseren Kreisel sauber ab und stellen ihn in den Schrank, wo wir ihn zu einigen optischen Experimenten wieder hervorholen werden.

Tönende Luftsäulen. Jeder Körper vermag einen Ton zu geben, wenn er regelmäßig in irgend einer Form schwingt. Die Tonhöhe ist dabei allein von der Schwingungszahl abhängig. Es ist oft ergötzlich zu bemerken, welche Gegenstände unter dieser Voraussetzung zu musikalischen Instrumenten werden können. Verfasser hörte einmal in einem Zirkus einen Clown die schönsten Melodien auf senkrecht nebeneinander aufgestellten, getrockneten Macaronistangen spielen und zwar mit solcher Klangschönheit und einem so feinen musikalischen Verständnis, daß der Beifall gar kein Ende nehmen wollte. Er strich dabei die Stangen mit einem harzigen Läppchen von oben nach unten so, daß sie in Schwingung gerieten. Sie waren übrigens von sehr verschiedener Länge und man konnte bald bemerken, daß allemal die längste Stange den tiefsten Ton gab, über den der Künstler verfügte. Ja ein junger Freund, mit dem der Verfasser oft über akustische Dinge geplaudert hatte und der im Zirkus neben ihm saß, hatte noch eine andere wichtige Entdeckung gemacht, auf Grund derer er sofort beschloß, zu Hause die Harmonika des Clowns nachzubauen, wenn auch nicht aus Macaronistangen, so doch aus Lannenholzstäbchen. Und wirklich brachte er das Kunststück fertig.

Um unsere Leser an diesem Versuch auch profitieren zu lassen und um ihnen zugleich das Verständnis für diese Gruppe akustischer Erscheinungen zu erschließen, sei zunächst eine kleine Abschweifung erlaubt. Es ist bekannt, daß straff ausgespannte Saiten regelmäßige Schwingungen ausführen und daher einen musikalischen Ton hervorbringen können. Ergreift man eine solche Saite mit den Fingerspitzen bei der Mitte, zieht sie etwas zur

Seite und läßt dann los, so schwingt sie wegen ihrer Elastizität in ihre alte Lage zurück, über diese hinaus, wieder zurück und führt so eine Reihe von Schwingungen aus, ehe sie zur Ruhe kommt. Es entstehen rhythmische, regelmässige Stöße auf die Luft, die in unserem Ohr zu einem Ton verschmelzen. Aber der Ton ist sehr schwach, denn die dünne Saite drückt nicht mit einer breiten Fläche auf die Luft, sondern schneidet messerartig durch sie hindurch. Um den Ton zu verstärken, spannt man daher die Saiten über einen Holzkasten; dieser nimmt die Schwingungen auf und gibt sie mit breiter Fläche an die Luft weiter. Derartige Resonanzhöden oder -kästen findet man bei allen Saiteninstrumenten, bei den Violinen, Klavieren, Harfen u. s. w. Das Holz ist dabei bevorzugt, denn es hat die seltene Fähigkeit, mit fast allen Tönen gleich gut mitschwingen zu können, während die Metalle hauptsächlich nur mit dem Ton mitklingen, den sie beim Anschlagen selbst geben. Davon kann sich jeder Besitzer eines Klaviers überzeugen. Der Holzkasten des Instrumentes besorgt die Übertragung der Saitenschwingung auf die Außenluft und er besorgt dies vortrefflich, denn jeder Ton des Klaviers klingt laut und kräftig. Wird das rechte Pedal herabgetreten, so hebt sich die Filzdämpfung von den Saiten ab und sie haben allesamt die Möglichkeit, frei zu schwingen. Singt man dann einen Ton in das geöffnete Klavier, so klingt dieser in ihm laut und deutlich weiter. Es ist durch die Luftstöße eine Saite zum Schwingen veranlaßt worden, aber auch nur eine, gerade die, welche selbst den gesungenen Ton gibt. Alle anderen bleiben stumm. Drückt man statt des Pedales nur eine Taste herab, so wird nur eine Saite frei und dann gibt das Klavier nicht jeden beliebigen Ton wieder, sondern nur denjenigen, welcher mit dem Eigenton der freien Saite übereinstimmt. Man mache nur einmal den einfachen Versuch.

Wie schnell schwingt nun eine Saite, welchen Ton gibt sie und wie hängt dieser ab von ihrem Zustande und ihrer Beschaffenheit? Jeder Violinspieler weiß, daß der Ton um so höher ist, je straffer die Saite mit dem Wirbel angezogen wird. Aber ihre

Schwingungszahl wird auch noch von anderen Verhältnissen beeinflusst und diese interessieren uns hier ganz besonders. Jede Saite hat ein Gewicht, das auf der Wage festgestellt werden kann, eine doppelt so lange Saite von sonst gleicher Beschaffenheit natürlich das doppelte Gewicht. Es fragt sich nun, was das Gewicht mit der Schwingungszahl zu tun hat. Um uns darüber klar zu werden, machen wir ein ganz einfaches Experiment. Wir ergreifen ein Kilogewicht, ziehen es an die Brust und stoßen es dann — gleichsam mit ihm hantelnd — mit ausgestrecktem Arm nach vorn, ziehen es dann wieder bis zur Brust zurück u. s. f. Dies versuchen wir nun in gleichmäßiger Folge so schnell anzuführen, als es unsere Kräfte irgend erlauben. Wir kommen über ein gewisses Tempo nicht hinaus und können die Anzahl der etwa in der Minute erfolgten Stöße zählen. Derselbe Versuch, mit einem 2-Kilogewicht wiederholt, ergibt in derselben Zeit eine weit geringere Stoßzahl — etwa die Hälfte. Könnten wir den Versuch so anstellen, daß unsere Kraftäußerung in beiden Fällen genau dieselbe bliebe, so würde genau die Hälfte herauskommen. Unsere Leser merken schon, wo das hinaus will. Die elastischen Kräfte lassen die aus ihrer Ruhelage gebrachte Saite hin und her schwingen, sie wird um so langsamer schwingen, je schwerer, je länger sie ist, doppelt so langsam, wenn sie die doppelte Länge hat wie vorher. Mithin verhalten sich die Schwingungszahlen zueinander (und auch die der Luft von der Saite erteilten Stöße) umgekehrt wie die Längen der Saiten. Spannt man einen Draht fest auf, etwa über die Füße einer umgelegten Fußbank, teilt diesen Draht mit Kreide in zwei Hälften ein und zupft dann die Saite, so schwingen offenbar die beiden Hälften zusammen und die Saite gibt einen Ton, dessen Höhe (Schwingungszahl) von der Spannung der Saite abhängt. Hält man in der Mitte fest und zupft seitwärts, so schwingt offenbar nur die halbe Saite und zwar doppelt so schnell wie die ganze. Die Luft erhält doppelt so viel Anstöße als vorher und wieder hört man einen Ton, der offenbar nichts anderes ist, als die Oktave zu dem Grundton. Das kann uns gelehrte Leute gar nicht überraschen,

denn nach den schon früher am musikalischen Kreisels abgeleiteten Regeln verhalten sich die Stoßzahlen des Grundtones zur Oktave wie 4 zu 8 oder 1 zu 2. Sofort erinnern wir uns nun auch daran, daß die Töne des Durdreiklanges im Stoßzahlenverhältnis zueinander stehen wie 4 zu 5 zu 6 zu 8 und versuchen sofort, diese Verhältnisse auf unserem improvisierten Saiteninstrument darzustellen. Wir teilen die Saite in fünf Teile, lassen diese durch Zupfen der Saite in der Mitte tönen, halten dann auf ein Fünftel der Länge fest und zupfen die übrigen vier Teile. Da sich die Stoßzahlen wie 4 zu 5 verhalten, also umgekehrt wie die Längen, hören wir in der Tat den Grundton und den zweiten Ton des Durdreiklanges, die Terz. Wollen wir die Quinte haben, so kann nichts leichter sein. Die tönenden Saitenlängen müssen sich dabei verhalten wie 6 zu 4 oder 3 zu 2. Also Einteilung in drei Teile, erst diese tönen lassen und dann zwei von ihnen. Will man die Tonfolge des Durdreiklanges nacheinander hören, so zupft oder streicht man nicht weit von ihrem Ende erst die ganze Saite an, darauf hält man sie — vom anderen Ende her — in ein Fünftel ihrer Länge, darauf in ein Drittel und schließlich zur Hälfte fest. Der Geigenspieler verfährt genau so, wenn er auf einer Saite den Durdreiklang spielt, aber er ist sich dieser Einteilung nicht bewußt, ihn leitet die durch Übung erlangte Sicherheit und sein Gehör. Schließlich aber kann jeder Geige spielen, dem diese Verhältniszahlen für den Dreiklang und für die anderen Töne der Tonleiter — sie sind in jedem Lehrbuch der Physik verzeichnet — bekannt sind, er braucht sich das Griffbrett nur danach einzuteilen. Es wäre sogar denkbar, daß er völlig rein spielte, eines aber kann er nicht und dazu hilft ihm kein Verstand und keine Wissenschaft — schön spielen. Soll der Ton von Herzen kommen und zu Herzen gehen, dann muß nicht ein Gelehrter, sondern ein Künstler das Instrument meistern.

Wer aber unsere Wissenschaft und außerdem ein gutes Gehör besitzt, der kann zum Staunen seiner Zuschauer eine hübsche Aufgabe lösen: nämlich eine Saite in drei genau gleiche Teile

teilen, ohne Zirkel und ohne Maßstab. Das soll ihm erst jemand nachmachen.

Übrigens braucht eine Saite nicht immer gezupft, gestrichen oder geschlagen zu werden, um zu klingen, es genügt schon, sie mit einem durch Kolophonium klebrig gemachten Läppchen in der Längsrichtung zu reiben. Sie schwingt dann nicht seitwärts, sondern der Länge nach, indem sie abwechselnd länger und kürzer wird. Auch für diese Art der Schwingung, die man mit dem gelehrten Namen Longitudinalschwingung zu belegen pflegt, im Gegensatz zur anderen, der Transversalschwingung, gelten die von

uns festgestellten Zahlenverhältnisse, d. h. die halbe Saite gibt doppelt so viel Schwingungen u. s. f.

Und nun kommen wir endlich auf das appetitliche Instrument des musikalischen Clown zurück. Unser Freund hatte so gleich bemerkt, daß diejenige Macaronistange, welche den Grundton (den tiefsten des Instruments)

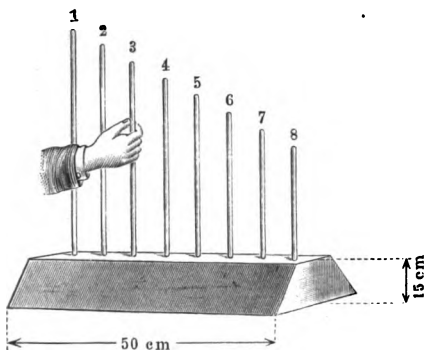


Fig. 43. Harmonika aus Holzstäben.

gab, doppelt so lang war wie diejenige, welcher die Oktave zuzam. Die Terzenstange hatte vier Fünftel, die Quintenstange zwei Drittel der Länge der Grundtonstange. Das von unserem jungen Freunde auf Grund seiner Beobachtung nachgebaute Instrument sehen unsere Leser in Fig. 43 abgebildet. Auf einem Holzkasten von etwa 50 cm Länge und 15 cm Höhe — er steht fester, wenn er abgechrägte Wände hat, doch ist diese Vorrichtung nicht unbedingt nötig — sind in gleichen Abständen und schön senkrecht acht glatte Stäbe aus Holz, am besten Lannenholz, eingeleimt. Sie können fast 1 cm stark sein. Ein Stab gibt auch die Größe aller anderen an. Man wähle — falls man den Apparat nachbauen will — den größten nicht

zu kurz, etwa 70 cm lang. Dann ist der dritte Stab (der die Terz geben soll) $\frac{70.4}{5} = 56$ cm, der fünfte (der die Quinte geben

soll) $\frac{70.2}{3} = 46,7$ cm lang und der achte (für die Oktave) halb

so groß wie der längste Stab, mithin 35 cm. Die übrigen Stäbe sollen die zwischen dem Durdreiklang liegenden anderen Töne der Tonleiter geben. Sie lassen sich wohl auch aus bestimmten Verhältniszahlen ableiten, bequemer aber nach dem Gehör abstimmen. Die Stäbe 2 und 4 erhalten angenähert die Größe der durch zwei dividierten Summe des ihnen vorangehenden und folgenden

Stabes, Stab 2 also die Länge $\frac{70 + 56}{2} = 63$ cm, Stab 4

$\frac{56 + 46,7}{2} = 51,4$ cm, Stab 6 und 7 fügen sich der Größe

nach zwischen Stab 5 und 8 ein. Man mache die Stäbe jedoch zunächst länger als nötig und stimme sie nach dem Gehör ab, indem man allmählich mit der Feile ihre Länge verringert.

Um diese eigenartige Harmonika zu spielen, bedarf es weiter keiner besonderen Vorrichtung. Es genügt, Daumen und Zeigefinger etwas anzufeuchten und, mit beiden die Stäbchen ergreifend, an ihnen mit sanftem Druck herunterzufahren. Es gehört nicht viel Übung dazu, um einen lieblich schönen Ton herauszubekommen.

Viel schöner wirkt die sogenannte Flammenharmonika oder chemische Harmonika, von der in diesem Abschnitte besonders die Rede sein sollte, nur ist sie wohl etwas schwieriger herzustellen. Man bringt in ihr nicht Saiten und nicht Stäbchen, sondern Luftsäulen zum Tönen. Streng genommen gehört also die Flammenharmonika in die Gruppe der Blasinstrumente. Der Vorgang ist ein sehr einfacher und kann jederzeit leicht in einem Experiment dargestellt werden. Man nehme eine Glasröhre, etwa 4 cm weit und 50 bis 60 cm lang, halte sie mit der linken Hand bei der Mitte und schlage mit der flachen rechten Hand auf eine der Öffnungen. Sofort wird man einen Ton hören, sehr kurz, aber doch deutlich genug, um ihn nachsingen zu können. Dieser Ton

entsteht durch Hin- und Herschwingen der durch die Röhre seitlich abgegrenzten Luftsäule. Wie sie in Schwingung gebracht wird, ist für die Höhe des Tones ziemlich gleichgültig, man kann z. B. auch über die Röhrenöffnung hinblasen wie über einen hohlen Schlüssel und wird eben denselben Ton wahrnehmen, nur daß er jetzt nicht kurz abbricht, sondern so lange andauert, als man bläst. In Schornsteinen, die ja schließlich auch nichts anderes sind als lufteinschließende Röhren, hört man bisweilen einen tiefen brummenden Ton, der aus den gleichen Ursachen entsteht — ebenfalls ein, allerdings schwacher, Versuch der Luftsäule, zu schwingen und Musik zu machen. In kleinen Verhältnissen kann man ebenso gut, ja vielleicht besser, den Nachweis führen, daß durch Flammen erwärmte Luftsäulen Tonquellen sein können. Unsere Röhre, über die wir hinbliesen, kann ohne Abänderung auch zu diesem Versuch dienen.

Ein kleines Glasröhrchen wird an seinem oberen Ende zu einer etwa 1 mm weiten Spitze ausgezogen (vergl. S. 17) und an einem Stativ, wie es Fig. 44 A zeigt, in einfachster Weise durch einen etwas steifen Kupferdraht befestigt. Wird das Röhrchen durch einen Schlauch mit einem Gasbahn verbunden, so läßt sich dieser leicht so regulieren, daß ein kleines leuchtendes Flämmchen von etwa 2 cm Höhe aus der Öffnung herausbrennt. Über dies Flämmchen stülpt man die Glasröhre, sie dabei möglichst senkrecht haltend. Sobald die Brenner Spitze sich etwa zu einem Fünftel der Länge in der Glasröhre befindet, wird die Flamme unruhig, duckt sich plötzlich etwas zusammen und in demselben Augenblick entsteht ein lauter, nicht unschöner Ton, eben derselbe wieder, der für die Röhre eigentümlich zu sein scheint. Er dauert so lange an, als das Flämmchen brennt und man die Röhre halten kann. Es ist aber nicht die Röhre, sondern wiederum die verschlossene Luftsäule, welche erwärmt in Schwingung gerät und tönt.

Was die Tonhöhe anbelangt, so hängt sie von der Länge der Röhre ab und die Stößzahlen verhalten sich umgekehrt zueinander, wie die Längenzahlen der Luftsäulen. Nimmt man daher die

Verhältniszahlen der Röhren wie 4 : 5 : 6 : 8, so werden nacheinander die Töne des Durdreiklänges hörbar werden. Man bezeichnet dann eine Zusammenstellung von Röhren, deren jede natürlich durch ein besonderes Flämmchen gespeist werden muß, als *Flammenharmonika* oder *chemische Harmonika*. Beide Bezeichnungen haben mit dem Wesen des Apparates eigentlich nichts zu tun.

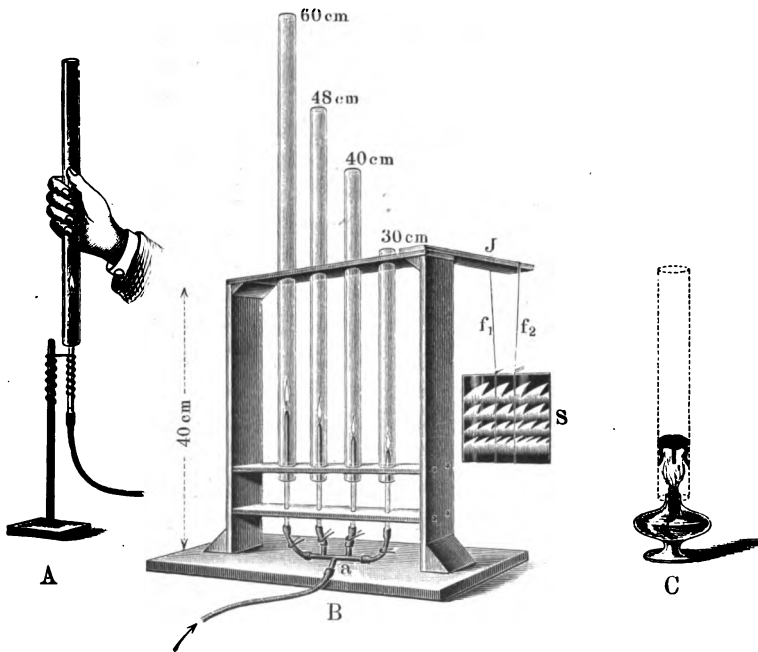


Fig. 44. Flammenharmonika.

In Fig. 44 B finden unsere Leser eine derartige Harmonika abgebildet, und zwar in einer Form, die leicht hergestellt werden kann. Die Länge der größten Röhre mag 60 cm betragen, die Längen der übrigen Röhren nach dem bekannten Verhältnis dann entsprechend 48 cm, 40 cm und 30 cm. Ein Holzgestell aus zwei

etwa 40 cm hohen und 8 cm breiten Seitenbrettchen und drei Querbrettern bildet den Halt für die Röhren und die vier Brenner. Die Röhren werden in die Holzleisten aber nicht eingekittet, sondern mit kleinen Holzstückchen festgeklemmt. Um dem Gestell in sich die erforderliche Steifigkeit zu geben, ist es zweckmäßig, in die Ecken, wie es auch die Figur zeigt, kleine dreieckige Klötzchen einzuleimen. Mit größeren Klößen werden die Fußenden der Seitenbretter gesichert. Die Gaszuleitung für die Brenner erfolgt durch einen Gummischlauch und durch das metallene Verteilungsröhrchen *a*, welches man sich schon am besten und billigsten vom Klempner anfertigen läßt. Sollen die Flammen angezündet werden, so fährt man nicht von unten her mit einem Zibibus oder einem brennenden Holzspänchen in die Röhre, was leicht zu einer Explosion führen könnte, sondern schiebt die Röhren in die Höhe, indem man die schon besprochenen Holzteilchen lockert. Zweierlei wird man sehr bald bemerken: nämlich einmal, daß es nicht gleichgültig ist, wo in der Röhre sich die Flamme befindet und dann, daß die Größe der Flamme ebenfalls einen Einfluß auf die Tonbildung hat. Soll der Ton kräftig ausfallen, so muß die Flamme in Bezug auf die Tonhöhe (und die Röhrenlänge) eine gewisse Größe haben. Ist sie zu groß oder zu klein, so verschwindet der Ton. Man kann sich als Regel merken, daß die Flamme um so größer sein darf und um so weiter in die Röhre eingeführt werden muß, je länger die Röhre ist. Unsere Abbildung gibt ungefähr das richtige Verhältnis wieder. Um die Gaszufuhr für jeden der Brenner einzeln zu regulieren, klemmt man Haarnadeln mehr oder weniger fest über die Zuführungsschläuche. Brennen die Flämmchen richtig, dann deckt man die Röhren mit kleinen Blechplatten zu, worauf sie stillschweigen. Nun ist der Apparat zur Vorführung fertig. Es ist am effektivsten, wenn man zuerst den Grundton, darauf die Oktave, die Quinte und schließlich die Terz hören läßt. Alle werden von der vollen Stärke und dem Wohlklang des Zusammenklanges überrascht sein. Besonders aus der Ferne klingt die Harmonika prächtig.

Daß aber in der Tat die Luftsäulen es sind und nicht die

Gasröhren, die tönen, kann man durch folgendes belehrende und unterhaltende Experiment beweisen. Es ist unschwer zu sehen, daß die Flamme, sobald der Ton einsetzt, ihre Gestalt verändert, kleiner, weniger leuchtend wird und unterhalb ihrer Spitze eine geringe Einschnürung zeigt. Der Grund liegt auf der Hand. Die hin und her schwingende Luft drückt die Flamme bald herunter, bald zerrt sie sie in die Länge in gleichmäßigem Rhythmus und um so öfter in der Sekunde, je höher der Ton und je kürzer die Röhre ist. Nur daß unser Auge dem schnellen Wechsel nicht zu folgen vermag und ihm das Urteil noch dadurch erschwert wird, daß die lange und die kurze Flamme sich auf derselben Stelle befinden. Durch eine sehr einfache Vorrichtung, die sehr oft in der Wissenschaft dort angewendet zu werden pflegt, wo es gilt, ein Auseinander für das Auge in ein Nebeneinander aufzulösen, kann das regelmäßige Auf- und Niederhüpfen der Flamme vielen Zuschauern zugleich gezeigt werden. Diese Vorrichtung ist nichts als ein Spiegel, aber ein Spiegel, der hin und her gedreht werden kann. Betrachtet man eine gewöhnliche Kerze in einem kleinen Taschenspiegel und dreht diesen um eine senkrechte Achse hin und her, indem man ihn zu beiden Seiten mit den Händen ergreift und abwechselnd die rechte und linke Hand vor- und zurückschiebt, so verschwimmt das anfangs deutliche Bild der Kerze zu einem leuchtenden Bande, das an allen Stellen so breit ist, als die Flamme hoch. Würde jedoch die Kerze bald hoch, bald niedrig brennen, so sieht jedermann ein, daß in dem Flammenband sich breite Stellen mit schmalen ablösen müßten. Es würde das Bild einer leuchtenden Säge entstehen. Will man eine derartige Untersuchung auch an den Flammen unserer Harmonika vornehmen, so verfährt man am besten so, wie es in der Abbildung angedeutet ist. Es wird am oberen Querholz des Ständers ein 15 cm breites Brettchen festgenagelt, das etwa 30 cm weit nach hinten über das Gestell hinausragt. Mit zwei Schnüren befestigt man in der angedeuteten Weise an ihm einen Spiegel, der groß genug ist, wenn seine Länge 20 cm, seine Höhe 15 cm beträgt. Jedes vom Glaser zurechtgeschnittene Spiegelglasstück genügt dem

Zweck. Wird der Spiegel auf der rechten Seite nach vorn, auf der linken nach hinten gedrückt — oder umgekehrt — und dann losgelassen, so führt er eine Reihe von Schwingungen um seine senkrechte Achse aus, und die Bilder der vier Flammen in ihm erscheinen als leuchtende Bänder, die übereinander liegen, da die Brenner in verschiedener Höhe angeordnet sind. Können die Luftsäulen, d. h. sind die Deckel von den Röhren entfernt, dann sieht man in der Tat statt der Bänder leuchtende, sägesförmige Gebilde. Vergleicht man die Flammenbilder miteinander, so erkennt man auf den ersten Blick, daß auch durch dieses Experiment von neuem wieder unser altes Gesetz bewiesen wird. Denn auf je vier Taden des von der tiefsten Röhre (dem Grundton) herrührenden Gebildes kommen fünf Flammengtaden der Terz, sechs Taden der Quinte und acht Taden der Oktave.

Anfangs glaubte man den Versuch nur mit Wasserstoffgas anstellen zu können, da man annahm, die Flamme selbst sei der tönende Körper und ihre Zuckungen würden durch kleine einander rasch folgende Knallgasexplosionen bewirkt. Daher auch der ursprüngliche Name Flammen- oder chemische Harmonika. Heute weiß man, daß die Luft den Ton abgibt, da er auch ohne Zuhilfenahme einer Flamme zu stande kommen kann, wie folgendes Experiment beweist. In einer etwa 50 cm langen und 8 cm weiten Blechröhre befindet sich ein zu einem Knäuel zusammengeballtes und durch sich sperrende Drähte gegen die Wandungen festgedrücktes Maschennetz aus Drahtgaze (Fig. 44, C). Durch eine Spirituslampe wird dieses Netz bis zur Glut erwärmt, und darauf das Rohr von der Lampe genommen. Sofort beginnt die Luftsäule zu tönen, am lautesten, wenn das Rohr senkrecht gehalten wird und die erhitzte Luft in ihm ungehindert aufsteigen kann, der Ton verschwindet dagegen völlig bei wagerechter Lage und kehrt bei aufrechter Stellung wieder, ein Spiel, das sich so oft wiederholen läßt, als das Netz noch genügend warm ist. Jede Flamme und jede Explosion ist bei dieser Anordnung des Versuches offenbar ausgeschlossen.

Noch eine andere Harmonika. Nicht immer beschäftigt man sich in der Schule nützlich. Leider werden oft genug mehr oder minder lose Streiche vollbracht zur Freude der Mitschüler und zum gerechten Leide der Lehrer. Das ist nun einmal so, und der Verfasser ist weit davon entfernt, seine Mittäterschaft an so manchen harmlosen oder auch üblen Schulstreichen zu leugnen. Zu seiner Zeit war es Mode, den träumenden Vordermann durch plötzliches Aufziehen des Federhalterfutterals zu erschrecken. Das gab dann jedesmal einen erfreulichen Knall und einen weniger erfreulichen Tadel seitens des Lehrers. Niemandem von uns ist es aber

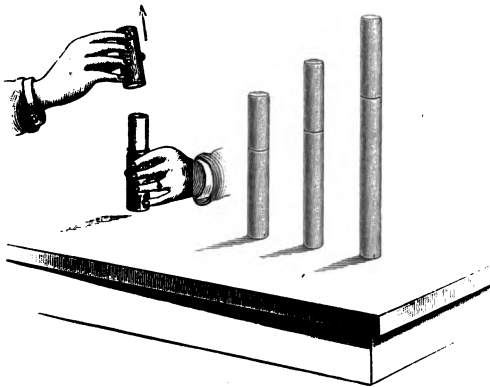


Fig. 45. Der Dreiklang auf Pappfutteralen.

damals sonderbarerweise aufgefallen, daß das Futteral auch einen Ton gab, der seiner Höhe nach, trotz seiner kurzen Dauer, leicht festzustellen war. Erst viel später wurde der Verfasser darauf aufmerksam und sah auch einen einfachen Apparat, nach dessen Vorführung er nicht mehr zögerte, selbst einem einfachen Pappfutteral eine gewisse musikalische Begabung zuerkennen.

Der Apparat ist mit wenigen Worten beschrieben. Zuvor aber eine Frage. Warum klingt das plötzlich aufgezogene Futteral? Es ist wiederum die von ihm eingeschlossene, elastische Luft, die, beim Aufziehen des Deckels verdünnt, gleichsam in die Länge

gerecht wird und dann hin und her schwingt. Auch müssen sich verschieden lange Luftsäulen ihrer Schwingungszahl nach verhalten umgekehrt wie ihre Längen. Vorfertigt man daher vier verschließbare Pappröhren (Fig. 45) und macht die größte Röhre 24 cm, die zweite 18, die dritte 15 und die vierte 12 cm lang, so muß man auch von ihnen den Durdreiklang zu hören bekommen, denn die Schwingungszahlen verhalten sich wie 12 zu 15 zu 18 zu 24 oder wie 4 zu 5 zu 6 zu 8.

Musizierende Weingläser. Ein nicht zu dickwandiges Stengelglas läßt sich auf folgende etwas eigenartige Weise zum lauten Tönen bringen.



Fig. 46. Musizierendes Weinglas.

Man benetzt die gänzlich fettfreie Fingerspitze mit Wasser und fährt mit ihr unter mittelkräftigem Druck auf dem Rande herum. Das Benetzen des Fingers muß man des öfteren wiederholen. Zu Anfang wird man wenig Glück haben und nicht viel mehr als ein ärgerliches Grunzen zu Wege bringen. Ist aber der Glasrand erst völlig benetzt und das Glas, wie schon gesagt, dünnwandig

genug, so beginnt es voll und rein zu singen, besonders wenn man dann mit dem starken Aufdrücken nachläßt. Schließlich — wenn es erst „eingespielt“ ist — antwortet es schon auf eine leise streichende Berührung mit einem überaus zarten Ton (Fig. 46).

Da die Tonhöhe abhängt von der Größe, der Wandung und dem Inhalt des Glases, so wird man leicht eine Anzahl Gläser in eine Reihe, vom tiefsten Ton an aufsteigend, ordnen können. Um die Tonleiter rein abzustimmen, füllt man mehr oder weniger Wasser in die Gläser ein. Je mehr Wasser, desto tiefer wird der Ton. Auf einer solchen „Glasharmonika“ können getragene Melodien sehr hübsch zur Wirkung kommen. Bisweilen begegnet man in kleineren

Städten reisenden Virtuosen, die diese alte Kunst üben. Denn sie ist in der That sehr alt, jedenfalls älter als 200 Jahre, da schon der Herausgeber eines „Natürlichen Zauberbuches“ (erschienen zu Nürnberg im Jahre 1740) sagt: „Dieses ist ein sehr gemeines Experiment und wird hin und wieder von den Gästen auf Gastereien und Hochzeiten exerziert, welches auch um so viel lustiger fällt, als viele zugleich mit mehreren Gläsern solches öfters zu probieren pflegen.“

Sind die Gläser etwa zur Hälfte mit Wasser angefüllt, so braucht man nur von oben hinein zu sehen, um zu erkennen, wie sie schwingen. Das Wasser schlägt unaufhörlich kleine Wellen, und man wird bemerken, daß dort, wo der Finger sich gerade befindet, die stärkste Wellenbewegung auftritt. Sie erstreckt sich quer herüber nach der anderen Seite und ist rechtwinklig von einem zweiten Wellenstreifen, der ebenfalls durch den Mittelpunkt läuft, begleitet. Die ganze Erscheinung ist wunderbar zierlich und sieht eher einer leichten Trübung des Wasserspiegels ähnlich, doch bemerkt man sofort, daß es nichts ist, als die Erschütterung des Glases, welche sich dem Wasser mittheilt; denn in dem Augenblick, wo der Finger den Glasrand verläßt, verschwindet mit dem Tone auch die Trübung.

Da der Klang rein abgestimmter Gläser recht angenehm ist, hat man aus der Glasharmonika ein wirkliches Musikinstrument machen wollen. Kein Geringerer als Benjamin Franklin, der bekannte Entdecker der atmosphärischen Elektrizität, hat sich mit diesem Problem beschäftigt. Seine Einrichtung war nicht ganz einfach. Er befestigte eine Reihe sauber geschliffener und gut abgestimmter Glasschalen, die ähnlich den Glockenschalen unserer elektrischen Klingeln in der Mitte durchbohrt waren, in gleichen Abständen hintereinander auf einer Achse. Unterhalb eines Gehäuses, aus dem die Schalen hervorragten, war wie bei einer Nähmaschine ein Pedal angebracht, das die Achse in Bewegung setzte. Legte man dann die benetzten Finger ruhig auf die Glockenränder, so hatte man sowohl das Ansteigen des Tones bis zum stärksten Fortissimo, wie das Abfallen bis zum sanften

Gesäusel ganz in seiner Gewalt. Es ist schwer, sich heute eine Vorstellung von der Wirkung dieses seltsamen Instrumentes zu machen. Leute, die es noch gehört haben, versichern, es habe die merkwürdig ergreifende und erschütternde Wirkung der Töne sowohl auf den Spieler als auf den Hörer der allgemeinen Verbreitung des Instrumentes im Wege gestanden. Franklin schenkte sein um das Jahr 1763 in Philadelphia angefertigtes Instrument der Engländerin Miß Davies, die dann zuerst 1765 damit in England, Frankreich und Deutschland auftrat. Seitdem ist es verschollen.

Chladni's Klangfiguren. Auf Theatern wird der Klang großer Kirchenglocken bisweilen durch Anschlagen langer Stahlstangen oder frei aufgehängter dicker Eisenbleche hervorgerufen. Bei den Stahlstangen ist es nicht schwer, sich eine Vorstellung über die Art ihrer Schwingungen zu machen, nach allem, was wir über die Schwingungen der Saiten und Stäbe wissen. Bei den tönenden Platten will eine solche Vorstellung nicht so leicht gelingen und erst seit den schönen Untersuchungen des Physikers Chladni (geb. 1756 zu Wittenberg, gest. 1827 zu Breslau) besitzen wir genaue Kenntniss von den Vorgängen. Wie Chladni auf seine Versuche kam, erzählt er selbst: „Über die Schwingungsarten und Tonverhältnisse verschiedener Arten von klingenden Körpern fand ich nirgends Belehrung. Unter anderen hatte ich bemerkt, daß eine jede nicht gar zu kleine Glas- oder Metallscheibe manigfaltige Töne gab, wenn ich sie an verschiedenen Stellen hielt und anschlug und wünschte den Grund dieser noch von niemand untersuchten Verschiedenheit der Töne zu wissen. Ich spannte eine messingene Scheibe, die zu einer Schleifmaschine gehörte, an einem in ihrer Mitte befindlichen Zapfen in einen Schraubstock und bemerkte, daß durch Striche mit dem Violinbogen sich darauf verschiedene Töne hervorbringen ließen, die stärker und anhaltender waren, als man sie durch Anschlagen erhalten kann. Die Beobachtungen von Lichtenberg über die Figuren, welche sich bei dem Aufstreuen des Harzstaubes auf Glas- oder Harzscheiben bei verschiedener Elektrizität zeigen (vergl. den betreffenden Abschnitt dieses Buches),

erregten in mir den Gedanken, daß vielleicht die mannigfaltigen schwingenden Bewegungen einer Scheibe sich ebenfalls durch eine Verschiedenheit der Erscheinungen verraten würden, wenn ich Sand oder etwas Ähnliches aufstreute. Es erschien auch bei diesen Versuchen auf der Scheibe eine sternförmige Figur.“

Um die Chladnischen Versuche zu wiederholen, bedarf es vor allem einer Klangplatte. Glas kann man dazu verwenden, vorzuziehen sind jedoch Platten aus Messingblech, die aber dann nicht zu klein sein dürfen. Quadratische von etwa 30 cm Seitenlänge geben bereits ganz gute Resultate. Ein geschickter Schlosser wird gern bereit sein, sie uns aus 1 bis 2 mm starkem Messingblech zu schneiden, am Rande genau zu befeilen und auf einer metallenen Richtscheibe mit einem Holzhammer gerade zu richten. Dieses Ausrichten muß sehr behutsam und gleichmäßig vorgenommen werden, da sonst in dem Blech entstehende ungleiche Spannungen dasselbe für unsere Zwecke unbrauchbar machen. Es ist nicht leicht, eine gute Platte zu erhalten. Genau in die Mitte der Platte bohrt der Schlosser mit geringer Mühe ein Loch von etwa 6 mm Durchmesser.

Wenn die Platte klingen soll, darf sie nur in der Mitte fest unterstützt sein. Am wohlfeilsten geschieht ihre Befestigung an einem alten Küchentisch, der das Anbohren verträgt. Man durchbohrt ein rundes, oben und unten eben gefeiltes, etwa 4 cm hohes Holzklötzchen (*a*, Fig. 47 a. f. S.) und ein Korkstück von kleineren Abmessungen (*b*), legt das erstere dicht am Rande auf den Tisch, darüber die Klangplatte, zuletzt das Korkstück und befestigt alles zusammen mit einer langen Holzschraube auf der Tischplatte. Die Messingtafel, deren Oberfläche man übrigens zweckmäßig mit einem schwarzen Metalllack anstreicht, ragt dann über den Tischrand hinaus. Soll sie klingen, so reibt man einen Violinbogen gut mit Kolophonium ein und streicht, wie es die Abbildung zeigt, ruhig und nicht zu stark aufdrückend an dem Plattenrande herunter. Nach einigen Versuchen wird man einen zwar nicht schönen, aber reinen Klang zu stande bringen.

Streut man dann durch ein Leeseib feinen trockenen Sand gleichmäßig und ja nicht zu dick auf die Platte und streicht sie an

einer Ecke an, während man sie mit dem Finger der anderen Hand in der Mitte einer der Seiten berührt, so wird der Sand

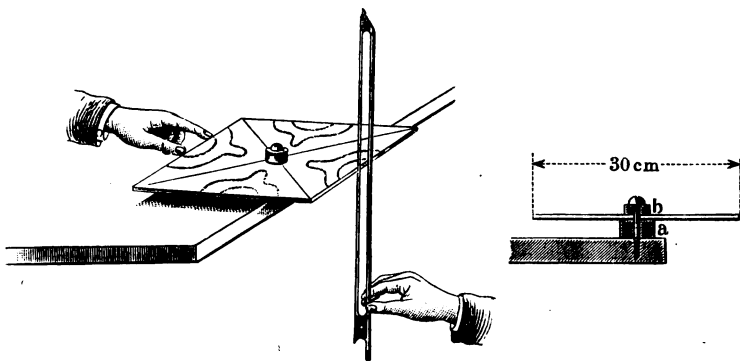
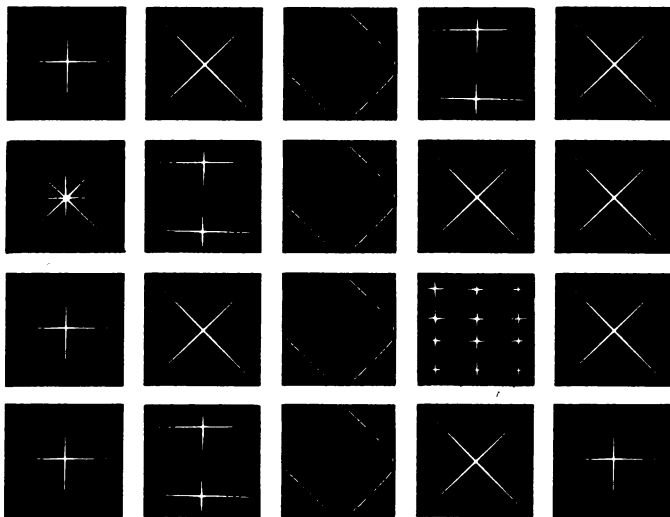


Fig. 47. Klangfiguren.

von der schwingenden Oberfläche emporgeschleudert, tanzt hin und her und bleibt schließlich, wenn ein reiner Ton entstanden ist, zu einem schönen Kreuz angeordnet auf der Platte liegen. Dieses

Kreuz ist von der Mitte der einen Seite nach der anderen Seite gerichtet, wenn man die Platte in der ange deuteten Weise behandelt, von einer Ecke zur anderen (also diagonal), wenn die Platte in der Mitte angestrichen und an einer Ecke berührt wird. Sein Erscheinen hängt jedoch stets von der Reinheit des Klanges ab; ist dieser häßlich kreischend und schwirrend, nicht entschieden, sondern unklar, so wird sich niemals die Klangfigur in ihrer vollen Schärfe zeigen. Diese ist aber so auffallend und vollendet, daß jeder, der das Experiment noch nicht gesehen hat, über die Linien und ihre Regelmäßigkeit in höchstes Erstaunen geraten muß.

Die Erscheinung beruht auf dem Umstande, daß nicht alle Stellen der klingenden Platte in Schwingung sind, sondern ganze Linien, die sich zunächst dort ausbilden, wo der hemmende Finger anliegt, in Ruhe bleiben, während die anderen Teile in heftiger, äußerst schneller Bewegung beharren. Von den bewegten Teilen wird der Sand hinweggesprengt und sammelt sich an den ruhigen Stellen an. Die Ruhelinien der Platte werden mithin durch den Sand sichtbar.

Durch Dämpfung und Bogenanstrich ist die Platte in eine Art Zwangslage versetzt und kann zweifellos nicht mehr in jeder beliebigen Form schwingen. Stets aber findet sie noch eine Lösung der ihr gestellten Aufgabe, indem sie immer an der oder den Dämpfungsstellen eine Ruhelinie und an der Stelle des Bogenstriches ein Feld heftiger Bewegung ausbildet. Dämpft man, wie es die Abbildung links unten auf unserer Fig. 47 darstellt, mit zwei Fingern rechts und links in gleichem Abstände von der Mitte und streicht auf der gegenüberliegenden Seite in der Mitte an, so bildet sich die gezeichnete Figur aus. Dem aufmerksamen Beobachter wird es nicht entgehen, daß die Platte bei jeder neuen Art der Benutzung einen anderen Ton gibt; die Art, wie sie schwingt, um diesen Ton zu erzeugen, wird durch die entstehende Sandfigur angezeigt. Im allgemeinen geben die tieferen Töne bei der nämlichen Scheibe immer die einfacheren, die hohen Töne aber die zusammengesetzteren Figuren, und das ist ja nach allem, was bisher über das Tönen der Körper gesagt

wurde, ganz natürlich, da die höheren Töne kürzere Schwingungsflächen, also auch häufigere Ruhelinien voraussetzen. Selbstverständlich geben anders geformte Scheiben unter sonst gleichen Umständen neuartige Figuren, und unsere Leser mögen sich einmal, wenn sie Lust dazu haben, auf runden, sechs- und achteckigen Scheiben versuchen.

Die obere Hälfte der Fig. 47 zeigt eine Anzahl Chladnischer Klangfiguren, wie man sie bei einiger Übung auf viereckigen Platten hervorbringen kann. Es sind die einfachsten und stellen sicherlich nicht den zwanzigsten Teil aller derjenigen Figuren dar, die man überhaupt erhalten kann. Je höher der Ton, desto verwickelter und kunstvoller das Klanggebilde, desto überraschender die Geschwindigkeit, mit der die zarte Figur entsteht. Auf jeden denkenden Menschen muß das Experiment den größten Eindruck machen. Da ist ein einfaches Stück Messingblech; man streicht es mit einem Bogen an und es klingt. Man verändert die Art des Striches und der Ton wird ein anderer, kein Auge sieht etwas von den geheimnisvollen Vorgängen, die sich in der Platte abspielen. Da verraten plötzlich die hüpfenden, tanzenden Sandkörnchen das ganze Geheimnis und gewähren uns den Einblick in einen Vorgang, wunderbarer, zarter und vollkommener, als ihn sich unsere Phantasie auszubenten vermag.

Tönender Wasserstrahl. Ein sehr schöner Versuch, von dem nun die Rede sein soll, ist mit verhältnismäßig geringen Mitteln auszuführen. Man bedarf dazu nur einer Messingröhre von 2 cm lichter Weite und etwa 20 cm Länge, eines Stückchens Gummi, vielleicht von einem der bekannten roten Kinderluftballons oder besser noch von der etwas dickeren Sorte, wie sie in Gummiswarengeschäften zu haben ist, und einiger Glasröhrchen.

Die Messingröhre erhält 3 cm von ihrem oberen Rande — vergleiche die Fig. 48 — ein seitliches Ansatzröhrchen, etwas enger als die Röhre selbst und etwa 3 cm lang. Es dient zum Aufstecken eines Schalltrichters aus Pappe, der bald aus nicht zu dickem Material zusammengeklebt ist und unten eine Tülle etwas

größer als das Röhrchen erhält. Wird die Röhre vom Klempner am oberen Rande etwas nach außen umgebördelt, so läßt sich die schon erwähnte Gummihaut darüberspannen und mit einem Wollfaden festbinden; sie darf indes nicht allzu straff sein. Die Röhre muß, mit der Membran nach oben, aufrecht stehen und

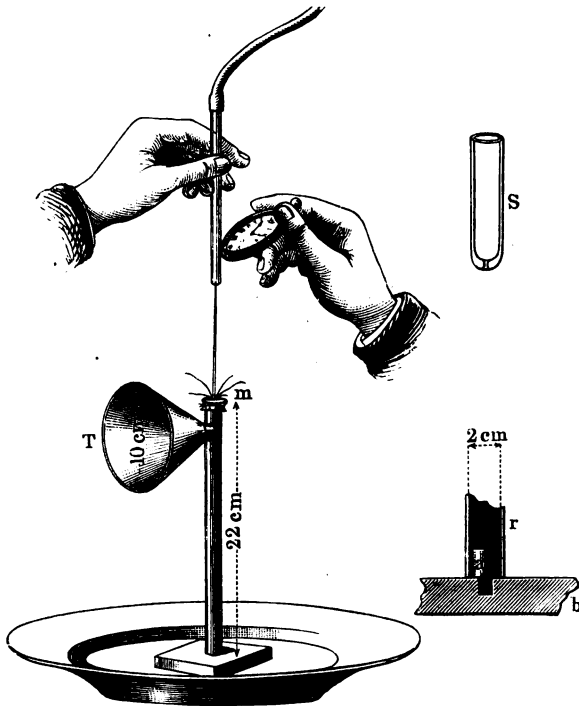


Fig. 48. Der singende Wasserstrahl (Hydraulisches Mikrophon).

wird daher auf einem Grundbrettchen *b* (siehe die Figur rechts) mit Hilfe des eingeleimten oder eingekitteten Holzapfens *a* befestigt. Dann ist der Apparat zur Benutzung fertig.

Um seine Tätigkeit zu verstehen, erinnere man sich eines ganz alltäglichen Vorgangs. Jedermann weiß, daß aus einem fast geschlossenen Wasserleitungshahn das Wasser in Tropfen herabfällt

Auf einem Papier aufgefangen, verursacht jeder Tropfen einen deutlich hörbaren Schlag. Diese Schläge folgen einander in gleichen Zeitabständen und wären wohl geeignet, einen Ton entstehen zu lassen, wenn sie häufig genug fielen, denn ein Ton entsteht ja durch schnelle rhythmische Stöße (vergl. Seite 158). Diese schnelle Tropfenfolge ist nun so ohne weiteres nicht zu erreichen, selbst wenn man den Hahn weiter öffnet. Über ein geräuschvolles Trommeln kommt es nicht hinaus. Eine wertvolle Beobachtung kann man aber an dem Wasserstrahl doch machen. Hebt man nämlich das Papierblatt — oder besser ein Stück Pappe — in ihm in die Höhe, dem Hahn entgegen, so wird das Geräusch schwächer und schwächer und hört an einer bestimmten Stelle ganz auf. Mithin löst sich der Strahl nicht sogleich, sondern erst eine Strecke unterhalb des Hahnes in einzelne Tropfen auf.

Unser Instrument mit der Membran ist nun lediglich eine verfeinerte Auffangvorrichtung für den Wasserstrahl. Jeder noch so leise Schlag auf die Gummihaut wird durch den Schalltrichter deutlich hörbar und Tropfen gar, die aus der Wasserleitung auf sie fallen, klingen im ganzen Zimmer wie Hammerschläge auf einen Amboss.

Wir wählen für unsere Versuche nur einen feinen Wasserstrahl, indem wir Wasser durch ein Glasröhrchen austreten lassen. Es ist aber nicht zweckmäßig, dieses in der auf Seite 17 angegebenen Weise zu einer Spitze auszuziehen. Man verfährt zweckmäßiger wie folgt: Das glatt abgesehrittene etwa 3 mm weite Glasröhrchen wird unter fleißigem Drehen mit der Spitze in die Flamme der Spirituslampe gebracht, bis die rotglühende Wandung zusammensinkt und die Öffnung sich zu schließen beginnt. Den Augenblick des Schließens wartet man jedoch nicht ab, sondern nimmt, wenn die Wandungen sich fast berühren, das Röhrchen von der Lampe fort und bläst schnell und kräftig hinein. Auf diese Weise erhält man runde Öffnungen von etwa 1 mm Durchmesser (vergl. Fig. 48, S. a. v. S.) und eines von mehreren Röhrchen wird stets für unsere Zwecke brauchbar sein.

Das Wasser leitet man mit Schlauch und Heber aus einem

nicht zu niedrig, vielleicht auf einem Schrank, aufgestellten Gefäß der Spitze zu und erhält so einen bis auf eine ziemlich weite Strecke zusammenhängenden Wasserstrahl. Man läßt ihn, das Röhrchen senkrecht in der Hand haltend, auf die Membran fallen, was zunächst ein gehöriges Getöse macht, und nähert die Spitze dann der Membran gerade so weit, daß eben das Geräusch verstummt und der Wasserstrahl lautlos — wie Öl — herabfließt.

Sonderbarerweise ist — und nun kommt das Merkwürdige an der Sache — dieser Wasserstrahl empfindlich gegen Geräusche und musikalische Töne, indem er das Bestreben zeigt, unter ihrem Einfluß in einzelne Tropfen zu zerfallen. Noch merkwürdiger aber ist, daß dieser Zerfall genau in dem Rhythmus geschieht, den der Ton angibt. Hält man z. B. eine Stimmgabel, die den Kammer-ton a gibt und also 435 mal in einer Sekunde schwingt, mit ihrem Stiel gegen das Glasröhrchen, so fallen auch 435 Tropfen in der Sekunde auf den Gummi und der Erfolg ist leicht vorherzusagen. Die Tropfen fingen auf der Membran ebenfalls den Kammer-ton, aber durch den Schalltrichter verstärkt mit einer Kraft, daß man versucht ist, sich die Ohren zuzuhalten. Der Erfinder des Apparates, Graham Bell, mochte ihn also wohl mit Recht ein hydraulisches Mikrophon nennen, denn er vermag in der That mit Hilfe der Energie des fallenden Wassers schwache Töne zu verstärken. Der Verfasser des Buches hat sogar versucht, den Wasserstrahl zum Sprechen zu bewegen, indem er an dem Ausflußröhrchen einen Trichter anbrachte und in diesen etwas hineinrief. Der Wasserstrahl sprach nun in der That, aber so undeutlich grob und mit so fürchterlicher Stimme, daß bei den längere Zeit fortgesetzten Versuchen einige Zuhörer das Feld räumten.

Dagegen kann man bei recht genauer Einstellung des Strahles das Ticken einer Taschenuhr einem großen Auditorium hörbar machen. Unsere Abbildung stellt diesen Versuch dar. Der Wasserdruck darf dabei nicht zu gering sein, auch eignet sich nicht jede Spitze für das Experiment.

Schallempfindliche Flammen. Das Beste haben wir uns bis zuletzt aufgespart. Es soll eine Flamme beschrieben werden, welche die wunderbare Eigenschaft hat, gegen Schall empfindlich zu sein. Derartige Flammen sind gar nicht so selten, als man

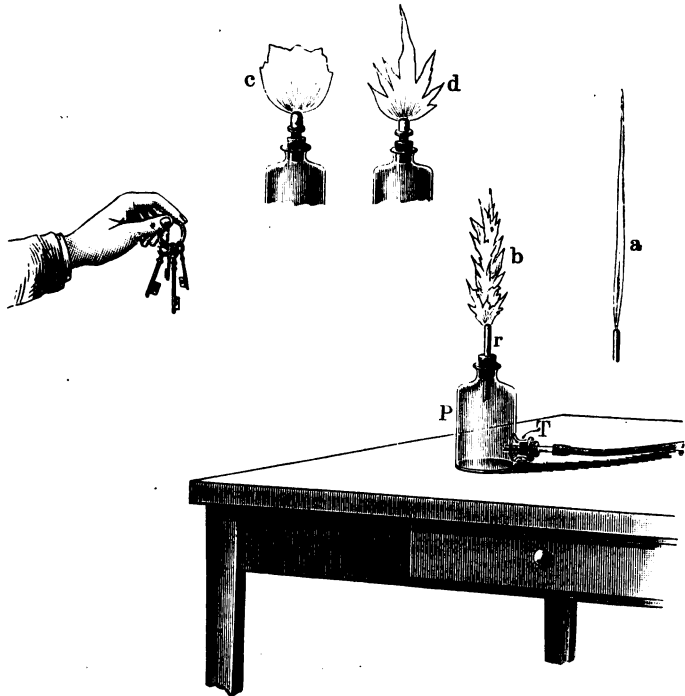


Fig. 49. Schallempfindliche Flammen.

denken sollte. Entdeckt wurden sie im Jahre 1857 durch John Reconte. Hören wir, was er darüber sagt:

„Ich befand mich in einer Privatgesellschaft, die sich des Abends versammelt hatte, um Musik zu hören. Es wurden einige Trios von Beethoven auf Klavier, Geige und Cello ausgeführt. An der Backsteinwand in der Nähe des Klaviers waren zwei Fischschwanzbrenner angebracht. Beide Flammen brannten stetig,

bei geschlossenen Fenstern und ruhiger Luft. Die eine befand sich jedoch offenbar unter einem Druck, der sie beinahe zum Flackern brachte. Kurz nach Beginn der Musik bemerkte ich, daß die Flamme Schwingungen zeigte, die mit den hörbaren Schwebungen der Musik vollkommen übereinstimmten. Diese Erscheinung mußte jedem auffallen, namentlich wenn die starken Töne des Cellos hinzutraten. Es war außerordentlich interessant zu beobachten, wie genau sogar die Triller des Instrumentes von der Flamme wiedergegeben wurden. Für einen Tauben wäre die Harmonie sichtbar geworden.“

An den alten Fischschwanzbrennern, bei denen das Gas aus einem feinen Spalt breit herausbrennt und die man wohl jetzt noch zuweilen auf den Hintertreppen findet, ist die von Beconce beobachtete Erscheinung verhältnismäßig selten, ungleich häufiger bei den Gasglühlichtbrennern. Der Verfasser machte selbst eine interessante dahingehende Beobachtung in seinem Arbeitszimmer, das von einer fünfarmigen Gaskrone erhellt wird. Als er, an seinem Schreibtisch sitzend, eines Abends ein festes Stück Papier zerriß, wurde es auf einen Augenblick deutlich heller im Zimmer. Er glaubte sich zunächst getäuscht zu haben, aber jeder neue Versuch gab dasselbe Resultat. Nun wußte er, daß er es mit schallempfindlichen Gasflammen zu tun habe. Durch Rasteln mit einem Schlüsselbund und Pfeifen konnte schnell erkannt werden, daß nur eine der fünf Flammen empfindlich war und die anderen sich völlig gleichgültig verhielten. Wurden diese vier Lampen ausgedreht, so zeigte sich die fünfte noch bedeutend empfindlicher, ein Beweis, daß der Gasdruck bei diesen Versuchen von großer Bedeutung ist. Es zeigte sich die Flamme daher auch nicht jeden Abend zu dem Experiment gelaunt. Einmal auf diese Erscheinung aufmerksam geworden, entdeckte dann der Verfasser noch zwei empfindliche Flammen an demselben Abend, eine in seiner Wohnung und die zweite bei einem Barbier. Seine Leser mögen ebenfalls einmal auf eine Entdeckungsreise ausgehen, die sicherlich von Erfolg gekrönt sein wird.

In den physikalischen Laboratorien und bei den Vorlesungen

über Akustik erzeugt man die schallempfindlichen Flammen mit besonderen Hilfsmitteln, indem man Leuchtgas unter bedeutend größerem Druck als dem gewöhnlichen besonders konstruierten Brennern mit Platinspitzen entströmen läßt. Derartige Flammen sind dann allerdings erstaunlich empfindlich und erzeugen geradezu für viele Versuche das Ohr. Schon bei dem geringsten Geräusch zucken sie zusammen, wie eine nervöse Dame; Pfeifen, Schnalzen mit der Zunge, Rasseln mit Schlüsseln bringt sie fast zum Verlöschen, auch wenn es in einer Entfernung von mehreren Metern geschieht. Selbst das Ticken einer Taschenuhr macht die Flamme dem Auge sichtbar. Aber die Erzeugung von Preßgas macht viel Umstände und keiner unserer Leser wird Lust haben, sich für den Versuch einen Gasack oder einen Gasbehälter für 80 bis 100 Mark zu kaufen. Und doch sollen sie auf das schöne Experiment nicht ganz und gar verzichten.

Schaltet man nämlich kurz vor den Brenner einen größeren Behälter, in dem sich das Gas elastisch zusammendrücken kann, so zeigt sich die Erscheinung fast regelmäßig — wenn auch nicht so ausgeprägt — schon bei dem gewöhnlichen Gasdruck. Der ganze Apparat kostet kaum eine Mark. Man verschafft sich aus einem Geschäft für chemische Bedarfsartikel eine kleine, unten einmal tubulierte Flasche von etwa 250 ccm Inhalt, d. h. eine solche, die unten bei *T* (wie es Fig. 49 a. S. 188 zeigt) einen angelegten Hals besitzt. Durch diesen Hals wird mittels Schlauch, Glasrohr oder Stopfen das Gas von einem Hahn her eingeführt. Die Zuführung muß auf jeden Fall weit genug sein, keinesfalls darf also der Schlauch irgendwo über einen Gasbrenner gesteckt werden. In der Küche findet man meist einen passenden Gasbrenner mit Schlauchansatzstück. In den Hals der Flasche werden, auch mittels Stopfen, die zu untersuchenden Brenner eingesetzt. Man verschafft sich gleich mehrere Fischschwanz-, Fledermaus- oder Specksteinbrenner, die in jedem Lampengeschäft zu haben sind und sich leicht mit ihrem Gewinde in die Durchbohrung des Stopfens eindrehen lassen. Sie kosten nur wenig Geld. Man wird unter ihnen leicht den einen oder anderen Brenner finden, der bei voll geöffnetem Gasbrenner eben im

Begriff ist, zu rauschen und nach oben den Anfsatz zu kleinen Spitzen zeigt (Fig. 49, c). Dies ist der für den Versuch geeignetste Brenner.

Hier mag nun gleich ein= für allemal vor einer Unvorsichtig= keit gewarnt sein. Wenn das Gas in die Sammelflasche ein= bringt, so muß es die darin enthaltene Luft erst verdrängen. Solange dies nicht geschehen ist, befindet sich in der Flasche ein explosives Gemenge, und es wäre ein sträflicher Leichtsinn, die Flamme zu früh zu entzünden. Man warte damit eine oder zwei Minuten, dann ist keinerlei Gefahr mehr dabei.

Es ist nun zehn gegen eins zu wetten, daß die Flamme des Brenners gegen Schall empfindlich sei. Man versuche ihr gegen= über alle Arten des Geräusches, klatsche in die Hände, pfeife, schüttele das Schlüsselbund, schlage mit dem Hammer gegen ein Blech, zerreiße Papier, und man wird sicher irgend einen Einfluß auf die Flamme bemerken. Ist sie empfindlich, dann sendet sie, solange das Geräusch andauert, lange leuchtende Zacken nach oben aus, auch bei Tönen, die hoch und schrill sind, wie z. B. der Pfeifton auf einem hohlen Schlüssel.

Unvergleichlich bessere Resultate liefert jedoch eine runde Brenneröffnung, wie man sie erhält, wenn man ein Glasröhrchen spiz auszieht. Man sollte alle möglichen Öffnungen von $\frac{1}{2}$ bis 2 mm Weite versuchen. Flackert und braust die Flamme, so taugt sie nichts, hat sie jedoch die lange, steife und spize Form der Abbildung a (Fig. 49), so kann man sie versuchen. Am empfindlichsten ist sie wiederum, wenn sie gerade aus der lang= gestreckten Form zum Flackern übergehen will. Dann bricht sie bei jedem Geräusch zusammen und breitet sich brausend zu einem struppigen, besenartigen Gebilde aus (b), ja sie ist jeder Kleinig= keit gegenüber so schreckhaft, daß man sich bei ihrem drolligen Benehmen des Lachens nicht erwehren kann, was sie allerdings wiederum übel nimmt. Nicht immer gelingt das erstaunliche Ex= periment mit demselben Brenner gleich gut, da der Gas= druck nicht unbeträchtlich schwankt. Zur Dämmerstunde, wenn die Gasanstalten den Druck für den Abendverbrauch zu erhöhen

beginnen, oder kurz nach 9 Uhr, wenn die Räden ihre Beleuchtung ausgeschaltet haben, pflegt sich der Erfolg noch am ehesten einzustellen.

Eines wird man noch an dieser Wunderflamme bemerken, daß sie nämlich auch gegen die Sprache empfindlich ist. Deklamiert man laut in ihrer Nähe ein Gedicht, so benimmt sie sich ganz eigentümlich. Sie sucht offenbar aus den Worten einzelne Laute heraus. „Manche hebt sie“, wie Tyndall, der große englische Physiker sagt, „nur durch ein leichtes Nicken hervor, bei anderen verneigt sie sich entschiedener und für einige macht sie das tiefste Kompliment, während sie für viele ein völlig taubes Ohr hat.“ Spricht man nacheinander die fünf Vokale aus, so kümmert sie sich um u gar nicht, um o kaum, um a sehr wenig, während sie bei e und namentlich bei i völlig nervös wird und ganz erschreckt zusammenfährt. Offenbar sind also die Vokale, ihrem Klange nach, verschieden zusammengesetzt und die empfindliche Flamme gibt der Wissenschaft Gelegenheit, diesen Klang zu untersuchen. Sie ist also ein ernstes Ding und gar kein Spielzeug, ja man möchte sagen, sie benimmt sich wie ein denkendes und empfindendes Wesen.

Wir leben in der Zeit der Überraschungen und ein Vorgang, so wunderbar er an und für sich auch sein mag, wird in unserer aufgeklärten Zeit leicht alltäglich und seines geheimnisvollen Zaubers entkleidet. Was aber würde man wohl noch vor 200 Jahren zu diesem Experiment gesagt haben?

Dritter Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Wärmelehre.

Eine der wichtigsten und augenfälligsten Wirkungen der Wärme besteht in der Ausdehnung der Körper. Diese können sowohl feste wie flüssige und gasförmige sein. Zwischen den festen und flüssigen Körpern einerseits und den gasförmigen andererseits besteht aber insofern ein bemerkenswerter Unterschied, als die ersteren sich je nach ihrer Art bei derselben Temperaturerhöhung verschieden, die letzteren dagegen immer um denselben Betrag ausdehnen, wie sie auch heißen mögen.

Ein Thermometer aus Metall. Man lötet einen 1 cm breiten und 30 cm langen Eisenblechstreifen und einen ebenso langen und breiten Messingblechstreifen der Länge nach aufeinander, indem man zuerst beide Streifen verzinnt, dann mit Zangen aufeinanderdrückt und erwärmt, bis das Lot schmilzt. Der Doppelstreifen krümmt sich beim Erkalten und wird mit einem Hämmerchen gerade gerichtet. Fig. 50 (a. f. S.) zeigt ihn zwischen einem Gewicht und einer Kiste eingeklemmt, über die er fast seiner ganzen Länge nach herausragt.

Führt man mit einer Weingeistlampe unter dem Streifen entlang, so sieht man ihn sich sofort krümmen und zwar nach der Seite hin, auf der das Messing sich befindet, woraus man schließen muß, daß bei gleicher Erwärmung sich das Eisen weniger stark

ausdehnt als das Messing. Je dicker die Metalle sind, desto weniger schnell tritt die Wirkung ein, und auch das ist erklärlich, denn mit der Wärme und der Temperatur verhält es sich so ähnlich, wie mit der Dampfmenge und Spannung in einem Dampfkessel. Bei einem großen Kessel dauert es länger als bei einem kleinen, bis sich dieselbe Spannung (in Atmosphären gemessen) zeigt, vorausgesetzt, daß unter beiden ein gleich großes Feuer brennt. Denn der in beiden sich in gleicher Menge entwickelnde Dampf hat in dem einen Kessel einen größeren Raum auszufüllen als in dem anderen. Mit der Spannung wäre die

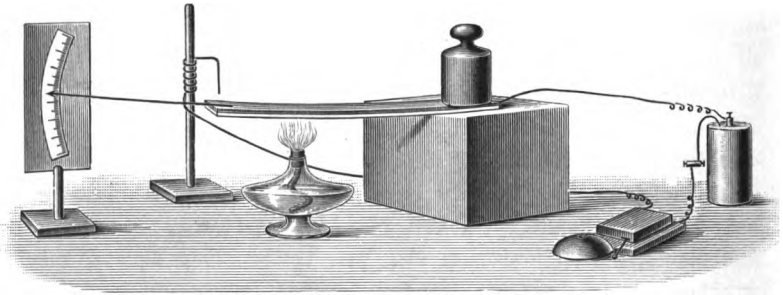


Fig. 50. Metallthermometer.

Temperatur zu vergleichen. Sie steigt in einem kleineren Körper schneller als in einem großen, oder, was dasselbe besagt, man muß, um dieselbe Temperatur zu erreichen, einem großen Körper mehr Wärme zuführen als einem kleinen. Soll der Doppelstreifen daher schnell empfindlich sein, so wird man ihn aus dünnem Blech und nicht zu breit anfertigen.

Ist der Streifen lang genug und befestigt man an seiner Spitze gar noch einen Zeiger, der auf einer Skala spielt, so kann man selbst die Schwankungen der Zimmertemperatur verfolgen und besitzt dann ein Instrument, das wohl den Namen eines Metallthermometers verdient (Fig. 50). Um es wirklich brauchbar zu machen, vergleicht man es mit einem guten Quecksilberthermometer und schreibt danach die Celsiusgrade auf die Skala. Dieses Verfahren nennt man eine Eichung.

Man kann aus dem Metallthermometer auch ein Warmthermometer machen, indem man entweder über oder unter dem beweglichen Ende des Streifens, je nachdem der Apparat bei zu tiefer oder zu hoher Temperatur alarmieren soll, einen elektrischen Kontakt anbringt und diesen einerseits, wie den Metallstreifen, andererseits in bekannter Weise mit einer elektrischen Klingel und einer Batterie verbindet. Steigt die Temperatur zu hoch, so wird die Feder gegen den Kontakt stoßen, den Strom schließen und das Läutewerk in Betrieb setzen. Durch Veränderung des Kontaktes kann man den Alarm bei jeder beliebigen Temperatur eintreten lassen. Die selbsttätigen Feuermelder in den Fabriken weisen eine ganz ähnliche Konstruktion auf.

Ein Luftthermometer. Auch die Ausdehnung der Luft bei Wärmezufuhr läßt sich unter geeigneten Bedingungen, die wir allerdings nicht ganz zu erfüllen vermögen, zur Messung der Temperatur verwenden.

Eine nicht zu weite Glasröhre wird mit Kork und Siegellack in dem Halse einer nicht gerade dickwandigen Flasche befestigt. Die Fittung muß völlig dicht sein und darf keinesfalls Luft durchlassen. Man kehrt, wie es Fig. 51 zeigt, die ganze Vorrichtung so um, daß die Öffnung der Glasröhre in ein kleines Gefäß mit gefärbtem Wasser zu stehen kommt. Hält man dann die warmen Hände an die Flasche, so dehnt sich die eingeschlossene Luft aus und kommt in kleinen Bläschen zum Vorschein. Bei der Abkühlung zieht sie sich wieder zusammen und das Wasser steigt bis zu einer bestimmten Stelle in dem Rohre auf. Schon die Annäherung der Hand genügt, um die Wassersäule etwas sinken zu lassen, und auch der Einfluß der Zimmertemperatur macht sich deutlich geltend, so empfindlich ist die Vorrichtung. Die Wasserkuppe sinkt bei einer Erwärmung und steigt bei der Abkühlung. Es wäre aber unsinnig, hinter ihr eine Skala anbringen und diese nach einem Quecksilberthermometer eichen zu wollen. Man würde dann finden, daß das Luftthermometer jeden Tag andere Angaben macht. Denn die Wassersäule schwankt auch mit dem

Luftdruck, gerade so wie die Quecksilbersäule im Barometer. Will man jedoch, was jedenfalls sehr lehrreich und unterhaltend ist, den Barometerstand berücksichtigen, so kann man mit einem Luftthermometer genügend genaue Angaben erhalten. Man fertigt



Fig. 51.
Luftthermometer.

eine an der Glasröhre verschiebbare Papierstala an und eicht sie unter Beobachtung eines gewöhnlichen Thermometers, während man sich zugleich den Barometerstand notiert. Für die Zukunft würden alle Angaben des Luftthermometers nur bei eben diesem Barometerstande richtig sein. Steht dagegen das Barometer höher, so wird auch die Wasserfäule höher stehen und eine zu niedrige Temperatur angeben und umgekehrt. Man kann jedoch die Differenzen gegen das Quecksilberthermometer bei verschiedenen Barometerständen feststellen und braucht dann zunächst immer nur den jeweiligen Barometerstand abzulesen, um die Korrektur zu kennen, welche an der Thermometerablefung in dem einen oder anderen Sinne anzubringen ist. Schließlich kann man auch verschiedene Marken, den Barometerständen entsprechend, auf der Glasröhre machen und die Skala vor der Ablefung verschieben.

Man kann auch zwei Luftthermometer nebeneinander auf seinem Schreibtisch haben, von denen das eine die Temperatur in dem Zimmer, das andere diejenige vor dem Fenster anzeigt. Es ist dazu nur nötig, die Röhre des zweiten Thermometers mit einer Glasflasche vor dem Fenster durch eine schwache Bleirohrleitung, wie man sie zur Anlage pneumatischer Klingeln verwendet, zu verbinden. Soll jedoch die Genauigkeit der Angaben nicht leiden, so darf die Leitung im Zimmer aus sehr begreiflichen Gründen nur kurz sein.

Die Wärmeschlange. Dieses kleine Experiment gehört ebenso gut in die Mechanik wie in die Wärmelehre und hätte

auch bereits dort seine Besprechung finden können, wo von den Flugmaschinen und den Luftballons die Rede war. Erhitzte Luft dehnt sich aus, so daß ein Liter warme Luft weniger Masse hat und daher leichter ist als dasselbe Quantum kalter Luft. Ein leichterer Körper steigt in dem schwereren empor, vorausgesetzt, daß er sich in ihm, wie Luft in Luft, frei bewegen kann. Kein Wunder, daß daher draußen wie im Zimmer die Luft nie in Ruhe ist. Sie steigt an den Öfen empor und streicht über den Fußboden nach dem Ofen hin, draußen erhebt sie sich über den von der Sonne beschienenen und erhitzten Landstrichen und kältere Luft tritt von den Seiten her an ihre Stelle.

Das Emporsteigen der Luft am Ofen kann man leicht auf folgende Art nachweisen. Man zeichnet auf ein kreisrundes Stück Schreibpapier eine Spirale, deren Linien einen fingerbreiten Abstand voneinander haben, und schneidet die Aufzeichnung mit der Schere so nach, daß ein fortlaufendes

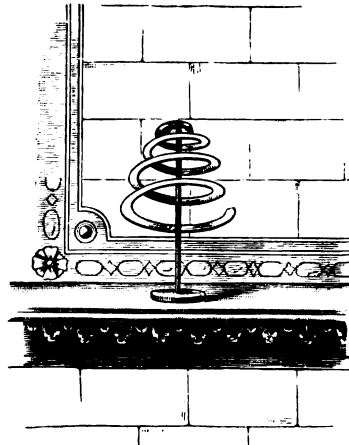


Fig. 52.
Wärmeschlange auf dem Ofen.

Spiralband herabfällt, wenn man das Papier in der Mitte etwas einkneift und durch eine Stricknadel unterstützt (Fig. 52). Die Nadel wird auf einen breiten Kork gesteckt und die ganze Vorrichtung findet auf dem Sims eines gut geheizten Ofens Platz. Sofort beginnt sich die Schlange zu drehen, da die aufsteigende Luft die schrägen spiralförmigen Flächen zur Seite drückt.

Wärmeerzeugung ohne Feuer. Die Sonne ist für unsere Erde die Spenderin aller Wärme und allen Lichtes. Alle irdischen, künstlichen Wärmequellen kommen gegen die mächtige Wirkung

ihrer Strahlen kaum in Betracht. Sollte sie plötzlich vom Firmament verschwinden, so würde das Todesurteil über Pflanze und Tier gesprochen sein und in wenigen Wochen müßten sich ungeheure Eismassen vom Pol bis zum Äquator aufstürmen, alles Lebendige unter sich begrabend.

Selbst wenn wir unsere künstlichen Wärmequellen in Anspruch nehmen und uns des bescheidenen Feuers im Herde erfreuen, lehren wir doch nur von den Schätzen, welche die strahlende Himmelkönigin in verschwenderischer Fülle über den Erdball ausgestreut hat.

Als vor ungezählten Jahrmillionen eine feste Kruste sich auf dem glühend flüssigen Erdball gebildet hatte, ging es noch wild auf der jungen Oberfläche zu. Überall brach sich das kaum gefesselte Feuer durch die schwache Rinde Bahn und ungeheure Vulkanausbrüche wälzten ihre glühenden Lavamassen über das eben geborene Land. Kein Baum, kein Strauch, kein grüner Halm weit und breit. Aber in der Natur ist alles einer weisen Wechselwirkung unterworfen, und so brachten denn die wilden Erdrevolutionen, scheinbar alles Dasein vernichtend, doch den Keim des pflanzlichen Lebens zur Entwicklung. Jeder Vulkan atmet neben anderen Gasen Kohlenäure in ungeheuren Mengen aus und gerade diese dient der Pflanzenwelt zur hauptsächlichsten Nahrung. Wir dürfen uns daher nicht wundern, in späteren Entwicklungsperioden einem gewaltigen Pflanzenwuchse zu begegnen, wie ihn die Erde seit jenen Tagen nicht wieder gesehen hat. Sie glich damals einem ungeheuren Treibhause, durch dessen trübe Scheiben, dargestellt durch dicke Nebelmassen, die ersten spärlichen Sonnenstrahlen auf ihre Fläche gelangten. Unter dem Einfluß der Erwärmung schoß ungeheures Unkraut zu gewaltigen Baumriesen empor, die einander umschlingend Wälder von fabelhafter Ausdehnung bildeten. Doch auch diese Zeit üppigster Entwicklung der Pflanzenwelt ging vorüber. Das Riesenunkraut verfaulte, fiel zu Boden, Baumleiche häuften sich auf Baumleiche und versank unter dem Druck auflagernder Massen in die Tiefen der Erde zu jahrmillionenlangem Schlaf. Durch Druck und Verwesungsprozeß wurde aus dem an und für

sich wenig widerstandsfähigen Pflanzenmaterial jener harte, schwarze, glänzende Körper, den der Bergmann als Steinkohle aus dem dunkeln Schoß der Erde nach so langer Zeit wieder ans Tageslicht fördert. Wenn wir heute mit dieser Kohle unsere Öfen heizen, unsere Dampfmaschinen betreiben, so machen wir damit die Wärme wieder nutzbar, welche die Sonne in den Steinkohlenwäldern vergangener Zeit aufspeicherte.

Aber die Erde war einstmal auch eine Sonne und strahlte ehemals gerade so wie diese ihre jungen Gloten in den kalten Weltraum aus. Es ist beiden Körpern ergangen wie zwei ungleich großen Töpfen, die vom Feuer fortgezogen werden und von denen der kleinere naturgemäß schneller erkaltet. Daß aber auch heute noch das Innere der Erde heiß ist, beweisen die Vulkanausbrüche, beweisen die heißen Quellen und schließlich auch jedes Bergwerk, in dem die Temperatur mit der Tiefe zunimmt.

Diesen natürlichen Wärmequellen gegenüber spielen die künstlichen, wie schon gesagt, kaum eine Rolle. Man kann auf die verschiedenste Art Wärme erzeugen. Eine der bekanntesten ist diejenige durch Arbeitsverbrauch auf dem Wege der Reibung. Wer hat nicht schon einmal von der Art Wilder, Feuer zu machen, gehört? Wer weiß nicht, daß er seine erstarrten Hände durch Reibung erwärmen kann? Wer erinnert sich nicht einmal, mit Feuerstein und Stahl Funken geschlagen zu haben? Und wenn wir ein Streichhölzchen an seiner Schachtel entzünden, wodurch geschieht es denn anders, als durch Reibung der Zündmasse an der Unterlage und ihre Erwärmung bis zur Entzündungstemperatur? Keiner dieser Vorgänge spielt sich aber ab — und das ist sehr wichtig — ohne einen Aufwand an mechanischer Arbeit, so daß wir wohl ein Recht haben zu sagen, man könne Arbeit in Wärme verwandeln. Unsere Leser werden später sehen, daß man durch Arbeitsaufwand auch elektrische Energie und durch einen elektrischen Aufwand Wärme und Arbeit erzeugen kann. Diese Beziehungen der Kräfte zueinander sind nicht willkürlich, sondern geregelt durch eines der vornehmsten Naturgesetze, dessen Namen nämlich von der Erhaltung der Energie.

Es lohnt sich wohl der Mühe, dem Vorgang des Funken-schlagens aus dem Feuerstein etwas näher nachzuspüren. Durch das Anschlagen des Steines an den Stahl wird etwas von letzterem losgerissen. Aber die Stahlteilchen glühen nicht nur, sie schmelzen sogar, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man einen Bogen Papier ausbreitet und mehreremal darüber Funken schlägt. An dem grauen Staub kann man schwerlich etwas mit bloßem Auge erkennen, nimmt man aber eine gute Lupe zur Hand, so wird man das ganze Papier mit winzigen schwarz-grauen Kügelchen übersät finden, die an ihrer Oberfläche die deutlichsten Spuren der Schmelzung zeigen. Wir staunen zu hören, daß zur Schmelzung des Stahles eine Temperatur von nicht weniger als 1400 Grad Celsius erforderlich sei. Diese Temperatur muß also wirklich erreicht worden sein. Und in wie kurzer Zeit! Während der Dauer eines einzigen Schlasses. Es ist wohl jedem klar, daß die Erwärmung von etwa 0 auf 1400 Grad nicht sprungweise vor sich gegangen sein kann. Es muß in dem Augenblicke des Schlasses, dessen Dauer wir mit $\frac{1}{3}$ Sekunde sicherlich nicht überschätzen, die ganze Temperaturskala von 0 bis 1400 Grad durchlaufen werden, und das macht auf den Grad 0,00008 Sekunden. So geht man oft an den seltsamsten Erscheinungen des Lebens ganz achtlos vorüber, nur weil Häufigkeit und Gewohnheit sie des Wunderbaren entkleidet haben. Gerade wer den kleinen Vorgängen im Alltäglichen nachspürt, wird oft am meisten überrascht und für seine kleine Mühe am reichlichsten belohnt.

Was geht z. B. nicht alles in dem Augenblick vor, wo man ein Gewehr abschießt. Ein leiser Zug auf den Drücker läßt die Nadel mit großer Gewalt in die Zündmasse schlagen. Diese Kraft ist der Nadel nicht eigentümlich oder wird gar von ihr selbst erzeugt. Menschenkraft hat die Feder gespannt, und wenn das Gewehr schußfertig an der Wand lehnt, darf man wohl sagen, daß ein Stück Menschenkraft zu gelegentlicher Verwendung in ihm aufgespeichert sei. Die Nadel reißt sich an dem Pulver (einer Mischung aus Salpeter, Schwefel und Kohle) und erhitzt vielleicht

eines der winzigen Kohleteilchen bis zur Weißglut. Dieses gibt seine Wärme an das nächste Schwefel- und Salpetertheilchen ab, Sauerstoff und Stickstoff entwickeln sich in großer Menge. Ein Teil des Sauerstoffes verbindet sich mit dem Kohlenstoff zu Kohlenäure, ein anderer mit dem Schwefel zu Schwefelsäure, die sich im Flintenlauf ansetzt und diesen stark angreift.

Derselbe Vorgang spielt sich zwischen den anderen Körnern ab, die Gase entwickeln sich, dazu noch von der Hitze ausgedehnt, in gewaltiger Menge und treiben die Kugel aus dem Laufe. Alles dies spielt sich im Bruchtheil einer tausendstel Sekunde ab, denn für unsere groben Sinne fällt der Schlag des Hahnes und der Blitz des Gewehres auf denselben Moment zusammen.

Um auf das früher Gesagte zurückzukommen, so hat es nicht an Vorschlägen gefehlt, die durch Reibung erzeugte Wärme zur Heizung von Wohnräumen zu verwenden. Man wollte durch Wasserkraft sich große Steine aufeinander reiben lassen, diese heißen Steine mit Blech ummanteln und die in dem Kasten erwärmte Luft durch Röhren nach den Wohnräumen leiten. Man muß diese Idee heute als unpraktisch, aber möglich bezeichnen. Für unsere geklärten physikalischen Begriffe jedoch ungeheuerlich ist folgender Vorschlag: Man möge durch eine Dampfmaschine Reibungswärme erzeugen und diese, um die Kohlen zu sparen, zur Heizung des Dampfkessels verwenden. Dieser Gedanke ist unsinnig, weil er nichts anderes als die Erfindung eines perpetuum mobile anstrebt. Denn man sieht wohl ein, daß eine Pferdekraft eben nur so viel Wärme erzeugen kann, als einer Pferdekraft entspricht. Wenn nun von der Maschine eine Pferdekraft geleistet und gleichzeitig eben diese unter dem Kessel zur Erwärmung verbraucht wird, so wäre die Dampfmaschine nutzlos, denn sie leistete keine brauchbare Arbeit nach außen. Ja, wenn sie nur die geringste Kraft zu ihrer Drehung beanspruchte — und dies ist doch stets der Fall zur Überwindung des Reibungswiderstandes des Kolbens an den Zylinderwandungen und in den Lagern der Achsen —, so verbrauchte die Maschine mehr als die von ihr für die Heizung erzeugte Pferdekraft und könnte daher

überhaupt nicht in Betrieb kommen oder auch nur in Betrieb bleiben, falls man anfangs die Erhitzung des Kessels durch Kohlenfeuerung besorgt hätte. Man braucht gar nicht einmal daran zu denken, daß mehr als 80 Prozent der Feuerwärme unter dem Kessel verloren geht. Das perpetuum mobile ist überhaupt ein physikalischer Unsinn und spukt nur in den Köpfen halbwissender und urteilsloser Leute.

Erhitzung durch chemische Vorgänge. Unsere Leser ersehen aus dem letzten Abschnitt des Buches, daß gewisse Körper eine große Neigung haben, sich chemisch miteinander zu einem neuen Körper zu vereinigen, während andere wiederum das gleichgültigste Verhalten zeigen.



Fig. 53.

Erwärmung durch Zusammengießen kalter Flüssigkeiten.

Eine solche chemische Vereinigung geschieht nun sonderbarerweise nicht ohne eine mehr oder minder große Erwärmung der Substanzen, so daß der Chemiker sich gewöhnt hat, von einer Verbindungswärme zu sprechen. Den weiter unten beschriebenen Versuchen ist eine Erklärung nicht beigegeben, weil sie für alle dieselbe und schon erwähnte ist.

Man weiß, welche Hitze beim Löschen von Kalk entsteht. Legt man ein Ei in gepulverten, trockenen, ungelöschten Kalk und gießt dann Wasser darauf, so wird man in ganz kurzer Zeit das Ei hart gekocht finden. Selbst der trockene Kalk zieht aus der Luft schon genug Feuchtigkeit an, um an seiner Oberfläche Phosphorstückchen, Schwefel zu entzünden, Wachs und Talg zu schmelzen.

Bermischt man 1 Teil kaltes Wasser mit 4 Teilen Schwefelsäure, so wird eine Erwärmung bis zur Siedetemperatur des Wassers erzeugt. Dieses Experiment (Fig. 53) erfordert einige Vorsicht. Zunächst — und das mache man sich ein- für allemal zur obersten Regel — gieße man niemals das Wasser in die Säure, sondern stets umgekehrt die Säure, unter stetem Umrühren mit einem Glasstäbchen, zum Wasser. Kommen nämlich einige Tropfen Wasser in die Säure, so wird die plötzliche Erhitzung das Wasser verdampfen und so plötzlich ausdehnen, daß der Vorgang von einer Explosion kaum noch zu unterscheiden ist. Außerdem kommt der Experimentator hierbei stets in Gefahr, von der ägenden und umherspritzenden Säure verletzt zu werden. Ist der Schaden auf Kleidungsstücken schon alt, so läßt er sich nicht mehr beheben, denn die Säure hat das Gewebe vernichtet. Die rote Färbung läßt sich jedoch durch Betupfen mit Ammoniakflüssigkeit oder Salmiakgeist vernichten und auch die weitere Zerstörung des Gewebes aufhalten, wenn die Hilfe schnell genug kommt. Starkwandige Gläser sind, da sie in die Gefahr des Springens kommen, für den Erhitzungsversuch ungeeignet. Die Bechergläser der Chemiker eignen sich am besten. Man stellt sie auf ein mehrfach zusammengelegtes Tuch, besser noch in eine Schüssel, niemals aber aus begreiflichen Gründen auf die Politur des Tisches. Um Wasser zu kochen, kann man ein Reagenzgläschen, 1 cm hoch gefüllt, in das Becherglas stellen und dieses zugleich zum Umrühren benutzen, während man vorsichtig die Schwefelsäure zusetzt. Es genügt, etwa $\frac{1}{2}$ cm Wasserhöhe in dem Becherglase zu haben. Die Flüssigkeit in dem Gläschen wird nach spätestens einer halben Minute sieden. Fürchtet man, den Siedepunkt nicht zu erreichen, so nimmt man Alkohol zur Füllung desselben, dessen Siedepunkt wesentlich tiefer liegt.

Das eben beschriebene Experiment ist zwar schon wunderbar genug und wird auf den unbefangenen Zuschauer seine Wirkung nicht verfehlen. Glaubt man jedoch ein übriges tun zu müssen, so kann man den Versuch auch in folgende Form einkleiden: Man zieht eine weite Glasröhre zu einer feinen Spitze aus, die man

jedoch verschlossen läßt, und füllt sie so hoch mit Schwefelsäure, als das Wasser in einem hohen, schmalen Standgefäß steht. Darauf läßt man einen der Zuschauer mit der Glasröhre umrühren, was er so lange fortsetzen kann, als er will, ohne eine Erwärmung zu erzielen. Macht man jedoch den Versuch selbst, so stößt man gleich zuerst mit der Spitze gegen den Boden, so daß sie zerbricht und die Säure beim Emporheben des Röhrchens in das Wasser fließt, wo sie die vorausgesagte Erwärmung hervorruft. Man wird sich jedoch schämen, den Versuch unerklärt zu lassen und die Erhitzung auf die Dauer als durch die Arbeit des Umrührens hervorgerufen auszugeben.

Viel höher steigt die Temperatur durch Vermischung der Säuren mit Alkohol. Man gießt auch hier die Säure in die andere Flüssigkeit, wobei immer noch viel Vorsicht am Platze ist. Rauchende Salpetersäure und Alkohol erhizen sich bei langsamer Vermischung bis zu einer die Siedehitze des Wassers weit übersteigenden Temperatur. Mit der Salpetersäure nehme man sich vollends in acht, sie ist die ungleich gefährlichere Schwester der Schwefelsäure. Ihre gelblichen Flecke auf den Kleidungsstücken sind durch nichts zu beseitigen und werden nach kurzer Zeit durch Herausfallen des mürben Gewebes zu Löchern. Zu diesen Experimenten also ein alter Rock, dem es nichts schadet!

Es folgen nun noch einige Recepte zur feuerlosen Wärmeerzeugung, ohne daß dem Leser gerade geraten werden soll, sie alle durchzuprobieren. Die festen Substanzen werden dabei in so viel Wasser gelöst, daß nichts mehr von ihnen auf dem Grunde des Gefäßes bleibt.

Man vermischt, indem man die Säure vorsichtig und unter stetem Umrühren tropfenweise zusetzt, wobei in der Regel ein Aufbrausen entsteht:

- 5 Teile englische Schwefelsäure mit der Lösung von 6 Teilen trockenem kauftischen Kali, oder
- 5 Teile englische Schwefelsäure mit der Lösung von 4 Teilen kauftischem Natron, oder
- 5 Teile englische Schwefelsäure mit 3 Teilen trockenem gebrannten Kalk, den man auch vorher mit so viel Wasser, als er aufnehmen will, löschen und abkühlen kann, oder

5 Teile englische Schwefelsäure mit 2 Teilen Magnesia, oder
5 Teile englische Schwefelsäure mit 7 Teilen starker Ammoniakflüßigkeit.

Die Erhizung kann bei einigen chemischen Verbindungs Vorgängen sogar bis zur Entzündungstemperatur des neu gebildeten Körpers gesteigert werden. Man weiß, daß ätherische Öle, z. B. Terpentinöl, Nelkenöl u. a., durch Sauerstoffaufnahme aus der Luft verharzen. Bei diesem Vorgang bildet sich Wärme, und wenn nicht der Prozeß gar so lange dauerte und der Körper nicht inzwischen die spärlich auftretende Wärme auch wieder verlore, so würde er sich gemiß entzünden. Denn durch eine beschleunigte Verharzung tritt wirklich eine Entflammung ein. Um dies zu zeigen, gießt man in eine flache Schale ein wenig Terpentinöl und läßt darauf von einem Glasstabe oder einer Glasröhre einen Tropfen rauchender Salpetersäure fallen. Sofort bildet sich durch den Sauerstoffgehalt der Säure ein Harz und dieses geht in Flammen auf.

Chemische Verbindungen unter Feuererscheinung sind übrigens gar keine Seltenheit. Mischt man gleiche Teile von Eisenpulver und Schwefelblüte innig miteinander in einem Reagenzgläschen, so verhalten sie sich gegeneinander recht gleichgültig. Dennoch besitzen sie zueinander eine gewisse chemische Verwandtschaft, an die sie durch Erhizung nur erinnert zu werden brauchen. Man klemmt dazu das Röhrchen nahe seinem oberen Ende in schräger Stellung in ein Stativ und erhizt es mit einer Spirituslampe an seinem unteren Ende. Sobald sich die ersten Glüherscheinungen zeigen, kann man die Lampe entfernen und sieht dann, da die eingetretene Verbindung selbst die weitere Erhizung übernimmt, die Feuererscheinung durch das ganze Rohr gehen. Es bildet sich ein neuer Körper, das Schwefeleisen, dessen man zur Darstellung des Schwefelwasserstoffs bedarf. Da das Röhrchen Neigung zum Springen zeigt, stelle man den Versuch auf der Herdplatte an.

Ist die Verwandtschaft größer, so genügt oft schon, wie beim Schießpulver, ein geringer Anlaß, um die chemische Verbindung zu veranlassen. Je schneller sie vor sich geht, desto höher wird die Temperatur ausfallen. Mischt man gleiche Teile von Streuzucker

und chlorsaurem Kali — jener bekannten, zum Gurgeln bei Halsentzündungen verwendeten Substanz — vorsichtig mit einem Hölzchen auf einem Blatt Papier, so erhält man ein ziemlich explosives Gemenge. Ein unvorsichtiger Schlag, der Funke einer Zigarre, kann es zur Entzündung bringen. Wir verschmähen beide Arten der Zündung und wählen einen dritten Weg, indem wir einen Tropfen Schwefelsäure auf das Pulver fallen lassen und so gleichsam ein Doppelexperiment anstellen (Fig. 54). Die Schwefelsäure erhitzt ein kleines Zuckerstückchen auf chemischem Wege, indem sie es gleichsam verkohlt. Sofort tritt nun die Verwandtschaft

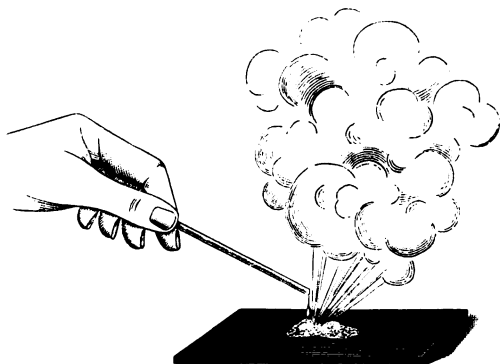


Fig. 54. Explosion von Zucker und chlorsaurem Kali.

zwischen den Gemengeteilen in ihr Recht und unter heftigem Rischen schießt eine bläulichweiße Flamme empor, eine große Rauchwolke mit sich führend. Ein schwärzliches Pulver bleibt zurück — Kohle. Auch dieser Versuch wird der Sicherheit wegen auf der Herdplatte angestellt. Man nimmt nicht mehr als höchstens 10 g Gemenge und stellt davon immer nur so viel her, als man auch bei einem Versuch verwenden kann.

Der chemische Vorgang der Gärung und Neubildung bringt im täglichen Leben Erhitzungserscheinungen mit sich, die teils ermüßigt sind, teils aber auch ungeheuren Schaden anrichten können. Frischer Mist entwickelt bekanntlich in mehreren Tagen

aufeinander eine nicht unbeträchtliche Wärme, was ihn dem Gärtner zum Antreiben von Pflanzen in den sogenannten Mistbeeten sehr wertvoll macht. Weniger angenehm ist schon die Erhitzung feuchten Heues, mehr noch des feucht eingebrachten Grummetts, die sich bis zu einem bedenklichen Grade, ja bis zur Entflammung steigern kann. Hiervon ist man durch sehr traurige Erfahrungen leider nur zu sehr überzeugt worden. Sehr oft sind auf dem Lande Frachtfuhrwerke, auf der See große Schiffe ohne äußere Ursache verbrannt, zweifellos durch chemische Selbstentzündung, die auch gar nicht selten bei Eisenbahnzügen vorkommt, welche frisch gepresste Braunkohlenbriketts führen. Verfasser selbst sah einmal mehrere Güterwagen lichterloh brennen. Übrigens können sich unsere Leser selbst von der Wahrheit der Angaben überzeugen, wenn sie einmal einige Zentner frischen Heues auf einen Haufen legen lassen und nach etwa 24 Stunden mit der Hand tief hineinfahren. Sie mögen sich vorsehen, nicht Brandblasen davonzutragen.

Alles dies dürfte bekannter sein als die einfache und doch so überaus wichtige Tatsache, daß der größte Teil unserer Körperwärme aus chemischen Verbindungen herkommt. Die ausgeatmete Luft hat nicht mehr die Zusammensetzung der eingeatmeten, sie ist weit ärmer an Sauerstoff, weit reicher an Kohlensäure, nur der Stickstoffgehalt ist etwa derselbe. In den unendlich vielen, fein verzweigten Kanälen der Lungensäcke nämlich kommt das durch den Körper kreisende Blut mit der Luft in Berührung und gibt, während es sich mit dem Leben spendenden und erhaltenden Sauerstoff verbindet, die giftige Kohlensäure nach außen ab. Dieser chemische Stoffwechsel reinigt das Blut und erwärmt es zugleich. Ein anderer Teil der Körperwärme stammt aus mechanischer Arbeitsleistung her und wird durch die Bewegung des Körpers erzeugt. Ein schlafender Mensch ermangelt dieser Wärmequelle und muß sich in Decken hüllen, um die Abgabe der Wärme an die kalte Luft zu verhüten. Die Atmung ist langsamer, aber dauert doch fort und mit ihr die chemische Wärmeentwicklung. Auch im Schlafe spielt sich derselbe Prozeß ab, die Zimmerluft wird immer ärmer an Sauerstoff, immer reicher an Kohlensäure, so daß man

sie schließlich vergiftet nennen möchte. Wie töricht also, zu mehreren gerade in dem kleinsten Zimmer der Wohnung zu schlafen, als ob dieses für ein so „nebensächliches“ Geschäft gerade gut genug wäre. Am Ende würde die Atmosphäre des ganzen Erdballes zu sauerstoffarm zum atmen, wenn nicht die Natur in weiser Wechselwirkung die Pflanzenwelt Kohensäure einatmen und Sauerstoff ausatmen ließe. So sind denn Pflanzenwelt und Tierwelt nicht zufällig nebeneinander vorhanden, sondern voneinander abhängig und einander zum Leben unentbehrlich.

Erwärmung einer Flüssigkeit durch Umschütteln. Dieses Experiment bedarf einiger Worte zur Erklärung. Es beruht nicht auf der Erwärmung durch einen chemischen Verbindungsvorgang. Unsere Leser wissen, daß man einem festen Körper, um ihn zu schmelzen und in eine Flüssigkeit zu verwandeln, Wärme zuführen muß. So schmilzt das Eis an den erwärmenden Strahlen der Sonne, das Wachs an der strahlenden Flamme der Kerze, das Eisen in der Glut des Hohofens. Nur eines ist höchst merkwürdig bei diesem Vorgange und schier unbegreiflich: das Thermometer steigt nicht den tausendsten Teil eines Grades, es rührt sich nicht, man mag dem schmelzenden Körper Wärme zuführen so viel man will. Hat man ein wenig klein gestoßenes Eis zur Hand, ein Becherglas, eine Spirituslampe und ein Thermometer, so kann man sich davon leicht überzeugen. Man hält dann das Glas mit dem Eis über die heizende Lampe und rührt mit dem Thermometer um. Solange das Eis schmilzt, bleibt das Thermometer beharrlich auf 0 Grad stehen und steigt erst wieder, wenn das letzte Eiskriställchen in der Flüssigkeit zergangen ist. Man steht fast vor einem Rätsel. Wo soll denn nur die Wärme geblieben sein, die während des minutenlangen Vorganges in reichlicher Menge von der heißen Flamme auf die Flüssigkeit überging? Nun, man kann sagen, sie war anderweit beschäftigt und konnte sich um das Thermometer nicht kümmern, denn sie hatte Eis von 0 Grad in Wasser von 0 Grad zu verwandeln. In dieser Arbeit ist sie aufgegangen und verborgen, sie ist „latent“ geworden, wie die

Physiker sagen. Und wirklich kommt sie wieder zum Vorschein, wenn der Prozeß sich umgekehrt abspielt und Wasser in Eis verwandelt wird. Ungeheure Wärmemengen werden so zum Beginn des Winters durch das Gefrieren des Eises erzeugt und mildern die grimmige Einwirkung des Frostes. Selbstverständlich gilt das eben Gesagte nicht nur für Wasser und Eis, sondern für jeden flüssigen Körper, der sich in einen festen verwandelt.

Wir wollen Kristalle von unterschwefligsaurem Natron — dem bekannten Fixiersalz der Photographen — in einem kleinen Glaskölbchen der Erwärmung durch eine Spirituslampe aussetzen. Sie schmelzen zu einer farblosen Flüssigkeit ein, worauf man das Kölbchen mit einem Wattebausch verschließt und an einer erschütterungsfreien Stelle unberührt stehen läßt. Nach einigen Stunden hat sich die Lösung abgekühlt, aber sich merkwürdigerweise nicht wieder in den festen Körper zurückverwandelt. Dieser Zustand ist ein ganz unnatürlicher (so etwa wie derjenige eines Stodes, der freistehend auf seiner Spitze balanciert), der kleinste Anlaß genügt, um ihm ein Ende zu bereiten und die Flüssigkeit mit einem Schlage in Kristall zurückzuverwandeln. Dabei kommt denn auch die verborgene Wärme wieder zum Vorschein, die vorher zur Schmelzung aufgewendet wurde und zwar nicht wie beim Vorgang der Eisbildung allmählich, sondern mit aller Plötzlichkeit, so daß eine nicht unbeträchtliche Temperaturerhöhung die Folge ist. Man braucht die Flasche nur unsanft zu rütteln, um des Erfolges ziemlich sicher zu sein, besser noch, man verursacht die Störung durch Hineinwerfen eines kleinen Natronkristalles. Sofort schießt aus der Lösung ein zweites Kriställchen an, ein drittes, viertes, nach allen Seiten greift der Vorgang aus und schneller, als wir dies schreiben, ist die Flüssigkeit fest geworden und das Glas dabei so heiß, daß man es kaum mit der Hand berühren kann, ja daß selbst ein Teil der Kristalle wieder schmilzt und so die völlige Erstarrung noch etwas verzögert. Dies Experiment ist überraschend und lehrreich, dabei aber so leicht anzustellen, daß es jeder einmal versuchen sollte, und wir hätten seiner Besprechung nicht so viel Raum gewidmet, wenn es nicht zugleich den Schlüssel für das Verständnis aller folgenden

Versuche hôte. Es ist lehrreich auch, weil es deutlich die ganz verschiedene Funktion unserer Dampfheizungen in den Häusern, gegenüber denen mit heißer Luft und warmem Wasser zeigt. Treibt man heiße Luft oder heißes Wasser durch eine Glasröhre, so erwärmen sie diese bei weitem nicht so schnell, wie ein Dampfstrom gleicher Temperatur. Die Luft und das Wasser nämlich erhigen das Rohr nur durch Wärmeleitung, der Wasserdampf aber schlägt sich an dem Rohre nieder, geht aus dem luftförmigen Zustande in den tropfbar flüssigen über und setzt alle Wärme, die er gebraucht hat, um aus Wasser Dampf zu werden, an den Wänden der Röhre wieder ab.

Künstliche Kälte in warmen Räumen. Wir sahen das feste unterschwefligsaure Natron in flüssiges übergehen und konnten uns darüber klar werden, daß sowohl zur Überführung eines festen Körpers in einen flüssigen wie eines flüssigen in einen gasförmigen Wärme nötig sei. In unserem Falle wurde der Wärmeverbrauch durch die Spiritusflamme gedeckt. Führt man jedoch einen festen Körper in einen flüssigen, einen flüssigen in einen gasförmigen zwangsweise über, d. h. ohne äußere Wärmezufuhr, so ist er gezwungen, sich die allemal erforderliche Wärme von anderer Seite zu holen. Schließlich entzieht er sie sich selbst, da er sich ja am nächsten ist, und muß folgerichtig dadurch kälter werden als er vorher war. Es ist aber nicht schwer, einen Körper zwangsweise zu verändern, man denke nur an die Auflösung von Salz in Wasser, an die Verdunstung von Wasser im Winde. Wir alle haben ja die Erfahrung gemacht, daß wir, aus dem Bade kommend, auch im hohen Sommer und in der Sonne frieren, wenn die Luft frisch geht. Das Wasser gebraucht zu seiner Verdunstung Wärme und diese entzieht es dem Körper um so heftiger, je schneller die Verdunstung vor sich geht. Daher wird auch der schneller vergasende Weingeist auf dem Körper ein weit intensiveres Gefühl der Kälte zurücklassen als das Wasser. Wollte man einen nackten Menschen, im Sonnenscheine stehend, bei regem Luftzug eine Zeitlang mit Äther begießen, so würde er im heißen Sommer

in bester Form erfrieren, durch Frost getötet werden, als stände er auf den Schneefeldern Sibiriens. In geringerem Maße zeigt schon Eau de Cologne diese Verdunstungskälte und wirkt gerade durch sie auf der Stirnhaut und an den Schläfen so erfrischend. Unter der Luftpumpe kann die Verdunstung des Äthers so beschleunigt werden, daß selbst Wasser in ihm gefriert.

Bequemer ist es schon, einen festen Körper durch eine chemische Operation in einen flüssigen überzuführen, wobei bedeutende Kältegrade erreicht werden können. Jedermann weiß, daß die Straßenbahngesellschaften im Winter auf die zugefrorenen und beschneiten Geleise Salz streuen lassen und daß sie damit ihren Zweck, die harte Kruste zu verflüssigen, vollkommen erreichen. Daß der entstandene Brei nun außerordentlich kalt ist, kälter jedenfalls als der Schnee vorher, interessiert sie nicht weiter, uns aber um so mehr, denn wir haben in der Vermischung von Salz und Schnee oder Eis in der That eines der einfachsten und wirksamsten Abkühlungsmittel vor uns, mit dem wir leider nur an eine bestimmte Jahreszeit gebunden sind. Mischen unsere Leser in nicht zu kleinen Quantitäten 1 Teil Schnee mit $1\frac{1}{2}$ Theilen Salz und zwar so schnell und innig als möglich, so erhalten sie eine Temperatur von -17° Celsius. Wir vermeiden gern das Wort Kälte im Gegensatz zur Wärme, was leicht zu dem Irrtum verleiten könnte, es handle sich um zwei grundverschiedene Dinge. In Wahrheit ist jeder, auch der kalte Körper, warm, solange man ihm noch Wärme entziehen und ihn noch kälter machen kann. Wärme und Kälte sind Ausdrücke persönlicher Empfindung und beziehen sich im übrigen auf die Abschnitte oberhalb und unterhalb desjenigen Thermometerstandes, bei dem Wasser gefriert.

Anderere Mittel zur schnellen Verflüssigung des Schnees und daher auch zur Erreichung tiefer Temperaturen sind folgende.

Man setzt auf 1 Teil Wasser 4 Teile Schwefelsäure hinzu und vermischt 1 Teil Schnee mit ein Drittel der verdünnten Schwefelsäure, wodurch man einen Temperaturabfall von 0° Celsius auf -32° Celsius erreichen kann.

Bei der schnellen Mischung von 2 Theilen Schnee und 1 Teil

Chlorcalcium erhält man Temperaturen bis zu $-42,5^{\circ}$ Celsius, eine Temperatur, bei welcher Quecksilber bereits gefriert.

Unabhängig von der Jahreszeit wird man durch jene Gefriermittel, welche in der Auflösung eines festen Körpers bestehen. Von Zucker wurde bereits gesprochen. Bessere Resultate erhält man durch schnelles Auflösen (unter Umrühren) von fein gepulvertem Salmiak in der doppelten Menge kalten Wassers. Das Glas beschlägt sofort, auch spürt man die Wärmeentziehung an der Hand.

14 Teile Glaubersalz, fein gepulvert, mit 9 Teilen Salpetersäure übergossen, geben ein wohlfeiles und sehr energisches Abkühlungsmittel, doch ist das Hantieren mit dieser Mischung unreinlich und gefährlich.

Sehr leicht kann man Wasser in einem Reagenzröhrchen in folgenden reinlichen Mischungen gefrieren lassen. Vorausgesetzt ist, daß man die Salze in gut gepulvertem Zustande anwendet und daß die Mischung und Lösung schnell geschieht. Man füllt das Wasser in ein Reagenzröhrchen und rührt die Lösung mit diesem um. Wir nehmen an, daß sich diese zu Anfang auf der Temperatur des frischen Leitungswassers, d. h. auf etwa $+10^{\circ}$ C. befunden haben und geben die erzielten Abkühlungen unter dieser Voraussetzung:

- 1 Teil Wasser gemischt mit 1 Teil salpetersaurem Ammoniak (-15°),
- 1 Teil Wasser gemischt mit 1 Teil salpetersaurem Ammoniak und 1 Teil kristallisierter Soda ($-13,8^{\circ}$),
- 16 Teile Wasser gemischt mit 5 Teilen Salmiak und 5 Teilen Salpeter (-12°).

Für Versuche in größerem Maßstabe ist folgende, allerdings mit einer Säure arbeitende, aber billige Mischung zu empfehlen:

5 Teile Salzsäure, 8 Teile Glaubersalz (gestoßen) ($-17,8^{\circ}$). Das zu gefrierende Wasser muß ständig bewegt werden, da sich sonst an der Glaswandung eine Eiskruste absetzt, welche das weitere Vorschreiten des Processes aufhält.

Wir machen nun unsere Leser darauf aufmerksam, daß sie mit einer Art von Stufenverfahren noch geringere Wärmegrade

als die angegebenen erzielen können, wir meinen dadurch, daß sie die zu einer Kältemischung gehörigen Substanzen bereits vorher in einer anderen abkühlen. Alle die genannten Mischungen sind hierfür brauchbar. Wir fügen eine neue hinzu, indem wir erwähnen, daß 2 Teile Schnee und 3 Teile salzsaurer Kalk die Temperatur bis auf etwa 30° unter den Nullpunkt sinken lassen können. Kühlt man in dieser Mischung nun in gesonderten dünnwandigen Gefäßen 3 Teile Schnee und 2 Teile salzsauren Kalk ab, so werden beide Bestandteile ebenfalls die Temperatur von -30° annehmen und nach ihrer Mischung dann die Temperatur bis auf etwa -42° sinken lassen.

Kühlt man auf ähnliche Weise in einer Mischung verdünnte Salpetersäure und Schnee ab, so ergeben sie miteinander gemischt einen Temperaturabfall bis auf etwa -35° .

8 Teile Schnee und 10 Teile verdünnte Schwefelsäure in dieser Mischung abgekühlt, können dann gar -55° ergeben. Viel weiter wird man auch auf diese Weise nicht mehr kommen, da bei so tiefen Temperaturen die in Frage kommenden Substanzen ihre Neigung verlieren, sich chemisch miteinander zu verbinden und flüchtig zu werden.

Es gibt freilich andere Mittel, noch tiefere Temperaturen zu erzielen.

Künstlicher Nebel in einer Flasche. Der Ausdruck „künstlich“ ist vielleicht nicht ganz am Platze, da der von uns erzeugte Nebel so echt ist, als er nur sein kann und sich seiner Beschaffenheit nach in nichts von demjenigen unterscheidet, der zur Abendzeit über die feuchten Wiesen zieht. Immerhin wird man nicht gerade in Wasserflaschen nach Nebeln suchen, und sie dort darzustellen, das ist die Kunst, eine Kunst freilich, die man sich erst mit dem Verständnis für die Erscheinung zu eigen macht.

Der aufmerksame Beobachter hat bei den Experimenten über Kältemischungen sicher bemerkt, daß bei einer gewissen Temperatur das Glasgefäß plötzlich beschlug, d. h. sich mit unzähligen kleinen Wassertröpfchen bedeckte, eine Erscheinung, die uns genugsam auch

an den Fenstern unserer Zimmer im Winter zu schaffen macht. Woher stammt dieses Wasser, welches niemand vorher sah, und wie kommt es, daß es sich gerade an die Glaswand absetzt? Da soll denn gesagt sein, daß es Wasser stets in genügender Menge in der Luft gibt, freilich nicht in flüssiger, sichtbarer, sondern in gasförmiger, unsichtbarer Form. Es ist das Wasser, welches unter dem Einfluß der Wärme aus Flüssen und Seen, aus dem feuchten Erdbreich, von Bäumen und Gräsern aufsteigt. Aber man darf nie vergessen, daß es seine Gasgestalt doch eben nur der Erwärmung verdankt und stets bereit ist, in seinen flüssigen Zustand wieder zurückzukehren, wenn sich Gelegenheit dazu bietet. So sehen wir denn nach kühler Nacht Millionen und aber Millionen von Wassertropfchen an Halmen und Büschen glänzen, wir bemerken die gleiche Erscheinung auch an den Wandungen unseres kalten Glasgefäßes. Hier „taut“ es genau so wie auf der Wiese.

Ist viel Wasser dampfförmig in der Luft, so genügt schon eine geringe Abkühlung, um den Wasserniederschlag zu veranlassen. Man nennt die Temperatur, bei welcher die Erscheinung eintritt, den „Taupunkt“. Er ist also veränderlich und es kann unseren Lesern nur empfohlen werden, seine Bestimmung einmal an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten vorzunehmen, besonders da die Versuche ohne alle Umstände sind.

Man füllt dazu ein kleines wohl abgetrocknetes, dünnes Becherglas mit lauem Wasser und stellt es an einem schattigen Ort ins Freie. Darauf wirft man ein Stückchen Eis in das Wasser und rührt mit einem Thermometer, das man dauernd beobachtet, um. Das Thermometer beginnt nun langsam zu sinken und plötzlich beschlägt die Außenfläche des Glases mit einer zarten Wasserschicht. In diesem Augenblick wird der Stand des Thermometers notiert, der Taupunkt ist erreicht. Vergleicht man die Höhe des Taupunktes mit der Temperatur der Außenluft, so findet man sehr oft einen großen, bisweilen aber auch einen nur geringen Unterschied. Besterer Zustand ist besonders interessant, da dann offenbar schon ein geringer Temperaturabfall der Luft — und wann könnte dieser im Laufe des Tages nicht eintreten — genügt,

um das dampfförmige Wasser schnell und in großer Menge auf die Erde niederzuschlagen, d. h. einen Regen zu veranlassen. Steht daher das Barometer tief und der Taupunkt hoch, bezüglich ist die Differenz zwischen dem Taupunkt und der Außentemperatur gering, so wird man mit großer Bestimmtheit auf Regen rechnen können.

Eine Abkühlung kann auch durch andere Umstände als das Aussetzen der Sonnenstrahlen, etwa durch Wolkenbeschattung, erfolgen, wie es unser Versuch über die Nebelbildung, in dem eigentlich alles in diesem Abschnitt über die Wärme Gesagte noch einmal zusammengefaßt wird, zeigen soll. Ein Gas dehnt sich bei Erwärmung aus und gibt die Wärme wieder ab, wenn es sich zusammenzieht. Erfolgt die Ausdehnung ohne äußere Wärmezufuhr auf anderem Wege, so wird das Gas die nötige Wärme aus sich selbst entnehmen müssen und daher gerade so kälter werden, wie die Salze, welche wir zwangen, in den flüssigen Zustand überzugehen. Preßt man daher ein Gas in einer Flasche zusammen, läßt es sich auf Außentemperatur abkühlen und gestattet ihm durch Öffnung des Verschlusses dann eine plötzliche Ausdehnung, so wird es sich abkühlen müssen. Enthält es dabei Wasserdampf in so reichlicher Menge, daß die Temperaturerniedrigung genügt, um den Taupunkt zu erreichen, so muß sich der Dampf als Wasser an den Wandungen niederschlagen. Es ist seltsam genug, daß der Tau stets eines Gegenstandes bedarf, an den er sich klammert, daß er nicht, wie es scheint, frei in der Luft entstehen kann, wenigstens nicht, wenn diese ganz rein ist und keinerlei mechanische Beimengungen an Staubchen enthält. Dieser Fall tritt aber immer ein, Verunreinigungen sind in der Luft stets vorhanden und so begegnen wir denn den winzigen Wasserbläschen oft genug über dem Erdboden schwebend, wo sie durch ihre große Anzahl die Luft undurchscheinend machen und als Nebelmassen dahinziehen.

Nun sind wir auf unser schönes Experiment vorbereitet. Eine Wasserflasche, so groß als nur möglich, wird mit einem Stopfen und einer Glasröhre versehen (Fig. 55, a. f. S.), durch welche letztere man Luft in die Flasche blasen kann. Vor dem Verschließen

dreht man die Flasche um und läßt die Dämpfe eines auf einem Köffel brennenden Schwefelstückchens hineinsteigen. Hierdurch werden die Kondensationskerne für die Wasserbläschen geschaffen. Um die Luft stets feucht zu erhalten, genügt es, ein Stückchen durchnäßten Löschpapieres in die Flasche zu werfen oder besser noch, ein Streifchen so in den Korken zu klemmen, daß es frei herabhängt. Darauf bläst man aus aller Kraft Luft in die Flasche und kneift den Schlauch so lange zu, als man etwa glaubt, daß die Luft Zeit zur Abkühlung auf Zimmertemperatur brauche. Dann öffnet man plötzlich, gewährt der zusammengepreßten Luft

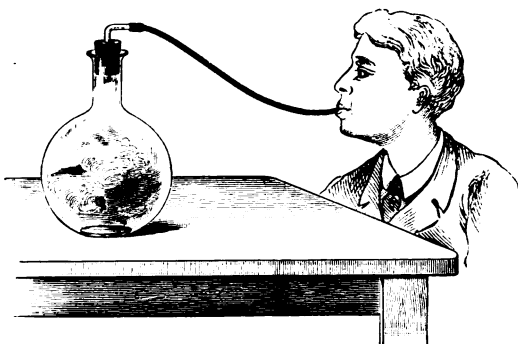


Fig. 55. Nebel in einer Wasserflasche.

schnellen Austritt und sieht nun das Innere der Flasche sich mit dichtem Nebel erfüllen, dessen Undurchdringlichkeit selbst den berühmten Londoner Nebel zu schanden macht, da man oft durch die Flasche die Hand nicht mehr erkennen kann. Besonders wirkungsvoll wird das Experiment durch Anbringung eines Lichtes hinter der Flasche, unter dem man sich etwa den Mond vorstellen kann und das so lange hell und klar sichtbar ist, als sich nicht Nebel zeigen. Sobald sie aber auftreten, bildet sich ein strahlender Hof um die Flamme, der durchaus demjenigen des Mondes bei trüber Luft zu vergleichen ist.

Wird wiederum Luft in die Flasche geblasen, so kann man Zeuge eines interessanten Schauspiels sein. Die zusammengepreßte

Luft wird so warm, daß sie anfängt, die Nebelbläschen aufzulösen und zu verdampfen. Wolken ballen sich zusammen, ziehen auf und nieder, ein wildes Nebeltreiben beginnt, bis schließlich die Luft wieder ganz rein und durchscheinend ist. Den gleichen Effekt kann man erzielen, wenn man die mit Nebel gefüllte Flasche den ins Zimmer fallenden wärmenden Sonnenstrahlen aussetzt, und erhält dann eine lebendige Vorstellung von dem Kampfe der Sonne mit den Morgennebeln und den von der kalten Nacht gewebten Dünsten. So spiegelt sich in unserem Experiment ein Stück Natur wieder, die wir um so mehr lieben werden, je besser wir sie verstehen.

Durch plötzliche Ausdehnung von Gasen kann man nun Kältegrade erzeugen, denen gegenüber diejenigen Sibiriens fast nichts mehr bedeuten wollen. Sollte nicht etwa schon die auffallende Kälte der Luft auf hohen Bergspitzen eine Folge ihrer Verdünnung sein? Die Physiker wollen allerdings keine andere Erklärung gelten lassen und behaupten, daß, wenn man plötzlich die Luft auf der Höhe des Chimborasso zusammenpressen und unter den Druck bringen könnte, welchen sie an der Meeresfläche erleidet, sie auch selbst auf jener Höhe die Temperatur des Meeresufers annehmen würde, und daß Luft aus jener Höhe, mit Bligeschnelle in die Ebene herabgeholt, sich in nichts von ihrer Umgebung unterscheiden könne.

Wie man stufenweise durch Ausdehnung zusammengesperrter Gase zu tiefsten Temperaturen gelangen kann, das mag unsern Lesern nur dem Prinzip nach erklärt werden, da sie, so sehr wir es ihnen auch wünschen, kaum jemals in die Lage kommen werden, mehrere Tausende für ein einziges Experiment auszugeben. Man denke sich fünf oder sechs stählerne Hohlkugeln von sicher festen Wandungen mit Hähnen versehen und durch besonders konstruierte Kompressionspumpen mit Luft bis zu einem Druck von mehreren hundert Atmosphären gefüllt. Sind alle Kugeln so weit als möglich in Kältemischungen abgekühlt, so öffnet man den Hahn der einen und läßt den gewaltsam hervorschießenden Luftstrom auf die zweite Kugel stoßen. Durch seine plötzliche Ausdehnung ist

dieser ungemein kalt und entzieht der anderen Kugel einen großen Teil ihrer Wärme. Man öffnet ihren Hahn, wenn die erste Kugel leer ist, und läßt ihren Strom auf die dritte stoßen u. s. f. Man begreift, daß dann der Luftstrom der letzten Kugel eine außerordentlich geringe Temperatur besitzen muß, in der man Weingeist gefrieren und eine Menge Gase, welche man früher für durchaus beständig hielt, in Flüssigkeiten, ja selbst, wie z. B. die Kohlensäure, in feste Körper verwandeln kann.

Genau genommen braucht man zu diesem Verfahren eigentlich nur eine Kugel, vorausgesetzt, daß sie groß genug ist, um den Luftstrom lange genug liefern zu können, denn man könnte ja die ausströmende Luft um die Kugel selbst leiten und diese sich immer weiter abkühlen lassen. Wirklich ist dieser Weg mit Erfolg beschritten worden. Unsere Leser werden davon gehört haben, daß man so selbst die atmosphärische Luft in eine Flüssigkeit von -191°C . verwandelt hat.

Vierter Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Lichtlehre.

Die Sonne ist die Spenderin des Lichtes und der Lebensfreude. Wenn nach langer Nacht ihre ersten glutig roten Strahlen die Erde streifen und siegreich die Schleier des Morgennebels durchbrechen, dann öffnen die Blüten ihre Kelche, die Vögel jubeln dem Licht entgegen und auch in die Brust des Menschen zieht Freude ein und Vertrauen zu neuer Arbeit. Die Sonne hat von jeher jenen gewaltigen Zauber auf den Menschen ausgeübt, mehr noch als jetzt in jenen Zeiten, wo nur der Kienspan trübe und traurig die langen Winternächte erhellte und prasselnde Holzscheite auf der rauchigen Feuerstätte mühsam die Kälte aus den niedrigen Hütten verscheuchten. Wer kümmert sich heute viel um den Stand der Sonne? Zentralheizung und elektrische Beleuchtung machen die Sorge um sie überflüssig. Damals aber — ja damals hingen aller Augen wie gebannt an der Himmelkönigin. Wenn der Wintertag kam, an dem der glutige Ball nicht mehr tiefer zum Horizont herabsank, wenn er wieder begann, sich hebend, täglich größere und höhere Kreise am Himmel zu ziehen, Licht, Wärme und Frühlingstage verheißend — dann flammten auf allen Bergen die Juf Feuer auf und jubelnd wurde das Fest der Sonnenwende begangen. Die Sonne war der Zeiger, der Himmel das Zifferblatt, an dem man den Beginn der Jahreszeiten und die Stunden des Tages

abzulesen vermochte. Wer rühmt sich heute noch dieser Kunst? Kaum noch der Bauer auf dem Felde, der, seine Augen mit dem emporgehobenen Arm beschattend, zum strahlenden Feuerball emporsieht. Wir halten es für unsere Pflicht, uns zu Beginn eines Kapitels, das von der Lehre des Lichtes handeln soll, der Sonne und der von ihr gebotenen Zeiteinteilung zu erinnern.

Die Sonnenuhr. Jeder, der gelernt hat, die Natur mit offenen Sinnen zu betrachten, wird schon in seiner nächsten Nähe die interessantesten Entdeckungen machen können. Er studiere nur einmal seinen Schatten zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten. Der Schatten bleibt nämlich nicht stehen, sondern kriecht um ihn herum. Während er des Morgens nach Westen fällt, zeigt er mittags nach Norden und abends nach Osten, und er würde gerade um Mitternacht nach Süden fallen, wenn die Strahlen der Sonne nicht durch die Erde aufgehalten würden. Beobachtete er den Schatten allemal zur Mittagszeit an verschiedenen Tagen, so würde er immer eine andere Länge finden. Im Winter ist der Schatten am längsten, im Sommer am kürzesten, und zweimal im Jahre, zu Frühjahr- und Herbstanfang, hat er dieselbe mittlere Größe. Alle diese Erscheinungen hängen natürlich mit dem Stande der Sonne zusammen. Wir wissen bereits, wie die Jahreszeiten zu stande kommen oder können es doch leicht auf Seite 42 des Buches nachlesen. Es ist in Wahrheit die Erde selbst, welche durch ihre eigentümliche Stellung zu ihrer Bahn um die Sonne bald die nördliche, bald die südliche Hälfte mehr der Sonne zuwendet. Der Mensch aber, für den die Erde die feste Grundlage ist, kann sich von dem umgekehrten Eindruck nicht losmachen, und er schreibt der Sonne eine Wanderung zu, die eigentlich von der Erde ausgeführt wird. So scheint es denn, als ob die Sonne im Winter kürzere und niedrige Kreisbahnstücke über den Himmel schlägt, im Sommer weiter ausgreifende und höhere. Mit ihrem Höhenstande verändern sich dann auch die Schattenlängen. Übrigens geht sie keineswegs immer genau im Osten auf und im Westen unter, das ist ja auch nicht möglich, wenn ihre scheinbaren Kreisbahn-

stücke zu verschiedenen Zeiten verschiedene Längen und Höhen haben sollen. Im Winter geht sie über einem Horizontpunkt auf, der zwischen Ost und Süd liegt. Mitternacht erhebt sie sich bis zur Mittagszeit — wo sie immer südlich steht — nur wenig über den Horizont, um nach kurzer Wanderung zwischen Süd und West zu versinken. Desto länger ist ihre Wanderung hinter unserem Rücken um den Erdball herum. So liegen die Verhältnisse zur Zeit des kürzesten Tages und der längsten Nacht — am 21. Dezember. Von da ab greifen ihre Kreise immer weiter und höher aus. Sie setzen immer weiter nach Ost zu an, und eines Tages geht die Sonne genau im Osten auf, im Westen unter. Ihre Bahn über dem Horizont ist gerade so groß, wie unter demselben — es ist Frühlings-Tag- und Nachtgleiche am 21. März. Die Sonne bleibt 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizont, sie geht also, da sie um 12 Uhr mittags, im Süden stehend, die Hälfte ihrer Tagesbahn zurückgelegt hat, genau um 6 Uhr morgens auf und um 6 Uhr abends unter. Weiter in den Sommer hinein werden die Sonnenkreise noch umfassender und höher, die Tagesreise wird im Verhältnis zur Nachtreise immer größer und wir nähern uns der Zeit der kürzesten Schatten — dem längsten Tage und der kürzesten Nacht, am 21. Juni. Nun geht die Sonne an einem Punkt des Horizontes auf, der zwischen Ost und Nord liegt, und, über Süden einen gewaltig hohen Bogen ziehend, zwischen West und Nord unter. Dann wiederholen sich die Verhältnisse in umgekehrter Reihenfolge, wir haben wieder (am 23. September) Tag- und Nachtgleiche und am 21. Dezember den kürzesten Tag.

Da die Sonne auf unser Tun und Lassen so mächtig einwirkt, hat man nach ihrem Lauf eine Zeiteinteilung geschaffen. Man teilt die Zeit, welche vergeht, während der Sonnenball von seinem höchsten südlichen Stande an einem Tage bis zum nächsten südlichen Stande am anderen Tage wandert, in 24 gleiche Zeittheile, nennt einen jeden solchen Teil eine Stunde, und mechanische Werke, welche diese Teilung jeden Augenblick ablesbar ausführen, Uhren. Die einfachste Uhr ist aber schließlich die Sonne selbst, eine Uhr freilich, nach der man nur bei unbedecktem Himmel und

bei Tage sehen kann. Jeder Schatten kann der Zeiger sein auf einem Zifferblatt, das wir uns selbst entwerfen wollen.

Eine Sonnenuhr soll gebaut werden und zwar mit den einfachsten Mitteln. Ein Becherglas, etwas Pappe und Papier, eine Stricknadel und einen Holzklotz — mehr brauchen wir nicht. In der Hand der Fig. 56, deren obere Hälfte die Sonnenuhr schematisch, deren untere sie in perspektivischer Ansicht darstellt, wollen wir den kleinen Apparat zusammensetzen. Das Becherglas nehme man nicht allzu klein. Ist es etwa 15 cm hoch und 8 cm weit, so wird es seinen Zweck gut erfüllen. Man sieht, daß dieses Becherglas nicht auf den Tisch zu stehen kommt, sondern in ganz genau bestimmter schräger Lage auf einen Holzklotz. Den Holzklotz zu beschaffen, ist das einzig Schwierige an der ganzen Einrichtung. Man muß ihn sich unbedingt vom Schreiner zurecht hobeln lassen. Für das angegebene Glas mag seine Länge 12 cm, seine Breite, gemessen über der oberen schrägen Fläche, 10 cm oder etwas mehr betragen. Die schematische Zeichnung zeigt, daß alle Flächen des Holzklotzes, mit Ausnahme der beiden seitlichen rechts und links, genau berechnete Winkel miteinander einschließen müssen. Der obere ist ein rechter und kann von dem Schreiner leicht durch Anlegen des Winkels nachgemessen werden. Mit den beiden unteren jedoch, von denen der eine $37\frac{1}{2}^\circ$, der andere $52\frac{1}{2}^\circ$ beträgt, dürfte er in einige Verlegenheit kommen und man liefert ihm daher am besten diese Seitenfläche mit den richtigen Winkeln und in richtiger Größe aus Pappe geschnitten ein. Weiß man mit dem Winkelmesser (Transporteur) noch nicht umzugehen, so stelle man sich die Fläche in geforderter Größe her, indem man um die Figur unseres Buches zu den Seiten parallele Linien zieht.

Die Winkel haben der Sonnenhöhe gegenüber eine ganz bestimmte Bedeutung. Richtet man nämlich den Klotz in der bezeichneten Weise mit der rechten schrägen Fläche genau nach Süden, so weist die obere schräge, und von uns zum Aufbau der Uhr benutzte Fläche genau in die Richtung der Sonnenstrahlen zur Zeit der Frühlings- oder Herbst-Tag- und Nachtgleiche um 12 Uhr mittags.

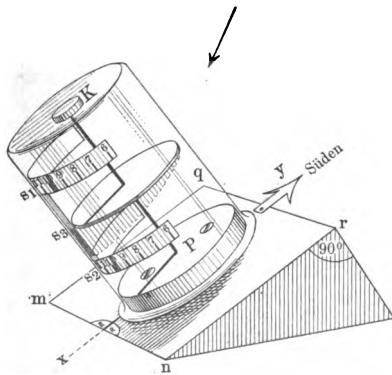
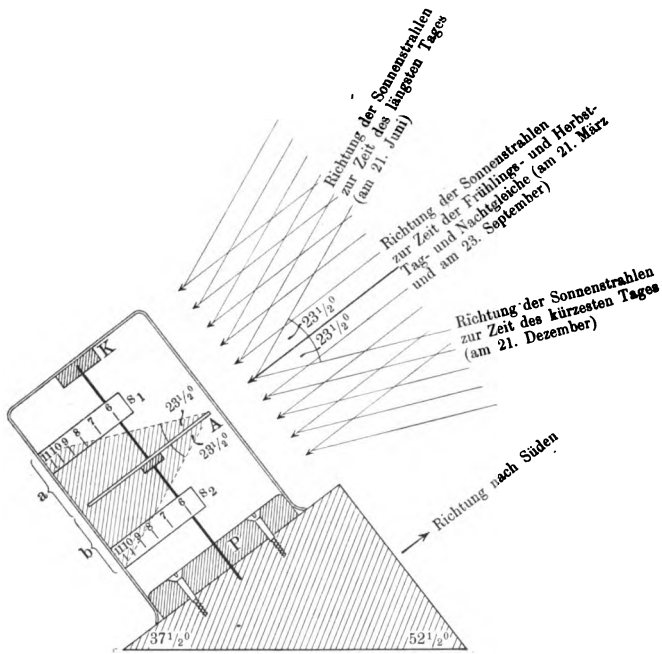


Fig. 56. Sonnenuhr.

Um das Becherglas am Herabgleiten auf der schrägen Fläche zu hindern, wird es über die genau passende und für wenig Geld vom Drechsler hergestellte Holzscheibe *P* gestülpt. Es genügt, wenn diese eine Höhe von 2 cm hat und zum besseren Halt noch mit einem Zeugstreifen umwickelt wird. Vom Drechsler läßt man sich auch genau in die Mitte der Holzscheibe ein Loch bohren, eben so groß, daß man eine mittelstarke Stricknadel mit Schellack einfitten kann. Es ist zwar nicht unbedingt notwendig, aber doch wünschenswert, wenn die Nadel gerade so lang ist als das Glas und an ihrem oberen Ende noch einen Halt an einem ebenfalls mit Schellack eingeklebten Korkstückchen *K* findet. Die Nadel trägt genau in ihrer Mitte ein Pappscheibchen fast so groß, als das Glas weit ist. Kann man die Scheibe aus Blech herstellen, so ist dies, da sie sich dann nicht wirft, unbedingt vorzuziehen. Ganz gerade muß sie auf alle Fälle sein.

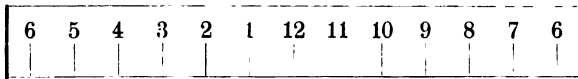
Mit dem Stande der Sonne verschiebt sich der Schatten der Stricknadel auf der Glaswand. Soll er hier die Stelle eines Uhrzeigers vertreten, so ist noch ein Zifferblatt erforderlich. Dies kann aus zwei, etwa 1,5 cm breiten, durchscheinenden Papierstreifen bestehen, aus zweien, weil je nach dem höheren oder tieferen Stande der Sonne der eine oder andere der Streifen vom Schatten der Scheibe verdeckt sein kann.

Sowohl der Ort als die Einteilung der Streifen ist für unseren Zweck nicht gleichgültig. Soll die Uhr genau genug zeigen, so verwende man alle Sorgfalt auf die nun beschriebene Arbeit.

Zunächst zeichne man sich, genau der wahren Größe entsprechend, die Form der Nadel, der Scheibe und des Becherglases — man wählt ein solches von überall gleicher Weite — auf, wie es in der oberen Figur geschehen ist, und trage darauf oben und unten am Scheibchen einen Winkel von $23\frac{1}{2}^\circ$ an. Die freien Schenkel der Winkel schließen mit der Scheibenrichtung auf der Glaswand zwei, im übrigen gleich große Strecken *a* und *b* ein, deren Größe man in Millimetern auf der Zeichnung mißt und sich wohl merkt. Man trägt sie dann auch an dem Becherglas selbst ab, indem man den oberen und unteren Punkt durch einen

feinen Lintenstrich bezeichnet. Genau an dieser Stelle soll sich der obere Rand des oberen Zählstreifens, bezw. der untere Rand des unteren Zählstreifens befinden. Verzichtet man jedoch darauf, die Uhr auch als Jahreszeitanzeiger zu verwenden, so bedarf es dieser ganzen Vorkehrungen nicht und man kann die Streifen auch näher oder weiter entfernt von der Scheibe befestigen.

Die Streifen — am besten aus Pauspapier — schneidet man in der Länge so, daß sie etwas mehr als die Hälfte des Glases umfassen und heftet sie mit einer Oblate einstweilen in die richtige Höhe. Darauf visiert man von dem einen Ende des Streifchens, ohne das Auge zu verrücken, nach dem anderen Ende über die Stricknadel hinweg und macht auf dem Streifchen zwei Marken. Das Streifchen wird dann wieder abgenommen und zwischen den beiden Marken in 12 gleiche Teile eingeteilt. Der mittellste Teilstrich erhält die Zahl 12, dann die übrigen nach rechts die Zahlen 11, 10, 9, 8, 7, 6 und die Teilstriche nach links die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6, wie es das beige druckte Schema zeigt:



Ebenso verfährt man mit dem anderen Streifchen. Richtig befestigt werden sie an dem Glase folgendermaßen: Schon bevor man den Sockel des Glases aufsetzte, hat man durch die Mitte der schrägen Klotzfläche eine Linie xy gezogen, die parallel zu den Seitenkanten verläuft und jedenfalls genau senkrecht auf den Kanten mn und qr steht. Auf dieser Linie ist ein kleines Loch gebohrt, in das die Stricknadel, die durch die Holzscheibe P etwas hindurchreicht, hineingesteckt wird. Ist der Apparat so weit fertig, dann stellt man in etwa 2 m Entfernung von ihm, und zwar in der als Süd bezeichneten Richtung, ein Licht auf, etwas erhöht, damit die Nadel einen deutlichen Schatten auf das Grundbrett wirft. Dann wird die Kerze so lange nach links oder rechts verschoben, bis der Schatten der Nadel genau mit dem Strich xy zusammenfällt, und dann werden die Streifen in richtiger Höhe so an das Glas geklebt, daß der Nadel Schatten genau auf den

Strich 12 zeigt. Man macht die Streifen nicht zu feucht, damit sie sich nicht dehnen. Vielleicht ist es noch zweckmäßiger, wenn man nach dem Trocknen erst die Teilung von der 12 aus auf dem Glase vornimmt.

Verbindet man noch die beiden Zahlenstreifen zwischen den beiden Teilstrichen 12 durch ein kleines Papierstreifen und überzieht dann das ganze Glas samt den Stalen mit einer klaren Schellacklösung (Seite 11), worauf man gelinde erwärmt, so ist die Sonnenuhr fertig und man kann an ihre Aufstellung gehen.

Man wählt ein Plätzchen, das möglichst lange von den Sonnenstrahlen getroffen wird, ohne doch den Unbilden der Witterung allzu sehr ausgesetzt zu sein. Hat man ein Fenster, das nach Süden herausgeht, so kann man die Uhr in einiger Entfernung vom Fenster auch im Zimmer aufstellen, immer aber so, daß sie fest auf einer horizontalen Unterlage steht und von niemand verrückt werden kann. Ein sonniger Tag, um die Zeit der Tag- und Nachtgleichen, eignet sich für die Aufstellung am besten. Die genaue Südrichtung zu finden, bedient man sich einer genau gehenden Taschenuhr und folgt schon einige Minuten vor 12 Uhr mittags der Sonne durch Drehen des ganzen Apparates derart, daß der Nadel Schatten stets auf 12 weist. Im Augenblicke, wo die Uhr 12 zeigt, läßt man ihn stehen und sorgt, ohne weiter an ihm zu rühren, für seine Befestigung auf der Unterlage, die, wie gesagt, stets genau horizontal sein muß.

Von nun ab gibt der Schattenzeiger auf der Stala die sogenannte wahre Sonnenzeit an, welche von der mittleren bürgerlichen Zeit meist nur wenig abweicht. Man bemerkt auch weiter an diesem interessanten und unterhaltenden Instrument folgende Erscheinungen, die nicht überraschen können, da sie alle durch das zu Anfang des Kapitels Gesagte schon erklärt sind. Während des Sommers ist die mittlere runde Scheibe von oben beleuchtet, während des Winters von unten. Zweimal im Jahre streifen die Sonnenstrahlen gerade über sie hin, so daß sie nur einen schmalen, ihrer Dicke entsprechenden Schattenstreifen auf den vertikalen Papierstreifen wirft — zur Zeit der Frühlings- und Herbst-Tag- und

Nachtgleiche am 21. März und am 23. September. An diesen Tagen steht der Schattenzeiger genau auf 6, wenn die Sonne aufgeht und genau auf 6, wenn sie untergeht. Zu allen anderen Zeiten wirft die Scheibe einen breiteren Schatten, der im Frühling nach unten, im Herbst nach oben wächst. Zur Zeit des längsten Tages, am 21. Juni, erreicht er gerade die untere Kante der unteren Skala, am kürzesten Tage den oberen Rand der oberen Skala.

Eine so aufgestellte Sonnenuhr nennt man eine Äquatorialuhr, weil ihre Achse zu der des Himmels parallel ist und ihre Scheibenebene, nach allen Seiten ins Ungemessene ausgedehnt, genau mit dem Himmelsäquator zusammentrifft. Die großen Fernrohre der Sternwarten haben eben dieselbe äquatoriale Aufstellung.

Gegenläufige Schatten an der Wand. Durch nichts kann die geradlinige, strahlenförmige Ausbreitung des Lichtes so leicht bewiesen werden als durch den Schattenwurf. Denn immer führt eine vom Schatten über den schattenwerfenden Gegenstand gezogene gerade Linie auf die Lichtquelle zurück und ein straffer, der Sonne gerade entgegengezogener Faden wirft allemal einen punktförmigen Schatten. Soviel Lichtquellen, so viel Schatten von ein und demselben Gegenstande.

Stellt man eine Hand breit von einer Wand irgend einen schmalen Gegenstand auf, sagen wir einen Bleistift, und in noch größerer Entfernung nebeneinander zwei Lichte, so wird man zwei Schatten erblicken, die jedoch nicht ganz schwarz sind, da dort auf der Wand, wo der eine Schatten hinfällt, noch das Licht der anderen Kerze ungehindert einwirkt. Die Schatten sind aber auch nicht immer gleich dunkel, nämlich nur dann, wenn beide Kerzen gleich weit von der Wand entfernt sind und beide gleich hell brennen, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man ein Licht der Wand näher rückt oder den Docht des anderen verkürzt. Je weiter eine Lichtquelle von der Wand entfernt ist, desto heller muß sie brennen, um denselben Schattenton hervorzurufen wie die näher stehende. Man sieht, mit diesen Schatten ist mehr anzu-

fangen, als man anfangs denkt, sie können sogar in einfachster Weise dazu dienen, Lichtstärken miteinander zu vergleichen.

Ein sich vor der Wand drehender Gegenstand, vielleicht ein Fahrrad, wird natürlich auch einen drehenden Schatten zeigen, dessen Bewegung der des Rades entspricht. Nichts ist natürlicher, als daß dies auch bei zwei Lichtquellen der Fall ist. Jeder kann den Versuch machen. Wer wollte es aber glauben, daß es möglich sei, Rad und Lichte so anzuordnen, daß bei einer Drehung des Rades rechts herum der eine Schatten rechts und der andere links herum läuft? Und doch ist das gar nicht schwierig. Man schneide sich aus steifem Papier einen

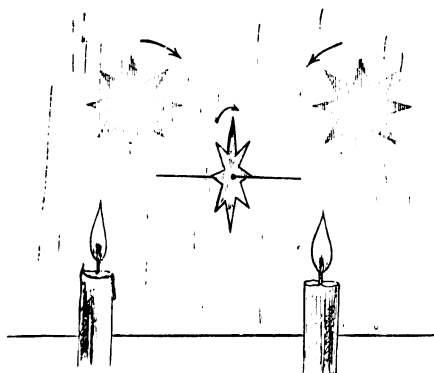


Fig. 57. Gegenläufige Schatten.

symmetrischen Stern, stecke eine Stricknadel als Achse hindurch und befestige diese auf beiden Seiten mit einem Korkstückchen. Die Achse mit beiden Händen ergreifend, halte man dann den Stern so, daß er senkrecht und seine Achse parallel zur Wand steht. Rechts und links vom Stern werden,

nicht zu nahe, die Lichte aufgestellt; sie entwerfen zwei Schatten dicht beieinander, die sofort gegeneinander zu laufen beginnen, sobald man den Stern gegen die Wand dreht (Fig. 57). Das Rätsel löst sich sofort, wenn man bedenkt, daß sich der Stern vom rechten Licht aus betrachtet rechts herum, vom linken gesehen aber links herum dreht. So läuft dementsprechend der linke Schatten rechts, der rechte links herum.

Bunte Schatten. Wo kein Licht hinkommt, da ist Finsternis. Nach dieser einfachen, von niemand angezweifelten Tatsache muß

also jeder Schatten pechschwarz erscheinen. Wenn wir trotzdem Schatten begegneten von ausgesprochen grauer Färbung, oder wenn wir nun gar bunte Schatten sehen werden, so ist dies keine Ausnahme von der Regel. In allen solchen Fällen kommt noch von anderer Seite Licht in den Schattenraum hinein.

Wenn die hereinbrechende Dämmerung das Lampenlicht erforderlich macht und dann eine kurze Zeitlang zwei Lichtquellen nebeneinander wirken, sieht man die bunten Schatten deutlich. Der Verfasser bemerkt sie, während er dies schreibt, auf seinem Papier. Zwischen dem noch hellen Fenster und seinem Platz steht die Lampe und der Federhalter wirft zwei Schatten. Aber sie sind nicht schwarz, auch nicht grau, sondern der eine ist blau, der andere intensiv gelb gefärbt. Wo nämlich das Tageslicht den Schatten entwirft, fällt das gelbe Lampenlicht hin und der an und für sich natürlich schwarze Schatten von der Lampe wird durch das bläuliche Tageslicht erhellt.

Man kann sich vom Tageslicht auf folgende Weise unabhängig machen und den Versuch zugleich noch schöner und eindrucksvoller gestalten. Zwei Tischlampen ohne Glocke werden, die eine rot, die andere blau, abgeblendet. Dies geschieht sehr leicht durch Vorsetzen von bunten, nicht zu kleinen Gelatinescheiben, die man heute bei jedem größeren Drogisten, der sie namentlich zur Weihnachtszeit zum Schmuck seiner Schaufenster verwendet, erhalten kann. Es werfen dann die beiden Lampen verschiedenartiges Licht nach der Wand, das jedoch, wenn man ein gelbliches Rot und ein grünliches Blau wählt, in seiner Gesamtwirkung von Weiß nicht so sehr verschieden ist. Um so überraschender, ja fast verblüffend ist die lebhaftere Färbung der Schatten, von denen der eine blaugrün, der andere gelbroth erscheint. Natürlich wäre jeder der beiden Schatten an sich schwarz, wie immer das Licht beschaffen sein mag, der von der roten Lampe herrührende Schatten wird aber von der blauen Lampe beleuchtet und umgekehrt der von der blauen Lampe stammende durch rotes Licht. Verbirgt man die Lampen durch einen Schirm, so wird die Erscheinung für jeden Ueingeweihten ganz räthselhaft, und wenige werden auf die

richtige Erklärung verfallen. Man versuche es nur einmal. Sind die Lampen jedoch nicht verdeckt, so kann man sich eine andere Frage erlauben, deren Beantwortung jedoch das Urteil und die Beobachtungsgabe der meisten Leute nicht gerade in bestem Lichte erscheinen läßt. Fragt man nämlich etwa, von welcher Lampe der rote Schatten entworfen wird, so ist zehn gegen eins zu wetten, daß man die Antwort erhält: von der roten. Durch Ausblasen der roten Lampe zeigt man dann, wie gründlich sich der Beantworter täuschte oder richtiger, wie wenig er sich die Sache überlegt hat. Dieser Scherz gelingt am besten, wenn die Lampen, deren gegenseitiger Abstand gering sein kann, nicht zu nahe an dem schattenwerfenden Körper stehen und dadurch eine Beurteilung durch Wisieren erleichtern.

Tanzende Schatten. Man wird stets bemerken, daß ein Schatten um so kleiner erscheint, je weiter die Lichtquelle von dem schattenwerfenden Körper entfernt ist, und daß der Schatten stets eine Bewegungsrichtung einschlägt, die der Lichtquelle entgegengesetzt ist. Auf dieser Tatsache beruht eine einfache optische Spielerei.

Man hängt etwa 1,5 m von einem weißen Laken oder einer geeigneten Wand an zwei Fäden, so daß sie sich nicht drehen kann, eine aus Pappe geschnittene Figur auf. Jedes Licht, das sich vor der Figur befindet, entwirft einen Schatten der Figur auf einer anderen Stelle der Leinwand, so daß eine ganze Versammlung von Schattengestalten beisammen ist. Man stellt die Lichte auf einem Tisch auf und schiebt sie mit einigen Gehilfen hin und her, vor und zurück, während man von Zeit zu Zeit das eine oder andere von ihnen auch hebt und senkt. Dadurch hat es den Anschein, als führten die Schatten an der Wand einen wilden Tanz auf.

Der Geisterreigen. Viel vollkommener kann man den Eindruck gestalten, wenn man statt der dunkeln Figuren helle Figuren auf dunkeln Grunde tanzen läßt. Man verfährt dann folgendermaßen: Es wird wieder das Laken aufgespannt und zwar diesmal in einem Türrahmen, da bei dieser Versuchsanordnung der Experimentator sich in einem anderen Zimmer wie die Zuschauer

befinden muß. Vor das Laten (vergl. Fig. 58) wird ein Tisch gestellt und an seiner Stirnseite ein großes Pappstück befestigt, auf das man ein oder zwei tanzende Gestalten zeichnet und mit einem scharfen Federmesser ausschneidet. Hinter dem Pappschirm auf dem Tisch wird ein runder Stab — ein Besenstiel — aufgestellt, in welchen sechs oder mehr Leuchter verschiedener Länge, wie man sie für den Weihnachtsbaum verwendet, eingehohrt werden. Unten schlägt man in den Stab einen Stift ein, um

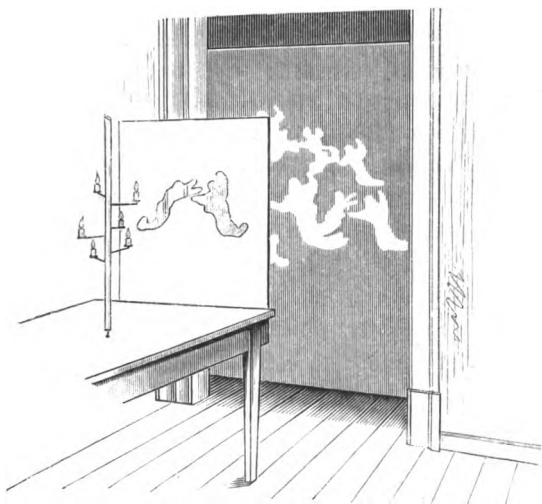


Fig. 58. Geisterreigen.

ihn dann leicht auf diesem drehen zu können. Wenn man nun die Lichte anzündet und die Spindel langsam in Drehung versetzt, so werden die hellen Bilder der ausgeschneideten Figuren so oft auf der Leinwand erscheinen, als man Lichte anwendet, und zum Teil nach rechts, zum Teil nach links über die Leinwand wandern, was dann den Anschein hat, als ob die Gestalten einen wirbelnden Tanz ineinander aufführten.

Recht überraschend kann man den Versuch so abändern, daß man zunächst nur ein Licht entzündet und so erst eine Gestalt

(oder zwei, wie in unserer Abbildung) erscheinen läßt. Bei jedem neuen Licht erscheinen neue Figuren, so daß sich die Geister zum Tanz zu versammeln scheinen. Hat man im Hintergrund einige Lichter, welche stille stehen, so werden einige Figuren sich nicht an dem Reigen beteiligen und gleichsam die Zuschauer abgeben.

Je weiter die Pappblende von dem Tuch entfernt ist, desto größer werden die Gestalten, sie wachsen natürlich auch mit der Annäherung der Kerzen an sie.

In ähnlicher Weise lassen sich allerhand kuriose Schattenbilder darstellen, die besonders dann ihre Wirkung auf die Nachmuskeln der Zuschauer nicht verfehlen, wenn man lebende Personen als Schattenobjekte benutzt und beachtet, daß z. B. ein hinter einer Person hervorgeholter Gegenstand im Schattenbilde den Eindruck macht, als käme er aus dieser, etwa aus dem Munde derselben. Wir wollen es der Phantasie unserer Leser überlassen, sich die schönsten Geschichten und Stücke für das Schattentheater auszudenken.

Bilder durch ein Loch. Wer hat nicht schon einmal an einem schönen Sommertage, zum Nachmittagschläfchen bereit, auf seinem Sofa gelegen, wenn sich das Licht nur mühsam durch einige Ritzen und Löcher der herabgelassenen Jalousieen stahl? Und wer hat dann nicht an der Decke oder an der Wand jene seltsamen vorüberhuschenden Schatten bemerkt, die jedesmal austreten, wenn ein Spaziergänger vorübergeht oder ein Wagen die Straße passiert? Gewiß schon ein Jeder. Es sind nichts anderes als Abbildungen, die mit Hilfe des Lichtes, wenn auch in unvollkommener Weise, von den Gegenständen außerhalb des Zimmers entworfen werden, sogenannte Lochbilder. Man betrachte einmal die Fig. 59, um zu sehen, wie sie zu stande kommen. *W* möge eine mit dem Loch *L* versehene Wand sein. Rechts von ihr möge sich ein verdunkelter Raum befinden, in dem eine mit weißem Papier überzogene Tafel *T* aufgestellt ist. Stellt man vor der Wand eine Kerze auf, so erscheint sofort ein deutliches, aber umgekehrtes Bild derselben auf der Tafel. Die Erklärung der Erscheinung kann nicht schwer fallen, wenn man sich dabei der geradlinigen Aus-

breitung des Lichtes erinnert und ferner bedenkt, daß nicht nur von selbstleuchtenden Körpern — wie der Flamme — Licht ausgeht, sondern auch von allen Körpern, welche vom Licht getroffen werden und die Eigenschaft haben, die Lichtstrahlen zurückzuwerfen. Eine Betrachtung lehrt, daß Licht, das von der Spitze *a* der Flamme ausgeht, durch das Loch hindurch nicht jede beliebige Stelle der Tafel treffen kann, sondern allein die mit *a'* bezeichnete. Eine ähnliche Überlegung läßt sich für jeden anderen Punkt der Flamme anstellen. Es muß mithin auf dem Schirm eine erleuchtete Fläche entstehen, die genau der Gestalt der Kerzenflamme entspricht, ein Bild, das dann natürlich auf dem Kopf steht. So bildet sich durch das Loch jeder Gegenstand, der selbst leuchtet oder erleuchtet ist, auf der Tafel ab, jeder Baum,

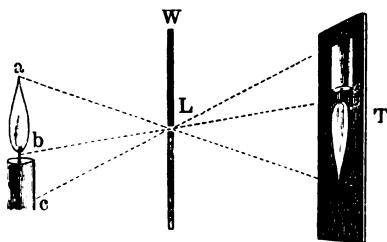


Fig. 59. Bilder durch ein Loch.

jedes Haus, jeder Mensch, und zwar um so besser, je heller er beleuchtet ist. Man kann sich leicht von dem Vorhandensein des Lochbildes überzeugen, wenn man in die Mitte eines großen Papierbogens mit einem Federhalter ein Loch sticht und dann den Bogen, dem Fenster gegenüber, einer Wand nähert. Man wird dann sehr bald die umgekehrte, aber doch deutliche Abbildung des Fensterkreuzes auf der Wand bemerken. Wesentlich erleichtert wird die Betrachtung desselben, wenn man das Bild auf einem weißen Blatt Papier oder dem Kachelofen auffängt.

Ein billiger photographischer Apparat. Das Photographieren, ehemals eine schwer zu erlernende und nur von wenigen mit Erfolg ausgeübte Kunst, gehört heutzutage fast schon, wie das Klavierspielen, zum guten Ton. Der Grund hierfür ist die Käuflichkeit der in Unmassen fabrikmäßig hergestellten und sehr empfindlichen photographischen Platten, welche ehedem vom Photo-

graphen vor jeder Aufnahme gegossen und sorgfältig präpariert werden mußten. Alles dies fällt nun fort. Auch hat sich die Industrie bemüht, sehr billige Apparate auf den Markt zu bringen. Und doch sollte daraufhin nicht jedermann photographieren wollen, denn er wird wenig Freude dabei erleben. Der gute Rat sei unseren jungen Lesern hier gegeben: Wenn sie die Absicht haben, sich mit der schönen Lichtkunst ernstlich, aber auch wirklich ernstlich zu beschäftigen, dann mögen sie Erspartes oftmals erst zu Erspartem legen, ehe sie sich entschließen, dem Räte eines erfahrenen Fachmannes folgend, einen wirklich gut gearbeiteten Apparat mit guter Linse und gutem Verschuß zu kaufen. Unter 60 bis 70 Mark wird er für ein Plattenformat 9×12 cm — darüber hinaus gehe man nicht! — sicherlich nicht zu haben sein. Liegt ihnen aber nur daran, irgend einmal ein photographisches Bildchen zu fertigen und den Prozeß der Entwicklung kennen zu lernen, dann ist einer der für 6 oder 3 Mark feilgebotenen Apparate noch viel zu teuer. Es genügt für den Versuch jeder Pappkarton und der kostet eigentlich gar nichts.

Man hält Umschau unter den Pappschachteln, die sich immer im Haushalt ansammeln. Findet man eine darunter, deren Tiefe etwa 15 cm beträgt und deren Boden die Abmessungen von etwa 13×10 cm hat, so ist sie als photographischer Apparat recht geeignet. Doch kommt es so genau darauf nicht an, nur kleiner als angegeben sollte die Bodenfläche nicht sein. Der Boden des Kastens, welcher später auf das aufzunehmende Objekt gerichtet wird, erhält genau in der Mitte ein recht sauber ausgeschnittenes oder ausgestanztes Loch von etwa 2 cm Durchmesser. Wie man Löcher rund und genau ausstanzt, wurde auf Seite 163 beschrieben. Könnte man nun in den Kasten, auch wenn er geschlossen ist, hineinschauen, so würde man im Innern auf dem Deckel ein Bild der hellen Gegenstände außen — ein Lochbild — bemerken, aber so verschwommen, daß es sich zur photographischen Aufnahme nicht eignete. Um es schärfer zu machen, muß man das Loch verkleinern und zugleich dafür sorgen, daß es so scharfe Ränder als irgend möglich erhält. Man hat komplizierte Methoden dazu

angewandt, wir verfahren mit gutem Erfolg einfacher, indem wir vor das geschnittene Loch Papier kleben und dieses mit einer feinen Nadel durchstechen (Fig. 60). Selbstverständlich muß es schwarzes Papier sein, das auch nicht die kleinsten Poren zeigt. Man erhält es fast umsonst in den photographischen Handlungen oder beim Photographen selbst, wenn man um das Papier bittet, in dem die Platten verpackt waren. Mit diesem Papier überzieht man auch den ganzen Kasten, damit keinerlei Licht in ihn hineingelangt. Da das Bildloch durchaus glatte, nicht aufgeworfene Ränder haben muß, sticht man es schnell mit einer rotglühenden Nadel ein. Es sollte nicht mehr als 0,5 mm, aber auch nicht weniger als 0,2 mm Durchmesser haben.

In den Deckel, der sehr gut schließen und mit breiten Rändern weit über die Schachtel greifen muß, wird die Platte eingelegt, auf der das photographische Bild entstehen soll. Um jede Reflexion innerhalb des Kastens zu verhüten, werden Kasten und Deckel ebenfalls mit schwarzem Papier ausgekleidet. Um einen ganz sicheren Abschluß zu erreichen, ist es sehr empfehlenswert, den Rand des Deckels innen mit einem schmalen, weichen Luchstreifen zu bekleben.

Photographische Platten kauft man, zu Paketen gewickelt, in den photographischen Handlungen, deren heute jede Stadt mindestens eine hat. Man nehme das Format $8\frac{1}{2} \times 10$ cm oder besser noch 9×12 cm und lasse sich ausdrücklich versichern, daß das Paket völlig frisch sei. Die Platten dürfen nur im Dunkeln oder bei rubinrotem Licht geöffnet werden, da das weiße Licht ihre Schicht sofort zerstört. Man glaube aber nicht, für seine einfachen Versuche einer wohl eingerichteten Dunkelkammer zu bedürfen wie der Photograph. In der Nacht oder den späten Abendstunden ist jedes Zimmer eine Dunkelkammer,

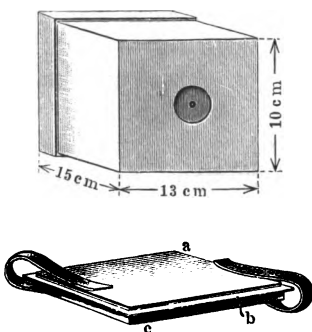


Fig. 60. Ein billiger photographischer Apparat.

falls nicht von der Straße her Licht durch die Fenster hereinfällt. Vor die Fenster gehängte Lächer beseitigen auch diese Lichtspuren.

Note Zylinder sind, für Petroleumlampen passend, in den photographischen Geschäften erhältlich. Damit zur oberen Öffnung kein weißes Licht herausfällt, kaufe man mit dem Zylinder eine Lichtkappe aus Metall, welche dem Licht den Austritt verwehrt, ohne aber den Luftzug abzuschneiden. Fällt aus dem Brennerkorb noch weißes Licht heraus, so umschließe man ihn mit einem Pappstreifen. Da, wenn auch in geringem Maße, die roten Strahlen von Einfluß auf die Platte sind, so gewöhne man sich von vornherein daran, die Platten nicht mehr als unbedingt nötig auch dem roten Lichte auszusetzen und die Operationen zum größten Teil im Schatten eines seitlich der Lampe aufgestellten großen Buches auszuführen. Will man mehrere Aufnahmen am Tage machen, dann bedarf man eines auch am Tage dunkeln Raumes, der sich aber schließlich irgendwo im Keller, unter einer Treppe u. s. w. finden läßt.

Im Schein der roten Lampe wickelt man die Platten aus und heftet eine derselben mit weichem Wachs innen an den Deckel. Man kann die Befestigung auch durch eingeklebte Gummischwürchen bewerkstelligen, die etwas über die Ecke der Platte greifen. Die Platte sieht in rotem Licht weiß aus, die matte Seite ist die empfindliche. Sie wird leicht herausgefunden, wenn man mit dem Nagel zart an einer Ecke kratzt oder sich die rote Lampe in der Fläche spiegeln läßt. Diese empfindliche Seite kommt nach vorn, dem Loch gegenüber, zu liegen. Bevor man den dunkeln Raum verläßt, vergesse man nicht, die übrigen Platten wieder sorgfältig einzuhüllen.

Vor das Loch drückt man ein schwarzes Stück Papier und stellt den Apparat dem aufzunehmenden Gegenstande gegenüber auf einem Tisch oder sonst einer festen Unterlage auf. Darauf nimmt man das Papier fort.

In der Gelatineschicht der Platte befindet sich eine chemische Silberverbindung, die die Eigentümlichkeit hat, sich unter der Einwirkung des Lichtes zu zersetzen. Auf diese Schicht fällt das vom Loch erzeugte Bild und verursacht, da es nicht überall gleich hell

ist, an verschiedenen Stellen eine verschieden starke Zerfetzung, die im übrigen aber der Form des Bildes genau entspricht. Wie lange man das Licht auf die Platte einwirken lassen muß, hängt von der Helligkeit des Gegenstandes ab. Je heller er ist, desto kürzer kann die Belichtungszeit — die Expositionszeit, wie der fachtechnische Ausdruck lautet — sein. Da sie auch abhängt von der Größe des Loches, kann man kaum eine Regel aufstellen. Jedenfalls ist sie viel, viel länger als bei Apparaten, die statt des Loches eine Linse haben. Das beige druckte, vom Verfasser mit einem Lochapparat aufgenommene Bild eines Hauseinganges (Fig. 61 a. S. 241) wurde bei einem Lochdurchmesser von 0,4 mm in 22 Sekunden hergestellt. Dunklere Gegenstände erfordern eine zehn- oder zwanzigmal längere Expositionszeit, das Innere eines Zimmers vielleicht einen ganzen Tag. Personen lassen sich also nur in grellem Sonnenschein aufnehmen.

Ist die Aufnahme gemacht, während derer natürlich niemand an den Apparat stoßen darf, so schließt man die Öffnung mit dem dunkeln Papier und trägt den Apparat in die Dunkelkammer zurück.

Betrachtet man die Platte dort bei rotem Licht, so wird man zu seinem Erstaunen auch nicht die leiseste Spur eines Bildes auf der Schicht entdecken. Und doch ist das Bild auf ihr vorhanden, mit allen feinen Feinheiten der Zeichnung und Lichtabstufung. Um sichtbar zu sein, muß es erst entwickelt werden.

Die Entwicklung der Platte wird selbstredend, wie alle vorangehenden Manipulationen, bei schwachem rotem Licht vorgenommen. Der Entwickler ist eine Flüssigkeit, mit der die Platte in einer Schale — ein Teller genügt auch, wenn er tief genug ist — überschüttet wird. Der Photograph kennt viele Entwickler, sie dienen bestimmten Zwecken. Für uns genügt es, einen Entwickler anzuwenden, dessen Anwendung so einfach als möglich ist und der nicht erst mit anderen Chemikalien gemischt zu werden braucht. Das in kleinen Flaschen (zu 90 Pf.) käufliche Rodinal genügt allen Ansprüchen. Man mischt folgendermaßen:

auf 100 Teile Wasser
6 Teile Rodinal.

Diese Entwicklerflüssigkeit wird in der Schale über die Platte gegossen, deren empfindliche Schicht nach oben zu liegen kommt. Es muß genug sein, damit die Platte mit einem Schläge völlig bedeckt wird. Nach wenigen Sekunden beginnt das Bild zu erscheinen, indem sich die zumeist vom Licht getroffenen Stellen zuerst schwärzen. Es entsteht ein Negativ, da die hellsten Gegenstände auf der Platte am dunkelsten werden. Menschen haben auf ihr dunkle Haut und helle Haare, am schwärzesten fällt die Wäsche aus, welche ganz weiß ist. Um die Platte richtig beurteilen zu können, betrachtet man sie in der Durchsicht gegen das rote Licht und wartet so lange, bis alle Teile des Originals, auch die dunkelsten (auf der Platte hellsten), erschienen sind und bis das Negativ genügend geschwärzt ist. Kommt die Platte sehr langsam und gibt nur die hellsten Teile des Originals wieder, so hätte die Aufnahme länger dauern müssen, schießt das Bild jedoch sehr schnell hervor und verschwindet ebenso schnell unter einem grauen Schleier, dann war die Platte überbelichtet. Richtig zu belichten ist eine schwierige Kunst, die erst durch lange Übung erreicht wird.

Das Fixierbad. Die so entwickelte Platte wird tüchtig durch Hin- und Herschwenken in einem Eimer abgespült und von den Entwicklerresten befreit. Noch immer aber ist sie lichtempfindlich und darf nicht bei Tageslicht betrachtet werden. Um die noch nicht zersetzte Silberschicht herauszuwaschen, muß die Platte in einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron (Fixiersalz, sehr billig) lichtfest gemacht, d. h. fixiert werden. Man löst auf in 1 Liter Wasser

200 g unterschwefligsaures Natron,

gießt die Lösung in eine Schale und legt die Platte — Schicht wiederum nach oben — hinein. Betrachtet man die Platten von Zeit zu Zeit von der Rückseite, so wird man merken, daß die weißliche Schicht allmählich weggefressen wird und die Platte bald dunkel erscheint. In Wahrheit ist sie durchsichtig geworden und kann nun oberflächlich abgespült und bei Tageslicht betrachtet werden. Um sie aber haltbar zu machen, ist es noch nötig, auch

die letzten Spuren von Fixiernatron aus der Schicht herauszuwaschen. Dies geschieht durch Wässern der Platte unter einem nicht zu starken Wasserstrahl. Eine halbe Stunde derartiger Spülung genügt. Hat man Wasserleitung nicht zur Verfügung, so lege man die Platte — immer Schicht nach oben — in eine Schale und wechsle in 2 Stunden das Wasser zehnmal. Darauf wird die Platte an einem nicht zu hellen, lustigen, aber staubfreien Orte zum Trocknen aufgestellt. Die aufgeschwemmte Gelatineschicht fällt dabei zu einem feinen, glatten Häutchen zusammen. Unter normalen Bedingungen nimmt die Trocknung 5 bis 6 Stunden in Anspruch, kann aber auch 12 Stunden und länger dauern. Keinesfalls versuche man durch Anwärmen der Platte — etwa auf einem Ofen — den Prozeß zu beschleunigen. Die Schicht würde dann streifig austrocknen oder gar flüssig werden.

Das positive Bild. Man wird sich nicht mit der Herstellung eines Negativs allein begnügen, sondern ein Bild haben wollen, das Licht und Schatten des Originals genau wiedergibt. Dazu muß von der Platte noch einmal ein photographisches Abbild gemacht werden und zwar auf lichtempfindlichem Papier, nicht durch eine besondere Aufnahme, sondern durch den Prozeß des Kopierens. Man drückt das lichtempfindliche Papier *b*, dessen Herstellung gleich besprochen werden soll, mit der empfindlichen Seite flach gegen die Schicht der Platte *a*, indem man einige Schichten von Zeitungspapier *c* und eine zweite Glasplatte hinterlegt und das Ganze durch Aufschieben der sehr billigen Kopierklammern fest zusammendrückt (Fig. 60). Wird dann die Platte mit der Glasseite dem Licht ausgesetzt, so durchdringt dieses die Schicht und färbt alle Teile des darunter liegenden Papiers am dunkelsten, die auf der Platte am durchsichtigsten sind. So entsteht ein richtiges, positives Bild.

Es gibt außerordentlich viel verschiedene Positivpapiere im Handel, keines aber ist so leicht zu behandeln, wie das folgende, welches man sich ohne jede Mühe und mit verschwindend geringen Kosten selbst präparieren kann. Es gibt schöne blaue Bilder auf weißem Grunde.

Man läßt sich in der photographischen Handlung folgende zwei Lösungen zusammensetzen:

Flasche I. 100 g destilliertes Wasser,
9 g rotes Blutlaugensalz.

Flasche II. 100 g destilliertes Wasser,
25 g grünes, zitronensaures Eisenoxyd-
ammoniak.

Beide Lösungen sind getrennt längere Zeit haltbar; Lösung II zeigt an ihrer Oberfläche Neigung zur Schimmelbildung, ohne deswegen unbrauchbar zu werden.

Will man ein Stück Papier oder eine Postkarte lichtempfindlich machen, so mischt man gleiche Teile aus beiden Flaschen zusammen und streicht diese Lösung bei Lampenlicht oder gedämpftem Tageslicht mit einem kleinen Schwämmchen dünn auf und läßt trocknen. Glatte Papiere eignen sich am besten. Das empfindliche, gelbgrün scheinende Papier ist einige Tage, im Dunkeln aufbewahrt, haltbar und kann daher gleich in größerer Menge angefertigt werden. Die gemischte Lösung indes ist schnell verdorben.

Das positive Bild braucht nicht entwickelt zu werden, es ist sogleich beim Kopieren sichtbar. Will man den Fortschritt des Bildes beobachten, so hinterlegt man das Papier nicht mit einer Glascheibe, sondern mit einem weichen Buch, dessen eine Seite man dann von Zeit zu Zeit nach Entfernung der einen Kopierklammer, ohne das empfindliche Papier zu verrücken, zur Seite biegen kann. Hat die Platte eine halbe Minute in der Sonne oder zwei bis drei Minuten im hellen Tageslicht gelegen, dann kann man schon einmal nachsehen, was natürlich im dunkleren Zimmer geschehen muß. Man kopiert so lange, bis die anfänglich dunkelsten Stellen des Bildes anfangen, einen eigentümlich graurötlichen Ton anzunehmen und dabei wieder etwas heller zu werden.

Die weitere Behandlung des Papierbildes ist mehr als einfach. Man hat es, um es lichtfest zu machen, nur in Wasser zu werfen. Hier nimmt es eine schöne, tiefblaue Färbung an, während sich die hellsten Stellen, die bisher gelbgrün waren,

glänzend weiß herauswaschen. Hat man das Wasser so oft erneuert, bis es sich nicht mehr grün färbt, so ist das Bild fertig und kann zum Trocknen aufgehängt werden.

Einfacher als wir es eben geschildert, dürfte ein photographisches Bild nicht herzustellen sein. Es kann bei geschickter



Fig. 61. Photographische Aufnahme mit Hilfe einer Zigarrentiste.

Herstellung recht nett sein, freilich aber mit den Aufnahmen, welche man mit den teureren Linsenapparaten herstellt, an Schärfe nicht wetteifern. Das beigegefügte Bild zeigt aber, was immerhin zu erreichen ist. Es wurde mit einer einfachen Zigarrentiste aufgenommen und die Herstellung des Apparates hatte keine zehn Minuten gedauert.

Die Camera obscura. Das von einem Loch entworfene Bild ist außerordentlich lichtschwach, um so mehr, je größer es ist. In unserem photographischen Apparat würden wir das Bild kaum sehen können und nur die ungeheuere Empfindlichkeit der photographischen Platte, auf der sich die Lichteindrücke mit der Zeit addieren und nicht wie in unserem Auge verzehrt werden, ermöglicht eine verhältnismäßig immerhin doch kurze Belichtungszeit. Alles Licht, das im Bilde vorhanden ist, mußte sich durch das Loch drängen und dies ist eben sehr klein. Bei größerer Öffnung wird das Bild wohl lichtstärker, aber auch viel unschärfer und geht schließlich in einen hellen weißen Schein über, in dem man keinerlei Formen und Farben mehr unterscheiden kann. Ganz anders aber, wenn man in die größere Öffnung eine beiderseits nach außen gekrümmte Glaslinse — ein gewöhnliches Brennglas einsetzt. Diese Linse bringt das Kunststück fertig, trotz ihrer größeren Öffnung ein scharfes Bild zu entwerfen, das dann lichtstark genug ist, um auf weißem Papier mit dem Bleistift nachgezeichnet zu werden.

Wir nehmen irgend ein Brennglas zur Hand und machen damit folgenden Versuch.

Zunächst halten wir es etwa 50 cm vor eine Wand, dem Fenster gegenüber. Wir bemerken auf der Wand keine Veränderung oder doch nur einen großen, kreisrunden Schein. In dem Maße aber, wie wir das Glas der Wand nähern, wird der Schein heller und kleiner, gewinnt Gestalt und fast plötzlich taucht das umgekehrte Bild des Fensters auf. Es verschwimmt sofort wieder, wenn man in der Bewegung der Linse fortfährt und sie der Wand noch weiter nähert. Hierin unterscheidet sich mithin die Linse von dem Loch: sie giebt nur in einer bestimmten Entfernung deutliche Bilder, während die Lochbilder in verschiedenen Entfernungen mit gleich gutem Erfolge aufgefangen werden können. Es ist sogar die Entfernung der Linse von dem Bildschirm nicht für alle Gegenstände dieselbe. Man wird sehr bald die Erfahrung machen, daß für nahe Gegenstände ein größerer Abstand als für weitere erforderlich ist. Nähert man daher sehr allmählich die Linse dem

Schirm (der Wand), so werden erst die Tische und Stühle im Zimmer scharf abgebildet, darauf, während erstere verschwimmen, das Fenster und schließlich die ferne Landschaft. Den Abstand, in dem eine Linse einen fernen Gegenstand scharf abbildet, nennt man ihre Brennweite. Sie ist bei jeder Linse anders und abhängig von ihrer Krümmung. Stark gekrümmte Linsen haben eine kurze, flache Linsen eine lange Brennweite.

Da wir unsere dunkle Kammer, die Camera obscura, in der das von der Linse entworfene Bild, durch fremdes Licht nicht gestört, erscheinen soll, nicht übermäßig groß bauen wollen, so ist es zweckmäßig, die gewöhnliche Linse eines Vergrößerungsglases (Befeglasses) zu verwenden, deren Brennweite kaum mehr als 20 cm betragen dürfte. Die Einrichtung der Camera ist ganz die im vorigen Paragraphen beschriebene, nur daß an Stelle der kleinen Öffnung die Linse tritt, welche verschiebbar angeordnet werden muß, um das Bild scharf einstellen zu können.

Ist die Brennweite der verfügbaren Linse etwa 20 cm, so ist ein Pappkasten geeignet, dessen Tiefe etwa ebenso groß ist. Man schneidet dann in die Mitte der Vorderwand ein Loch, fast so groß wie die Linse, und klebt auf seinem Rande ein vielleicht 3 bis 4 cm weites Papprohr *a* (Fig. 62 A) auf, in dem sich ein zweites längeres Papprohr *b*, das die Linse enthält, leicht, aber genau anschließend und lichtdicht, verschieben läßt. Die Röhren stellt man leicht her, wenn man die nicht zu starke Pappe um ein rundes Holz von passendem Durchmesser legt, an den Rändern, soweit sie übereinander zu liegen kommen, schräg feilt oder schneidet, mit gutem Leim verklebt und mit Schnur fest umwickelt (Fig. 62 B). Die Linse kann in der Röhre durch zwei Sperrringe aus Pappe festgesetzt werden.

Auch mit diesem Apparat lassen sich photographische Aufnahmen machen, nur ist es nötig, das Bild dort, wo die photographische Platte es auffangen soll, scharf einzustellen. Da man den Kopf in den kleinen Apparat nicht hineinbringen kann, so fertigt man einen zweiten auf den Kasten passenden Deckel, in dem eine viereckige Öffnung, so groß als die Platte mit Pauspapier

überzogen ist. Auf diesem durchscheinenden Blatt sieht man, vorausgesetzt, daß eine Einstellung der Linse durch Verschiebung des vorderen Rohres erfolgt ist, das Bild in so scharfen, schönen Umrisfen, in so lebhaften Farben, wie sie das vollendetste Gemälde nicht zu geben vermag. Um durch fremdes Licht nicht gestört zu sein, nimmt man, wie der Photograph, ein dunkles Tuch über den Kopf. Aber — das ganze Bild steht auf dem Kopfe, die Füße der Menschen sind oben, der Kopf hängt nach unten, ein

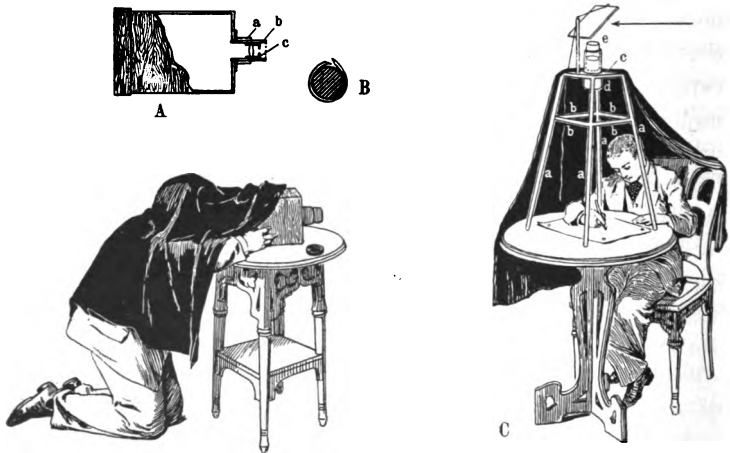


Fig. 62. Die Linsencamera.

Umstand, der allerdings den Genuß an der Sache etwas verkümmert, die Brauchbarkeit des Apparates aber nicht im geringsten stört, da man ja die photographische Platte nachher umkehren kann.

Hat man auf diese Weise scharf eingestellt, so ist es nötig, die Linsenöffnung etwas abzublenden, da sie sonst an den Rändern unscharfe Bilder liefert. Dies geschieht sehr einfach durch Vorsetzen einer kreisrunden, in der Mitte mit einer Öffnung von etwa $\frac{1}{2}$ cm Durchmesser versehenen Pappscheibe vor die Linse, wie es in Fig. 62 A bei c angedeutet ist. Darauf verschließt man noch

die Röhre mit einem lichtdichten Deckel, merkt sich genau mit Kreide die Stellung der Camera an und trägt sie dann in die Dunkelkammer, wo man bei der roten Lampe den transparenten Deckel mit dem vertauscht, welcher die Platte enthält. Die Reihenfolge der Operationen ist dann genau dieselbe, wie im vorigen Paragraphen angegeben. Nur hat man zu beachten, daß der Linsenapparat ein weit helleres Bild liefert als der Lochapparat und demgemäß kürzere Belichtungszeiten gestattet. Gegenüber einem sonnenbelegten hellen Gegenstande wird es genügen, den Objektivdeckel — Objektiv heißt die Linse in ihrer Röhrenfassung — nur einen Moment abzunehmen, selbst im Zimmer kommt man mit einigen 20, 30 Sekunden Expositionszeit aus. Die Erfahrung ist auch hier der beste Lehrmeister.

Soll das Bild einer Linsencamera, die man auch als physikalisches Instrument „dioptrische Camera“, im Gegensatz zu der Camera mit Spiegeln der „katoptrischen“, nennt, aufrecht stehen, so braucht man zwei Gläser, die um die Summe ihrer Brennweiten voneinander abstehen. Dies würde für unsere Camera eine Objektivröhre von über 40 cm nötig machen. Man kann jedoch dieser Unbequemlichkeit durch Konstruktion der

Spiegelcamera begegnen. Sie soll die Bilder auch etwas größer liefern und vornehmlich das Nachzeichnen derselben auf einem weißen Papierbogen ermöglichen. Ein Pyramidengestell von 1 m Höhe (vergl. Fig. 62 C) wird aus den vier leichten Latten *a*, den versteifenden Querlatten *b* und dem Kopfbrett *c* so aufgebaut, daß die Füße etwas gespreizt stehen und erlauben, den Kopf und den Arm in das Gestell hineinzubringen. Das Kopfbrett trägt die Pappröhre *d* und in dieser verschiebbar das Rohr *e* mit der Linse. Diese ist der am schwersten zu beschaffende Teil des ganzen Apparates, denn sie muß eine große Öffnung haben, um helle Bilder zu geben, und eine lange Brennweite, in unserem Falle über 1 m, um die Bilder scharf einstellen zu können. Sie ist auch nicht billig und würde für uns unerschwinglich sein, wenn es eine sogenannte achromatische Linse, welche die Umrisse der

Gegenstände ohne farbige Ränder gibt, sein müßte. Es genügt aber jede ordinäre Linse (Brennglas) von 8 bis 10 cm Durchmesser und der angegebenen Brennweite. Man bekommt sie oft sehr billig bei einem Optiker, dem sie aus irgend einem Grunde, durch Kratzer auf ihrer Oberfläche oder einen kleinen Sprung unbrauchbar geworden ist. Dem Bilde tut ein solcher Mangel gar keinen Abbruch, ja selbst ein aus dem Rande fehlendes Stück würde nicht allzu viel schaden, wenn man das Loch mit schwarzem Papier verklebte. Je größer übrigens der Durchmesser der Linse, desto besser.

Über den Tisch, auf dem die Füße der Camera stehen, spannt man einen weißen Bogen Papier und deckt über das ganze Gestell ein recht dunkles, aber leichtes Tuch, daß man selbst von demselben bedeckt ist und also mit in dem finsternen Raume sitzt. Da jedoch der Apparat aufrecht steht, würde man einstweilen nichts sehen als den blauen Himmel. Es ist daher nötig, die seitlich von der Landschaft kommenden Lichtstrahlen durch einen Spiegel auf die Linse zu werfen. Unsere Leser ersehen aus der Figur, wie das leicht zu machen ist. Ein etwa 15 cm breiter und 20 cm langer Spiegel aus sehr gutem Glase — die billigen Jahrmachtspiegel sind gänzlich unbrauchbar — wird an seinem Rahmen durch ein Scharnier mit einem auf dem Brette *c* eingeleimten Lattenstück verbunden und erhält andererseits, ebenso wie die Latte auf dem Kopf, eine kleine Öse. Von dieser wird eine Schnur durch die Öse der Latte gezogen und zu dem Zeichner herabgeführt, der es damit in der Hand hat, die Neigung des Spiegels zu ändern und entweder den Horizont der Landschaft oder Teile des Vordergrundes zu betrachten. Sonst sucht er das passende Objekt durch Drehen des Tisches auf, wobei er mit dem Stuhl nachrückt. Es ist selbstverständlich, daß er stets dabei der besichtigten Landschaft den Rücken kehrt.

Es kann kaum etwas Reizvolleres geben, als die Betrachtung dieses Bildes auf dem weißen Papier. Nicht nur, daß alle seine Farben, alle Formen bis ins Kleinste bewunderungswürdig nachgebildet sind — es lebt. Man sieht das Kornfeld wogen, die Zweige und Blätter

sich bewegen, Menschen und Tiere ihre Straße ziehen, Wolkenschatten über die Landschaft eilen. Durch diese Vorzüge ist die Spiegelcamera nicht nur ein belehrendes, sondern auch ein unterhaltendes Instrument und man begegnet ihr oft in freistehenden Pavillons und Gartenhäuschen, auf deren Dach man, in einer Röhre nach unten verschiebbar, die Linse mit dem Spiegel angebracht hat, nur daß diese Linse einen noch größeren Durchmesser und eine längere Brennweite hat als die unserige. Das ganze Häuschen ist dann die dunkle Kammer und die Beschauer treten um einen in der Mitte stehenden weiß gestrichenen Tisch, auf dem das Bild aufgefangen wird.

Das Auge eine Linsencamera. So kunstvoll auch unsere photographischen Apparate sein mögen, so vollendet man auch ihre Objektive schleifen mag, alle miteinander werden durch ein Organ in den Schatten gestellt, das uns der Schöpfer in zwei Exemplaren mit auf den Lebensweg gegeben hat. Das Auge ist in der That nichts anderes als eine Linsencamera aus lebender Substanz, eine Camera, der keine unserer Einrichtungen fehlt, versehen mit einer Blendenvorrichtung, einer einstellbaren Linse, einer empfindlichen Platte, bewegt und gerichtet durch das vollendetste System von Muskeln und Sehnen. Auch der Deckel vor dem Objektiv fehlt keineswegs. Überall finden wir an dem Auge schon bekannte Teile des photographischen Apparates wieder.

Der Augapfel ist fast kugelförmig, von der Größe einer mittelmäßigen Walnuß (Fig. 63 A, S. 252). Auf dem vordersten Teile sitzt eine kleine kugelförmige Erhöhung — dem Objektivansatz vergleichbar — die dem übrigen großen Kugelförper der Form nach nicht anzugehören scheint. Eine feste, elastische und hornartig dichte Umkleidung, die Hornhaut *H*, umschließt und schützt den ganzen Augapfel. Sie ist gut sichtbar in dem „Weißen“ des Augapfels. Doch ist sie nur außen weiß, innen dagegen schwärzlich. Bei Kindern und jungen Leuten schimmert diese dunkle Farbe durch das anfangs sehr durchscheinende Weiße hindurch und gibt ihm den zartblauen Schimmer, der so schön ist. Bei alten Leuten verliert

er sich immer mehr, da die Haut fester wird, und geht in ein fahles Gelb über.

Der Vordertheil des Auges, welcher stärker als der übrige Apfel gekrümmt ist, ist durchsichtig klar und zwar so außerordentlich, daß es kaum einen Körper gibt, der an dieser und den dahinter liegenden Stellen durchsichtiger wäre als das Auge. Hier scheint der Augapfel ein Loch (die Pupille) zu haben, welches den Zugang zum Innern unmittelbar gestattet. Das ist aber ein Irrthum. Die Hornhaut wölbt sich auch schügend über die Pupille, nur daß sie hier nicht milchig weiß, sondern völlig klar ist.

Umgeben wird die Pupille von einer ringsförmigen Haut, der Regenbogenhaut (oder Iris) *r*, die völlig die Blende im photographischen Apparat vertritt und ihre Öffnung verkleinert, sobald übermäßiges starkes Licht auf das Auge fällt. Ihr automatisches Spiel ist geradezu bewunderungswürdig. Man kann sich jederzeit von ihrer Tätigkeit überzeugen, wenn man ein Licht dem Auge nähert oder von ihm entfernt. Kommt das Licht dem Auge näher, so verengert die Iris die Pupille und öffnet sie wieder, wenn die Beleuchtung schwächer wird. Im Halbdunkel des Abends sind die Pupillen weit geöffnet, gleichsam als wollten sie jede Spur des spärlichen Lichtes noch in sich aufnehmen. Die Regenbogenhaut bestimmt die Farbe des Auges, da sie bei verschiedenen Personen blau, braun oder auch graugrünlich erscheint.

Der Augapfel besteht aber keineswegs aus nur einer Hautschicht. Unter der festen, trüben Hornhaut liegt die durchsichtige Hornhaut und unter dieser wiederum die Aderhaut, deren Organe das Auge mit Blut versorgen und ernähren. Der Sehnerv *N* tritt vom Gehirn her in den Augapfel ein und breitet sich hier zur innersten Haut, der lichtempfindlichen Netzhaut, aus. Der Augapfel ist keineswegs, wie so oft fälschlich angenommen wird, ein Hohlraum, sondern bis zur Hinterwand ausgefüllt mit einer gallertartigen, höchst durchsichtigen Masse, dem sogenannten Glaskörper *G*, dessen Wirkung auf die Reinheit der Bilder nicht unterschätzt werden darf.

Das Auge ist aber, wie schon angedeutet, keine Loch-, sondern

eine Linsencamera und die Linse, welche es enthält, ist, trotz ihrer organischen Beschaffenheit und obgleich sie von keiner komplizierten Schleifmaschine hergestellt ist, die vollkommenste der Welt, denn sie vermag ihre Krümmung und damit ihre Brennweite in gewissen Grenzen beliebig zu verändern und so ebenso wohl das Bild entfernter, wie naher Gegenstände auf der Netzhaut scharf zu zeichnen. Diese Fähigkeit der Linse nennt man ihr Akkommodationsvermögen, das man beim photographischen Apparat nur durch Verschiebung der Linse erreichen kann. Sie selbst (L) ist ziemlich hart, knorpelartig und liegt einerseits — nach hinten — zur Hälfte in einer Vertiefung des Glaskörpers, anderseits wird sie von einer feinen durchsichtigen Haut, der Glashaut, eingeschlossen und an die innere Augapfelwand geheftet.

Zwischen der Linse einerseits und der äußersten Hornhaut anderseits befindet sich eine wässerige Feuchtigkeit, in deren Mitte die Iris oder Regenbogenhaut sich bewegt. Sie ist wasserhell, klar, ohne die mindeste Färbung und dient außer zur Lichtbrechung auch zur Erhaltung der vorderen Augenwölbung. Ferner bildet sie zusammen mit der Linse und dem Glaskörper ein optisches System, wie es in unseren Fernrohren und guten photographischen Objektiven Anwendung findet und das, aus verschieden dichten Glasarten bestehend, die Bestimmung hat, achromatisch zu wirken, d. h. die Farbenränder zu vermeiden, die jede einfache Linse um den entworfenen Gegenstand zeichnet.

Die Augenlider sind mit dem Objektivdeckel des photographischen Apparates zu vergleichen. Sie dienen zum Schutz gegen mechanische Einflüsse und zur völligen Verdunkelung. Übrigens ist der vordere Teil des Auges, als der am meisten Verletzungen ausgesetzte, außer durch die klare Hornhaut noch durch eine zweite Schicht, die Bindehaut, geschützt, die wohl eine Fortsetzung der allgemeinen Hautbedeckung des ganzen Körpers darstellt, hier jedoch eine noch größere Feinheit besitzt, als diejenige der Lippen, abgesehen von ihrer völligen Klarheit und Lichtdurchlässigkeit.

Den Vorgang des Sehens kann man nun auf folgende Art erklären.

Von jedem Punkt eines erleuchteten Gegenstandes gehen Lichtstrahlen aus, gerade wie von einem leuchtenden Körper selbst. Von diesen Lichtstrahlen gehen die meisten für das Auge verloren und nur diejenigen bewirken das Sehen, welche die Pupille unmittelbar treffen. Das Auge nimmt mithin den Strahlenteufel auf, der zur Spitze den gesehenen Punkt hat, zur Grundfläche aber die Pupille selbst. Gingen die Strahlen in derselben Richtung weiter fort, so würden sie sich auf der Netzhaut zu einem runden Fleck ausbreiten, der jedenfalls größer wäre als die Pupillöffnung. Um nun von dem betrachteten hellen Punkt nicht einen verwaschenen Schein, sondern wieder einen Punkt auf der Netzhaut zu erhalten, ist die Linse eingefügt, welche wie ein Brenn- glas die Strahlen wieder zusammenzieht und auf einen Punkt vereinigt. Da das gleiche für jeden Punkt des sichtbaren Gegenstandes geschieht, so entsteht von diesem ein sehr verkleinertes, aber deutliches, umgekehrtes Bild auf der Netzhaut des Auges.

Die Netzhaut ist die photographische Platte des Auges, aber eine Platte, für deren Tätigkeit unser Staunen keine Grenzen findet. Denn sie entwickelt sich fortwährend selbst und präpariert sich für jeden neuen Eindruck von frischem. Das Auge ist mithin Plattenfabrik, Atelier und Dunkelkammer zugleich, aber während der Photograph für jedes neue Bild eine neue Platte gebraucht, kommt das Auge mit einer einzigen Platte aus. Die entwickelten Eindrücke kommen im Gehirn zum Bewußtsein und werden dort aufbewahrt.

Wie nun dieser Bewußtseinsvorgang sich abspielt, ist eines der großen, vielleicht unlösbaren Rätsel. Denn niemand kann das lebendige Gehirn bei seiner Tätigkeit beobachten. Das eine aber ist sicher, die Umkehrung der Bilder bietet der Erklärung keine Schwierigkeiten. Daß das Gehirn das verkehrte Bild nicht auf der Netzhaut betrachtet, wie der Photograph das Bild auf der matten Scheibe seines Apparates, ist doch wohl sicher. Denn dazu bedürfte es eines zweiten Auges, für dessen Bild eines dritten und so fort. Nein, das Gehirn empfindet das Bild und besieht es nicht. Der beste Beweis dafür ist der „schwarze Star“, bei welcher

Erkrankung die Sehkraft des Auges erlischt, ohne daß man auch nur die geringste äußere Veränderung seiner Organe nachweisen könnte. Wo sollte dann wohl der Fehler stecken, im zweiten, dritten oder vierten Auge? Nichts von alledem, die Empfindung ist erloschen, die Netzhaut hat ihre Tätigkeit eingestellt, der aus dem Gehirn in das Auge eintretende dicke Nervenstrang versagt seinen Dienst und mit der Abstumpfung der Nerven geht die Sehkraft verloren.

Das Auge der Vögel nimmt einen bedeutenden Raum im Kopfe ein, es ist verhältnismäßig viel größer als das des Menschen, die Linse ist weniger stark gewölbt und der ganze Augapfel äußerlich flacher. Die Natur hat das Auge für den besonderen Zweck gebaut, aus großen Höhen noch brauchbar zu sein, lichtstark genug, um auch die kleinsten Gegenstände auf der Erdoberfläche noch erkennen zu lassen. Vornehmlich trifft dies zu für die Augen der Raubvögel. Umgekehrt bei den Wassersehern, den Fischen. Wer ein Brennglas in ein Wassergefäß taucht und dort das Bild auf einem weißen Schirm auffängt, wird sogleich bemerken, daß die Brennweite der Linse zugenommen hat und der Schirm weiter von der Linse entfernt werden muß als in der Luft, um ein scharfes Bild aufzufangen. Will man die Entfernung nicht vergrößern, dann muß man für Wasser eine Linse mit kürzerer Brennweite und stärkerer Krümmung anwenden. Um nun das Fischeuge nicht unmäßig lang zu machen, hat es die Natur vorgezogen, die Augen der Wasserbewohner vorn stark erhaben und die Linse fast kugelförmig zu gestalten. Einige Wasservögel haben hierin mit den Fischen eine gewisse Ähnlichkeit und die Taucher, wie übrigens auch alle anderen Vögel, besitzen noch ein drittes Augenlid, das quer übergezogen wird, indem sich noch unterhalb des gewöhnlichen Augenlides eine Haut, die sogenannte Nidhaut, von den Augenwinkeln aus über das vordere Auge zieht, durch welche es beim Untertauchen geschützt wird, die aber doch nicht so dick ist, daß sie dem Tiere eine Orientierung unmöglich machte.

Das künstliche Auge. Es wird unseren Lesern interessant sein, zu erfahren, daß man mit einfachen Mitteln einen kleinen

Apparat herstellen kann, der das Auge ziemlich deutlich nachbildet und vor allem Gelegenheit bietet, gewisse Eigentümlichkeiten des Auges an dem Modell zu studieren.

Die erforderliche kleine Linse ist sehr leicht beschafft. Man findet sie passend in den für botanische Zwecke verwendeten einfachen Lupen. Ein Durchmesser von vielleicht 2 cm und eine Brennweite von 3 bis 4 cm ist gerade passend. Ist die Brennweite in der bekannten Weise (S. 243) festgestellt, so wählt man einen Gummiball — der dann den Augapfel vorstellen soll — aus, dessen Durchmesser ein wenig größer ist als die Brennweite

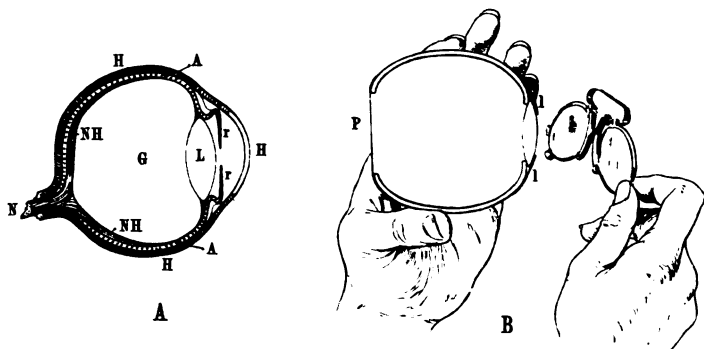


Fig. 63. Künstliches Auge aus einem Gummiball.

der Linse (Fig. 63 B). Dann werden auf dem Ball zwei Punkte, die sich genau gegenüberliegen, bezeichnet und um diese zwei Kreise geschlagen, von denen der eine etwas kleiner, der andere etwas größer ist als die Linse. Vor den ersteren klebt man die Linse mit einem ringförmigen Streifen aus Leinwand (*l*) fest, dem man, wenn man will, die Färbung der Regenbogenhaut geben kann. Das größere Loch erhält einen glatten Überzug von feinem Pauspapier *P*. Man kann es sich selbst herstellen, wenn man dünnes, feines Papier mit Schweinefett einreibt. Soll der Ball trotz der verhältnismäßig großen Öffnungen seine kugelige Gestalt nicht verlieren, so muß man ihn schon dickwandig genug wählen.

Der Apparat ist nun fertig und stellt nichts anderes dar als eine Linsencamera. Richtet man die Linse gegen das Fenster oder gegen hell beleuchtete Gegenstände, so sieht man deutlich ihre Abbildung auf dem die Netzhaut des Auges darstellenden Papier. Hat man es mit der Brennweite richtig getroffen, so ist dies Bild völlig deutlich und scharf. Jeder Druck auf den künstlichen Augapfel aber, der durch die Finger erfolgt, läßt das Bild verschwimmen, da dann stets die Entfernung zwischen Linse und Schirm entweder zu groß oder zu klein wird. Auch bei dem Auge kommen solche Verdrückungen zweifellos vor, ohne aber daß die Bilder darum unscharf würden. Die Augenlinse nämlich besitzt Eigenschaften, die unserer Glaslinse völlig abgehen, sie ist verhältnismäßig weich und kann ihre Krümmung und ihre Brennweite in gewissen Grenzen den Bedürfnissen anpassen. Daher kann sie auch nahe und ferne Gegenstände nacheinander scharf zeichnen, was die Glaslinse nicht vermag, ohne in der Richtung auf den Schirm verschoben zu werden. Betrachtet man das Bild auf dem Papier, so wird man finden, daß entweder nur die nahen oder fernen Gegenstände wirklich scharf sind. Früher nahm man an, das Auge sei im Ruhezustande auf mittelferne Gegenstände scharf eingestellt und es bedürfe einer durch den Willen betätigten Zusammenziehung der Aderhaut und Verdrückung der Linse, um in die Ferne sowohl als in die Nähe scharf sehen zu können. Heute weiß man, daß diese Meinung irrig ist und daß das Auge in der Ruhe stets auf die Ferne scharf eingestellt ist. Man kann sich davon überzeugen. Schließt man die Augen längere Zeit und öffnet sie dann plötzlich, dabei in die Ferne blickend, so erkennt man sogleich alle Gegenstände ganz scharf, nahe Gegenstände erscheinen jedoch im ersten Augenblick völlig unscharf und verschwommen, bis sich das Auge über die Verhältnisse orientiert hat. Es bedarf also für die Akkommodation — die Anpassung — einer gewissen Zeit, trotz deren Kürze eine ganze Reihe von Vorgängen sich in rascher Folge bemerken läßt. Was geschieht wohl, wenn das Auge plötzlich von einem nahen Gegenstande, auf den es sich eingestellt hatte, auf einen fernen gerichtet wird? Zunächst fällt

dann ein unscharfes Bild auf die Netzhaut. Dieses Bild wird mittels der Nervenstränge vom Gehirn empfunden, es kommt zum Bewußtsein, aber es löst die Empfindung des Unbehaglichen aus, die jeder unvollkommenen Leistung gegenüber zu entstehen pflegt, und das Gehirn sieht sich nun veranlaßt, das Bild zu korrigieren. Seine Willensäußerung wird durch andere Nervenstränge der Aderhaut gemeldet und diese richtet den Druck auf die Linse so ein, daß die richtige Wölbung und die richtige Brennweite zustande kommt. Alles dies dauert nur den Bruchteil einer Sekunde, der Depeschenbetrieb hat sich geregelt, ja man könnte sagen, daß er durch die Gewohnheit zu einem automatischen geworden ist. Immerhin läßt sich die Anstrengung der Aderhaut noch fühlen. Man richte nur einmal sein Auge zunächst eine Zeitlang auf einen nahen Gegenstand, auf die Uhr, und dann mit einem plötzlichen Ruck auf einen entfernteren Gegenstand, über den man sich allerdings vorher klar geworden sein muß, etwa auf das Fensterkreuz. Man wird es im ersten Augenblick unscharf sehen und dann ein eigentümliches Gefühl im Augapfel verspüren, das man mit einem leisen, unbehaglichen Druck bezeichnen könnte. Es ist die Bewegung der Aderhaut und der Linse.

Wir hatten gesagt, daß sich die Linse nur in gewissen Grenzen akkomodieren könne. Ist freilich der Augapfel von Natur zu lang oder zu kurz, dann reicht die Anpassungsfähigkeit der Linse nicht in allen Fällen mehr aus. Aus unseren Linsenversuchen (S. 140) ging hervor, daß man die Entfernung zwischen Linse und Schirm verkleinern mußte, um ferne Gegenstände, vergrößern mußte, um nahe Gegenstände scharf zu erhalten. Es wird daher Leuten mit übermäßig kurzen Augen leicht werden, in die Ferne zu sehen, unmöglich vielleicht sein, nahe Gegenstände scharf zu erkennen. Man sagt dann: sie seien weit-sichtig. Umgekehrt bei einem zu langen Auge, es ist kurz-sichtig.

Bekanntlich kann man beide Fehler durch Augengläser korrigieren, auch an unserem künstlichen Auge — und das ist eigentlich das Hübscheste an unserem Versuch. Drückt man nämlich den Ball etwas von oben nach unten zusammen, so streckt er sich und

das Bild wird verschwommen, das Auge kurzsichtig. Ein vor die Linse gehaltenes Augenglas für Kurzsichtige, also ein solches mit hohlen Gläsern, macht das Bild sofort wieder scharf. Wird der Ball jedoch von vorn nach hinten etwas zusammengebrückt, so verliert das Bild ebenfalls an Schärfe und der Apparat stellt dann ein weitsichtiges Auge dar. Hier korrigiert ein beiderseits gewölbtes Augenglas für Weitsichtige den Fehler ebenfalls. Man kann nun auch verstehen, warum in der Jugend kurzsichtige (zu lange) Augen im Alter besser oder gar weitsichtig (zu kurz) werden können. Denn der Augapfel verliert mit der Zeit an Vollständigkeit und trocknet mehr und mehr zusammen, während sich zugleich die klare Feuchtigkeit zwischen Linse und vorderer Hornhaut nicht mehr so reichlich entwickelt und dadurch den Gang der Lichtstrahlen im Sinne einer kürzeren Brennweite verändert. Es sind also zweifellos die in der Jugend etwas Kurzsichtigen besser daran, als diejenigen, welche von Anfang an zu kurze, d. h. zu weitsichtige Augen besitzen.

Allerhand photographische Scherze. Einige unserer Leser werden glückliche Besitzer eines guten photographischen Stativapparates mit brauchbarer lichtstarker Linse und zuverlässigem Momentverschluß sein. Für diese seien die nachfolgenden unterhaltenden und belehrenden photographischen Spielereien mitgeteilt

Aufnahmen bei Mondschein. Die sogenannten Mondscheineffekte auf den Bildern im Handel sind ausnahmslos künstlich erreicht. Man hat entweder in das Bild den Mond einkopiert oder den Schein der untergehenden Sonne hinter Wolken benutzt, um auf der recht dunkel hergestellten Kopie den Eindruck des Mondscheins hervorzurufen.

Aber es gibt auch wirklich bei Mondschein aufgenommene Bilder, nur werden sie nicht in den Handel gebracht, da sie bei oberflächlicher Betrachtung von Tageslichtaufnahmen kaum zu unterscheiden sind. Das Vollmondlicht ist etwa nur den 300 000sten Teil so wirksam wie das Licht der Sonne und erfordert daher eine entsprechend längere Exposition. Der Deckel kann bei mittlerer

Blende ruhig $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden geöffnet bleiben, bei anderen Mondphasen noch entsprechend länger. Schwierig ist bei der schlechten Beleuchtung natürlich das scharfe Einstellen, das man schon bei Tage besorgen muß, falls das Objekt nicht leuchtende Teile (helle Fenster, brennende Straßenlaternen u. s. w.) aufzuweisen hat.

Der Kenner wird ein bei Mondschein aufgenommenes Bild wegen seiner weichen verwaschenen Schatten schätzen, die dem Ganzen einen vornehmen künstlerischen Duft verleihen und durch die Verschiebung des Mondes während der langen Belichtungszeit entstanden sind.

Blizaufnahmen müssen vom Glück begünstigt sein, sonst ist keinerlei Schwierigkeit dabei. Sie können nur bei Nacht angefertigt werden, da es allemal nötig ist, den Apparat längere Zeit geöffnet zu lassen. Man wählt zum Objekt ein heraufziehendes oder abziehendes Gewitter und richtet den Apparat, der schon am Tage auf die Ferne eingestellt sein muß, auf einen Teil des Horizontes, an dem man schöne Blitze erwartet. Ist ein Blitz herniedergegangen, dessen Spur man auf der Platte vermutet, so schließt man die Kassette und entwickelt. Die Bilder haben den Nachteil, daß außer dem Blitz selbst und vielleicht einigen erleuchteten Wolken in seiner Nähe, nicht viel auf dem Bilde zu sehen ist. Kann man es daher so einrichten, daß sich der Blitz noch einmal in einer Wasserfläche spiegelt, so hat man für den künstlerischen Ausdruck des Bildes schon viel gewonnen. Sonst kann man auch folgendermaßen verfahren, vorausgesetzt, daß der Apparat, nachdem sich der Blitz auf der Platte eingetragen hat und nachdem das Objektiv geschlossen worden ist, unverrückt an seinem Ort stehen bleiben darf. Man photographiert dann nämlich am nächsten Morgen die zu dem Blitz gehörige Landschaft auf dieselbe Platte mit kleiner Blende und schnellstem Momentverschluß, damit sie nur wenig hervortritt und der Blitz immer noch als Hauptsache erscheint.

Der photographierte Blitz zeigt oft die wunderlichsten Bahnen und Verästelungen; eine gut gelungene Aufnahme fügen wir unserer elektrischen Sammlung bei.

Eisblumen sind ein schwieriges photographisches Objekt. Sie ergeben ein wenig kontrastreiches Bild, wenn man sie gegen das Licht aufnimmt. Denn es fehlt dem photographierten Bilde der unbeschreibliche Farbenzauber, den die Sonne in den feinen Kristallen der Eisgebilde hervorruft. In auffallendem Lichte kommt man eher zum Ziele. Dazu ist es nötig, die Fenster Scheibe von außen zu photographieren, was sicher nur bei Fenstern zu ebener Erde oder vom Balkon aus möglich ist. Man kann auch, falls man flink genug dazu ist, so verfahren, daß man das Fenster schnell öffnet und die Aufnahme gegen eine dunkle Gardine macht. Diese Art der Anordnung gibt noch mit die besten Resultate. Immer aber hat man darauf zu achten, daß das Licht nicht von vorn, sondern schräg auf die Scheibe fällt, was die Plastik erhöht. Jedenfalls erhält man viel reizvollere Bilder, wenn man die Eisblumen nicht durch die Scheibe, sondern vor der Scheibe aufnimmt. Schnauß gibt in seinem lustigen Buche „Photographischer Zeitvertreib“ dazu folgende Anweisung: Man übergießt eine Platte mit Kollodium, legt sie ins Wasser, bis dieses von der Schicht nicht mehr fettig abgestoßen wird, läßt dann das Wasser abtropfen und stellt die Platte ins Freie. Bei starkem Frost haben sich in etwa einer Viertelstunde zarte und reizende Eisblumen auf dem Glase gebildet. Man stellt dasselbe vor einen schwarzen Untergrund und macht die Aufnahme. Es genügt bei mittlerer Blende eine Exposition von wenigen Sekunden.

Photographische Silhouetten, d. h. schwarze Abbildungen, die nur aus Umrißlinien bestehen, lassen sich unschwer anfertigen. Man hat verschiedene Methoden angegeben, die einfachste und sicher zum Ziel führende ist folgende. In etwa 2 m Entfernung vor einem hellen Fenster, dessen Vorhänge weit zurückgezogen sind, wird ein Laten straff ausgespannt. Dies geschieht ohne Schwierigkeiten, wenn man zwei Stehleitern oben mit einem Besenstiel verbindet und über diesen das Laten hängt. Es wird vom Fenster aus durchscheinend und gleichmäßig erleuchtet. Vor dem Laten auf der Zimmerseite nimmt in einiger Entfernung die zu porträtierende Person Platz und zwar so, daß sie ein scharfes Profil zeigt. Alles

überflüssige Licht, das die Person vom Zimmer her erleuchten könnte, muß beseitigt und daher auch ein etwa vorhandenes zweites Fenster verhängt werden. Die Aufnahme wird gegen den durchleuchteten Hintergrund gemacht und dauert bei kleinster Blende nur kurze Zeit. Auf diese Weise erhält man auf der Platte eine weiße Figur auf dunklem Grunde und auf dem Positiv eine scharfe Silhouette. Steckt man sie, falls es sich um ein Brustbild handelt, in einen kleinen ovalen Empirerahmen, so kann man ganz den Eindruck der zur Zeit unserer Urgroßeltern so beliebten, gezeichneten Schwarzbilder hervorrufen.

Verzerrte Bilder lassen sich vorzüglich gut mit unserer Lochcamera anfertigen. Der Versuch lehrt, daß die Größe des Bildes zunimmt mit der Entfernung der Platte vom Bildloch. Ganz sonderbare Verhältnisse kommen daher zu stande, wenn verschiedene Teile der Platte ungleich weit vom Loch entfernt sind, sie also zum Beispiel schief liegt. Das kann man leicht erreichen, wenn man die mit Gummibändern auf ein Pappstück geheftete Platte mit diesem in der gewünschten Weise in den Apparat einklemmt und dann den Verschußdeckel aufsetzt. Wird ein Mensch mit Hilfe dieser Vorrichtung aufgenommen, was, weil es sich um eine lichtschwache Lochcamera handelt, nur bei hellem Sonnenlicht geschehen kann, so wird er je nach der Stellung der Platte entweder einen viel zu dicken Kopf oder Klumpfüße bekommen, auf jeden Fall aber einen possierlichen Anblick darbieten.

Geisterphotographien. Es ist unglaublich, wie gern die Welt sich täuschen läßt und wie geringe Mittel oft dazu gehören, die Täuschung hervorzubringen. So machten vor etlichen Jahren photographische Aufnahmen in jenen Kreisen ungeheures Aufsehen, die sich der mühsigen Beschäftigung hingeben, Geister zu beschwören. Man glaubte endlich, den unwiderleglichen Beweis für die Existenz überirdischer Wesen erbracht zu haben. Denn die Photographie lügt nicht, und auf gewissen Photographien zeigten sich neben gewöhnlichen Sterblichen in der Tat Geister, so schön, als man sie sich wünscht. In weiße Laten gekleidet, hübsch verschwommen und so durchscheinend, daß man Tische und Stühle durch sie hin-

durch sah und daran seine helle Freude haben konnte. Und doch waren diese Photographieen nichts als geschickte Nachwerke von Gaunern, die die geistige Befangenheit ihrer Gemeinde kannten. Wir werden unseren Lesern sogleich das ganze Geheimnis verraten.

Wir setzen irgend jemand zur Aufnahme auf einen Stuhl; ist er in den Scherz eingeweiht, um so besser, wenn nicht, so schadet es auch nichts. Die bei der Aufnahme geforderte Bewegungslosigkeit des Opfers kommt uns zu statten, das nun nichts davon merkt, wie Freund so und so im weißen Laken leise zur Türe hereinschleicht und mit drohender Gebärde hinter ihm Aufstellung nimmt. Nun beginnt man zu exponieren und zwar zunächst nur ein Drittel der erforderlichen Zeit. Dann wird der Deckel schnell geschlossen und der „Geist verschwindet“, worauf noch einmal und nun die letzten zwei Drittel exponiert werden. Der Erfolg liegt auf der Hand. Während der Porträtierte und alle Zimmermöbel mit voller Deutlichkeit und Undurchsichtigkeit erscheinen, sieht der Geist aus wie ein Schreckgebilde von Dunst und Nebel, das durchscheinend vor den anderen „dieser Welt“ angehörigen Gegenständen steht. Ist der mit dem Geist Aufzunehmende im Einverständnis, so wird die Aufnahme um so eindrucksvoller, da er dann Schrecken heucheln, oder auch, wenn er mutiger ist, dem Geist mit einem Schwert zu Leibe rücken kann.

Selbstporträts scheuer Tiere. Es gehört gemeinhin zu den schwierigsten Dingen, scheue Tiere, sagen wir Waldbögel, Füchse u. s. w., aus nächster Nähe zu photographieren, es sei denn, daß man sie zur Aufnahme auf folgende Art selbst veranlaßt. Wie auch immer der Momentverschluß beschaffen sein mag, immer läßt er sich durch einen Zug oder Druck auslösen. Es ist nicht schwer, diese Auslösung elektrisch vorzunehmen, wenn es sich etwa um einen Fallverschluß handelt, aber auch sonst kann man stets eine geeignete Lösung finden. Zur elektrischen Auslösung kann mit bester Wirkung eine elektrische, nicht mehr gebrauchte, Klingel dienen. Sie wird dann unter dem Momentverschluß so aufgestellt, wie es Fig. 64 (a. f. S.) zeigt, daß nämlich ihr Klöppel das

Fallbrett des Verschlusses unterstützt und aufhält. Viele andere Anordnungen lassen sich natürlich ebenso gut anwenden. Ist die Unterstützung hart an der Kante des Brettes erfolgt, so leuchtet ohne weiteres ein, daß der Verschuß fallen muß, wenn der Klöppel gegen die Elektromagnete gezogen wird, d. h. sobald ein elektrischer Strom in die Klingel tritt. Um ein Zurückschnellen des Klöppels zu verhüten, muß der Strom den beiden Drahtenden der Magnet-

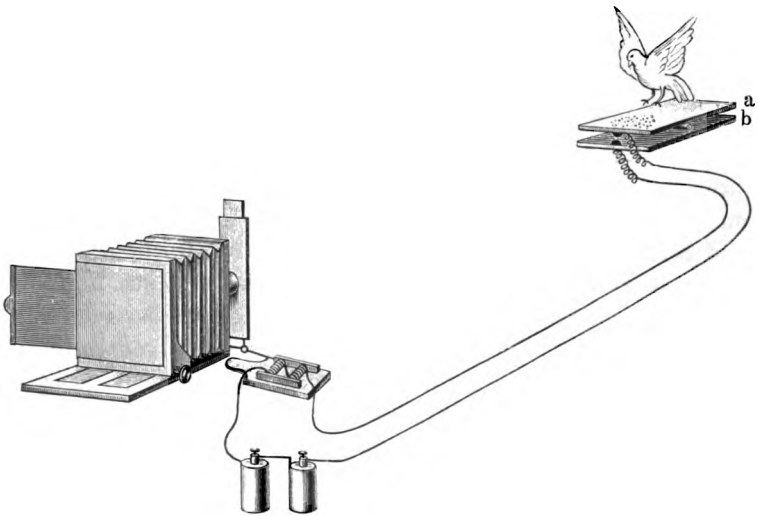


Fig. 64. Wie Vögel sich selbst photographieren.

wickelung direkt zugeführt werden, eine Umänderung, die sich bei jeder Glocke in einer halben Minute machen läßt. Nun käme es darauf an, den Strom an einem Ort durch den Vogel selbst schließen zu lassen, wo er sich gerne aufhält und auf welchen der Apparat, etwa durch ein Gebüsch verdeckt, gerichtet ist. Die Einrichtung ist sehr einfach. Zwei leichte, nicht zu große Brettchen *a* und *b* werden so übereinandergelegt, daß *a*, durch ein auf dem unteren Brett liegendes Querhölzchen unterstützt, bei der geringsten Belastung etwas nach vorn überkippt und dadurch zwei in die

Brettchen geschlagene kurze Nägel, am besten solche mit Messingköpfen, zur Verührung bringt. Sie schließen den Strom, da an ihnen die Leitungsdrähte befestigt sind. Streicht man den Kontaktapparat unauffällig an und streut Futter auf das obere Brett, so wird man auf das Bild nicht allzu lange zu warten haben. In den meisten Fällen muß man allerdings annehmen, daß das Tierchen, durch das Tippen des Brettchens und das Geräusch des Momentverschlusses erschreckt, aufspringt. Aber es geht ihm, wie den bei einer Blitzlichtaufnahme zusammensahrenden Damen, der Schreck kommt zu spät und die Aufnahme ist schon gemacht. Natürlich muß die Kontaktvorrichtung stets mit Überlegung so verändert werden, daß sie dem besonderen Zweck am besten dient. Vor einem Fuchslotz z. B. gräbt man die dann etwas größeren Brettchen so weit in die Erde ein, daß das obere mit dem Boden gleich ist, auch wird man es sehr zweckmäßig dünn mit Sand und gefallenem Blättern überstreuen. Da der Fuchs schwer ist, kann die Einstellung selbstverständlich viel gröber sein, auch fällt das Futter fort. Die Zuführungsdrähte überdeckt man ebenfalls mit Sand und stellt die Batterie in der Nähe des Apparates auf. Da die Kaffette oft stundenlang geöffnet bleiben muß, wird man den ganzen Apparat, bis auf die Objektöffnung, gut in dunkle Tücher einhüllen.

Die Laterna magica, ein Instrument, mit dem vor hundert Jahren noch die ärgsten Betrügereien ausgeführt wurden, ist heute eines der beliebtesten Spielzeuge, ja, man kann sagen, daß die Laterna magica, in verfeinerter Form, weit mehr ist als ein Spielzeug und nicht allein der Unterhaltung, sondern auch der ernstesten Form der Belehrung dienen kann.

Man könnte die Laterna magica ein umgekehrtes Auge nennen. Denn es gehen in ihr von einem kleinen Gegenstande Lichtstrahlen aus, die, durch eine Linse fallend, außerhalb der Laterne ein vergrößertes Bild entwerfen. Kleine Apparate gibt es in den Spielwarenläden schon zu sehr billigen Preisen, aber ihr Licht ist schwach und die Bilderchen sind meist recht unvollkommen. Will man etwa

das Doppelte ihres Preises daran wenden, so kann man sich mit Beihilfe des Schlossers oder Klempners selbst einen viel besseren Apparat bauen. Dazu möge folgende Anweisung dienen.

Ein viereckiger, aus Eisenblech genieteteter — nicht gelöteter — Kasten *K* (Fig. 65 a. S. 264) enthält in seinem Innern eine Petroleumlampe *L*, deren Licht auf das zu vergrößernde Glasbild fallen soll. Auf die Helligkeit dieser Lampe kommt viel an, auch auf die Form ihrer Flamme, die nicht nach oben in die Länge gezogen sein soll. Deswegen eignet sich auch eine Küchenlampe durchaus nicht, obgleich ihr niedriges Bassin sie für den Apparat sonst recht brauchbar macht. Man schraubt am besten auf das Bassin einen starken Kundbrenner, dessen Flamme in einem kugelförmigen Zylinder durch ein zentrales Metallplättchen breit gedrückt wird. Nach der vorhandenen Lampe richtet sich die Größe des Kastens, der hinten eine Tür haben muß, um die Lampe hineinstellen zu können. Der Schornstein erhält einen viereckigen Querschnitt, braucht nicht hoch zu sein, muß aber nach vorn und hinten so viel Raum lassen, um die Lampe, ohne mit dem Zylinder anzustoßen, ein gutes Stück verschieben zu können. Ein rund gebogener breiter Blechstreif greift von oben her in den Schornstein ein und dient als Sichtkappe. Aus der Vorderwand des Kastens wird genau in der Höhe der Flamme ein rundes Loch ausgeschnitten, so groß als die Linsen sind, zu denen die Geldmittel ausreichen.

Die Blecharbeiten überläßt man immer dem Klempner, der besser und schließlich auch billiger arbeitet als wir selbst. Man gebe sie nicht eher in Auftrag, als bis man sich über die Wirkung der Laterne ganz im Klaren ist. Sie ist einfach genug.

Nehmen wir an, es würde durch eine helle Lampe (Fig. 65, Darstellung B) ein auf Glas gemaltes durchscheinendes Bild *B* hell erleuchtet, so wirkt das Bild nun selbst wie eine Lichtquelle und es ist keine Frage, daß man von ihm mittels einer brennglasähnlichen Linse ein vergrößertes Bild auf einer Wand entwerfen kann. Aber man sieht auch, daß von dem auf das Glasbild fallenden Licht der Lampe, das sich ja kegelförmig ausbreitet, sehr wenig in die Linse *Ls* fällt. Das vergrößerte Bild

an der Wand würde demnach sehr lichtschwach ausfallen, falls man nicht noch durch andere Linsen eine Verdichtung des Lichtes auf die abbildende Linse bewerkstelligen kann. Das ist der Fall, und so entsteht dann ein ganzes Linsensystem, das in Röhren eingeschlossen wird, um dem Licht keinen Ausweg nach der Seite zu gestatten (Darstellung C). Um die Einrichtung zu verstehen, wollen wir den Gang der Lichtstrahlen, von der Lampe aus, verfolgen. Sie fallen zunächst nicht auf das Bild, sondern auf das Linsenpaar $C_1 C_2$. Beide Linsen sind auf einer Seite flach und kehren die gewölbten Seiten einander zu. Das Rohr R , welches sie trägt, ist nicht länger, als gerade erforderlich und mit seinen Flanschen durch drei Schraubenbolzen mit dem Lampenkasten verbunden. Die Befestigung der Linsen erfolgt sicher genug durch einen aufgeschlizten und federnd eingeklemmten Rohrring zwischen ihnen und die beiden Sperrringe aus Draht d_1 und d_2 . Durch die erste Linse werden die Lichtstrahlen parallel gemacht, durch die zweite so zusammengeworfen, daß sie sämtlich in die Objektivlinse fallen. Je größer die Beleuchtungslinsen sind, desto größere Bilder können in den Apparat eingeführt werden. Man giebt derartige Linsen bis zu 40 cm Durchmesser, doch sind diese natürlich sehr teuer. Für unsere Zwecke tun es auch Linsen mit 6 bis 10 cm Durchmesser. Wer es sich leisten kann, solche von 12 cm Durchmesser zu kaufen, wird dann in der Lage sein, auch die im Handel käuflichen, durch Photographie hergestellten, Laternenbilder von $8\frac{1}{2} \times 10$ cm zu verwenden.

Der ganze in der Fig. 65 C mit $\overset{P}{\rule{1.5cm}{0.4pt}}$ bezeichnete Teil ist als ein Stück aufzufassen und besteht zunächst aus dem kurzen Rohr o , mit dem man ihn auf das Beleuchtungsrrohr R aufschieben kann. Dann folgt ein aus zwei Platten nn (vergl. auch die perspektivische Zeichnung der, Objektivkopf genannten, Vorrichtung) und vier Metallsäulchen hergestellter Schliz, in den sich das Bild einführen läßt, und schließlich der trichterförmige Ansatz t , an dem sich ein Rohr q befindet, das dem Objektivrohr u (Objektiv heißt die Linse, welche das Bild entwirft) zur Führung dient. Die Objektivlinse ist einerseits durch einen

breiteren Sperrring aus Blech, andererseits durch einen solchen aus steifem Draht befestigt, ganz ähnlich wie die Beleuchtungslinsen. Bemerkten wollen wir noch, daß die mit runden Auschnitten, so

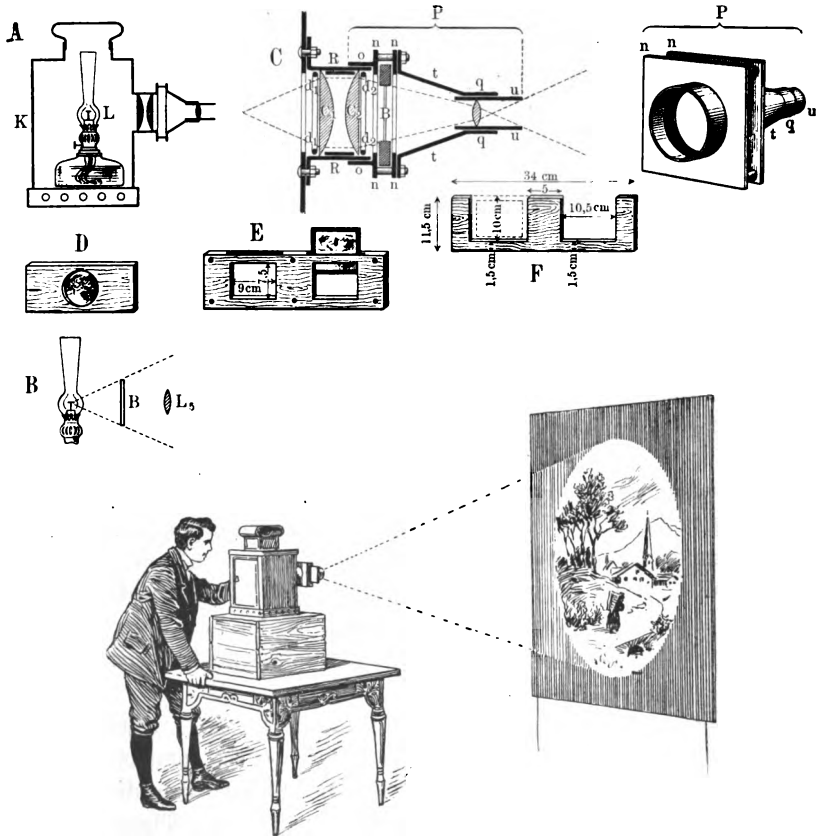


Fig. 65. Laterna magica.

groß als die Beleuchtungslinsen, versehenen viereckigen Bleche des Einschiebeflisses auch durch kleine, gleich große Holzklötzchen auseinandergehalten werden können, die man mit dem Blech verschraubt oder vernagelt.

Nun etwas über die Linsen. Sie sind leicht zu beschaffen, und was die Beleuchtungslinsen angeht, heutzutage in jedem größeren photographischen Geschäft, meist schon in ein Rohr gefaßt, käuflich. Anders die Objektivlinse. Will man sich hierfür mit einem gewöhnlichen Brennglas, etwa ein halb bis zwei drittel so groß als die Glasbilder, begnügen, so mag man es ja tun, aber man wird an der „Projektion“ — so nennt man die Erzeugung der vergrößerten Wandbilder — wenig Freude erleben, da sie meist nach außen sehr unscharf ausfällt und bunte Bildränder aufweist. Die große Linse eines alten Opernglases wäre sehr brauchbar, wenn sie nicht eine etwas kurze Brennweite hätte, oft aber hat man Gelegenheit, beim Optiker oder in einem photographischen Geschäft eine sogenannte Landschaftslinse aufzutreiben, die aus irgend einem Grunde unbrauchbar geworden ist. Wenn sie ein paar Kraker hat, so schadet das sehr wenig. Derartige Linsen sind überhaupt nicht sehr teuer, da man schon die billigsten Anfängerapparate mit ihnen ausrüstet. Hat die Linse ungefähr 4 cm im Durchmesser und eine Brennweite von 12 bis 16 cm, so ist sie für unsere Zwecke gerade recht. Der Objektivabstand vom Bilde wird dann so bemessen, daß er im Mittel etwas größer ist als die Brennweite.

Die kleinen, bunten, auf Glas gemalten Laterna magica-Bilder haben meist eine runde Form und einen Durchmesser von 3 bis 6 cm. Sie sind in einen Holzrahmen gefaßt (Darstellung D) und können mit diesem vor die Beleuchtungslinsen geschoben werden. Ihr künstlerischer oder belehrender Wert ist recht gering. Eine kleine untergelegte Holzplatte gibt ihnen in dem Einschiebeschlitze die richtige Höhe. Die Laterna magica wird folgendermaßen aufgestellt.

Zunächst stellt man die Laterne auf einem hohen Tisch vor einer weißen Wand oder einem glatt gespannten Laten auf. Man kann zur Befestigung desselben auch den Türrahmen benutzen, dann sitzen aber die Zuschauer in dem anderen Zimmer und betrachten das Bild in der Durchsicht. Es ist in diesem Fall zweckmäßig, das Laten durch Anspritzen mit Wasser recht

durchscheinend zu machen. Je weiter die Laterne vom Laken entfernt ist, desto größer, aber auch desto lichtschwächer werden die Bilder. Steht der Apparat zu tief, so erhöht man ihn durch eine Kiste, es schadet auch nichts, wenn man ihn ein wenig nach oben richtet.

Darauf wird die Lampe eingesetzt und das Zimmer verdunkelt. Es kommt viel, sehr viel darauf an, daß die Lampe tabellos brennt. Man gleiche daher den Docht jedesmal sorgfältig aus, damit die Flamme überall gleich hoch brennt und voll ausgenutzt werden kann, ohne zu ruhen. Ein bei *B* (Darstellung *C*) eingeführtes Bild wird dann auf dem Schirm erscheinen, aber in den meisten Fällen weder scharf noch in allen Teilen gleichmäßig erleuchtet. Den Punkt der scharfen Einstellung findet man sehr schnell durch Hin- und Herschieben des Objektivrohres *u*, die richtige Ausleuchtung durch Vor- und Zurückrücken der Lampe in der Richtung der Linsen. Oft stimmt auch die Höhe der Lampe nicht genau; man versucht dann etwas unterzulegen und es ist daher immer gut, wenn die Linsen lieber etwas zu hoch als zu tief angebracht sind.

Bewegt sich der Apparat mit seinem Tisch auf Rollen geräuschlos hin und her, so wird das Bild bald größer, bald kleiner und der Zuschauer, dem die Dunkelheit eine Orientierung nicht gestattet, kann sich dann durchaus des Eindrucks nicht erwehren, als stürze der projizierte Gegenstand auf ihn zu oder entferne sich wieder von ihm. Als Objekte für diesen Versuch können besonders weiße, gespensterähnliche Gestalten mit aufgerissenem Mache und drohend vorgestreckten Krallen dienen, da in diesem Falle vielleicht noch die Furcht hinzutritt, um die ruhige Überlegung lahm zu legen. Doch heutzutage kennt jedermann die Zauberlaterne und selbst der kleinste Sextaner läßt sich durch einen solchen Hokusfokus nicht mehr aus der Fassung bringen. Man kann sich aber wohl vorstellen, welch einen Eindruck eine derartige Vorführung auf die in Unwissenheit und Aberglauben befangene Gesellschaft früherer Jahrhunderte ausüben mußte.

Die Zauberlaterne wurde im Jahre 1646 erfunden, und schon

zu Anfang des folgenden Jahrhunderts benutzte einer der genialsten Betrüger das Instrument, um die besseren Kreise von Paris zu erschrecken. Er ließ Geister erscheinen und hatte bald seine Zuschauer völlig in der Gewalt, die er weidlich für seine Zwecke gebrauchte. Allerdings — das muß man ihm lassen — er verstand sein Geschäft. Düstere unterirdische Räume, schlechte Beleuchtung, schwarze von Knochen zusammengehaltene Draperieen, Klagende, stöhnende Laute sorgten für die nötige „Stimmung“. Plötzlich verlöschten die Lampen und inmitten dieser schauerlichen Umgebung erschienen dann die Geister, nicht ohne sich vorher durch rasselnde Donnerschläge angemeldet zu haben. Sie zeigten sich zunächst platt an der Wand, stürzten sich aber dann mit scheußlichem Geheul, immer größer werdend, auf die geängstigten Zuschauer, die sich oft mit gesträubten Haaren unter die Sitze verkrochen. Aber die Geister ließen sich nicht lumpen und erschienen auch, gegen erhöhtes Eintrittsgeld, mitten in der Stube als blasse, durchscheinende, hin und her wehende Gebilde, wurden kleiner und kleiner und verschwanden schließlich ganz. Vor den Zuschauern war nämlich ein kleiner, innen hohler, Altar errichtet, in dem ein Kohlenfeuer schwach glimmte. Sein matter Schein erhellte kaum das Kellergewölbe. In die Kohlenpfanne warf der Hexenmeister eine Mischung stark qualmenden Räucherpulvers, dessen weiße Dämpfe alsbald, von den Zuschauern kaum bemerkt, sich über dem Altar wie ein Schleier erhoben. Auf ihn richtete dann der Gehilfe die Zauberlaterne, deren Strahlen, durch ein Loch in der Wand, von einem anderen Raume her hereinfließen.

Will man selbst Laternenbilder anfertigen, so wird man mit der Wahl der Farben in einige Verlegenheit kommen, denn sie sollen durchsichtig sein und auf Glas haften. Es gibt nun allerdings Basurfarben in Öl (Öllack), doch sind sie sehr teuer und trocknen schwer. Ganz gute Resultate aber erreicht man mit Anilinfarben auf folgende Art. Man löst in 100 g heißem Wasser 5 g weißer Gelatine, rührt gut um und filtriert die Lösung, noch heiß, durch ein doppelt zusammengelegtes feines Tuch. Darauf erwärmt

man die gut gepuzten Glasplatten, auf denen man die Bilder malen will, legt sie auf eine völlig horizontale Fläche und gießt auf jede Platte, je nach ihrer Größe, 2 bis 6 g der heißen Gelatinelösung. Mit einem rechtwinklig gebogenen Glasstäbchen oder der glatten Kante eines reinen Stückes Papier läßt sich die Lösung bis zum Rande hin auf den Platten willig und gleichmäßig verteilen. Im Laufe von zwei Stunden pflegt die Gelatine so weit erstarrt zu sein, daß man die Platten aufrecht an einem luftigen, staubfreien Ort zum Trocknen aufstellen kann. Man werde nicht ungeduldig, wenn das Trocknen oft 12 und mehr Stunden in Anspruch nimmt und benutze die Platten jedenfalls nicht eher, als bis jede wulstige Erhebung auf ihnen verschwunden ist. Auf der eingetrockneten Schicht läßt sich dann mit Bleistift eine Zeichnung entwerfen und mit Anilinfarben austuschen. Es eignen sich besonders folgende Farben: Himmelblau, Ultramarin, dunkles Grün, Orange, Zinnober, Saturnrot, Violett, Olivgrün, Ocker und Schwarz*). Man löst die Pulver in Wasser auf und verwahrt die Lösungen in kleinen Flaschen. Zum Gebrauch verdünnt man auf einer Glasplatte noch einmal mit Wasser. Im allgemeinen gilt die Regel, die Farben nicht zu stark aufzutragen, sondern lieber mehrere Male über zu legen. Zuerst das Himmelblau mit einem breiten Pinsel. Kommt man dabei über die Baumwipfel hinweg, so schadet das gar nichts, da ohnehin das Grün der Blätter viel Blau enthält. Man koloriert dann den Baumschlag mit einer leichten Mischung aus Gelb und Grün. Je feiner die Objekte sind, desto feiner muß auch der Pinsel sein. Ist die Gelatine nicht zu hart, so nimmt sie alle Farben willig an.

In gleicher Weise können auch photographische Laternenbilder, sogenannte Diapositive, gefärbt werden, nur versalle man nicht dabei in den Fehler, des Guten zu viel zu tun. Je zarter ein derartiges Bild koloriert ist, je mehr noch die Photographie

*) Als Eiweißlasuren in Fläschchen à 30 Pf. von Günther u. Wagner in Hannover zu beziehen.

durch die Farben hindurch wirkt, desto vornehmer sieht die Projektion aus.

Wer einen photographischen Apparat besitzt und gute Negative macht, kann sich ohne nennenswerte Mühe photographische Laternenbilder selbst anfertigen. Dann bekommt seine Laterna magica erst vollen Wert, da sie wirklich Ersehntes zur eigenen und zur Freude anderer wiedergeben kann. Derartige Bilder dienen auch zu Belehrungszwecken und werden von Lehrmittelanstalten verkauft. Sie haben eine Größe von $8\frac{1}{2} \times 10$ cm, und es ist sehr empfehlenswert, sich von vornherein ebenfalls diesem Format anzuschließen. Man kopiert dann das Negativ nicht auf Papier, sondern im Kopierrahmen auf eine empfindliche Diapositivtrockenplatte der gedachten Größe, wobei man sie zweckmäßig noch mit einem schwarzen Papier hinterlegt. Es wird dabei freilich vorausgesetzt, daß das Negativ gleiche Größe habe, doch kann man auch aus einer 9×12 -Platte die interessantesten Partien auswählen. Diapositivplatten sind im Handel zu haben und viel unempfindlicher als gewöhnliche Trockenplatten. Immerhin muß das Einlegen in den Kopierrahmen wie das Entwickeln bei rotem Licht vorgenommen werden. Die Schicht ist sehr fein und wird erst bei einiger Übung gegen die Glasseite mit Sicherheit unterschieden. Exponieren kann man in 1 m Entfernung von einer hellbrennenden Petroleumlampe auf eine mitteldichte Platte etwa 8 bis 10 Sekunden. Als Entwickler kann man Rodinal gebrauchen (Seite 235), doch eignet sich der ebenfalls käufliche Hydrochinontwickler besser. Man entwickelt ziemlich kräftig, da die Platte im Fixierbad stark zurückgeht. Sonst verläuft der ganze Prozeß wie bei gewöhnlichen Platten.

Wenn die Schicht trocken ist, schützt man sie durch Auflage einer zweiten klaren Glasplatte, nicht ohne vorher zum wirkungsvollen Abschluß des Bildes einen rahmenartigen Ausschnitt aus schwarzem Papier (eine Maske) dazwischengelegt zu haben. Um das Eindringen von Staub zwischen die Platten zu verhüten, klebt man sie rings herum mit schmalen Streifen aus schwarzem Papier zu. Dann ist das Laternenbild fertig und

erhält noch eine Nummer, um in den Katalog eingereiht zu werden.

Selbstverständlich müssen alle Bilder verkehrt in den Apparat geschoben werden, damit sie an der Wand nicht auf dem Kopf stehen. Recht bequem ist für die Bilder ein Einschiebrahmen, der noch den Vorteil bietet, daß man das eine Bild austauschen kann, während das andere projiziert wird. Ein derartiger Rahmen ist in den Abbildungen E und F der Fig. 65 dargestellt. Das Mittelstück ist aus Laubsäge- oder Zigarrenkistenholz gefertigt und enthält zwei Ausschnitte von 10 cm Tiefe und 10,5 cm Breite, mithin etwas größer als die Bilder selbst sind. Die Dicke des Brettchens muß etwas mehr betragen als diejenige der stärksten Bilder. Auf dieses Holzstück werden dann von beiden Seiten Masken aus Pappe oder besser aus dünnem Blech aufgenagelt oder aufgeschraubt, mit Öffnungen, etwas kleiner als die Bilder selbst. So entstehen, da die Ausschnitte des Holzbrettes größer sind als die der Masken, Führungsnuten und oben zwei Schlitze, durch welche die Bilder in den Rahmen eingesteckt werden können (E). Hat man sich gleich entschlossen, einen derartigen Rahmen zu verwenden — was allerdings Beleuchtungsklinen von 12 cm Durchmesser nötig macht —, so müssen die Abmessungen des Einführungsschlitzes nn (Darstellung C) nach den Maßen des Rahmens eingerichtet sein.

Projektion von Experimenten. Erst in neuerer Zeit hat man erkannt, daß die Zauberlaterne oder, wie man sie jetzt vornehm nennt, „Projektionsapparat“, in hervorragendem Maße geeignet ist, als Belehrungsmittel zu dienen. Sie wanderte aus den Händen der Zauberkünstler in die Laboratorien und Hörsäle, wo sie nun nicht allein photographische Darstellungen aus allen Wissensgebieten, sondern auch in kleinen Abmessungen verlaufende physikalische Experimente vielen Zuhörern zugleich sichtbar macht. Wenn auch unsere Laterne nicht mit den kostbarsten Linsen und elektrischem Licht ausgerüstet ist, so kann sie doch dem gleichen Zweck für eine kleinere Zahl von Zuschauern mit Erfolg dienen.

Gar keiner Veränderung bedarf es, wenn sich die Experimente zwischen zwei Glastafeln abspielen und die ganze Vorrichtung nicht dicker und höher ist als sonst ein Bild mit Einschlebrahmen. Dahin gehören z. B. fast alle Experimente, welche sich auf die Kapillaritätserrscheinungen beziehen, und die Wirkung kleinster Kräfte in Haarröhrchen (Capillum: das Haar) oder engen, abgeschlossenen Räumen veranschaulichen. Diese Kräfte haben in der Natur genug zu tun. Sie sind es, die die Feuchtigkeit von den Wurzeln bis in die Kronen der Bäume führen, die den Haaren die Nährsäfte zuleiten, das Löschpapier den Tintentfleck auffaugen lassen u. s. f. Taucht man ein enges Glasrohr in Wasser, so wird man bemerken, daß die Flüssigkeit im Innern des Rohres bis zu einer gewissen Grenze hochsteigt, um so höher, je enger das Rohr ist. Auch hier sind Kapillarkräfte an der Arbeit. Zwei eng zusammengelegte Glasplatten wirken ähnlich. Mit ihrer Hilfe kann man ein sehr schönes Kapillaritätsexperiment projizieren. Man schneidet zwei ebene Glasstreifen etwa 15 bis 20 cm lang und so breit, daß sie sich gerade in den Falz der Laterne einführen lassen. Sind sie, unter Zwischenlage eines schmalen Kartonstreifchens auf der einen Seite, zusammengelegt und durch zwei Gummibänder in ihrer Stellung gesichert, so bilden sie gleichsam einen sehr engen, nach der Seite zu spitz verlaufenden Trog. Freilich fehlt diesem Trog der Boden, aber wir werden sehen, daß, wenn sich einmal Wasser zwischen den Platten befindet, die schon genannten Kräfte in Tätigkeit treten und die Flüssigkeit am Auslaufen verhindern. Man taucht sie in Wasser, dem man irgend eine Färbung, etwa mit roter Tinte, gegeben hat. Sofort dringt die Flüssigkeit ein, und zwischen den Platten zeigt sich ein sonderbares Gebilde, das viel Ähnlichkeit mit einer Koralle hat. Wo nämlich der Raum reichlicher bemessen war, also auf der Seite des Kartonstreifchens, ist das Wasser mühelos eingedrungen, und die Kapillaritätskräfte haben auch das Bestreben gehabt, es weiter nach den engeren Teilen hinzuziehen. Doch nicht an allen Stellen mit dem gleichen Erfolg. Da die Gläser niemals ganz eben sind, bilden sie, eng aneinanderliegend, gewissermaßen ein System enger, un-

regelmäßig verlaufender Kanäle und Röhrchen, in die sich die Flüssigkeit hineinziehen kann. Dazu kommt noch, daß die Gläser an den erhabeneren Stellen, auch nach dem besten Putzen, meist unrein und fettig sind und hier die Flüssigkeit abstoßen.

Die Platten wandern dann in die Projektionslaterne (Fig. 66, A) und werden so lange hin und her verschoben, bis diejenige Stelle auf dem Schirm erscheint, an der sich die Kapillaritätsercheinung besonders schön ausgebildet hat. Darauf wird mit dem Objektiv scharf eingestellt. Damit beginnt aber erst das Experiment. Schiebt man nämlich einen sehr dünnen Gegenstand, etwa die Spitze einer feinen Messer Klinge, zwischen die Platten auf der Seite, wo sie eng zusammenliegen, so verändern sich auch sofort die Kapillaritätsverhältnisse, die Kräfte lassen in ihrer Wirkung nach und das kunstvoll verzweigte Gebilde zieht sich auf seine Wurzel zurück, um sofort wieder zu erscheinen, sobald die alten Verhältnisse hergestellt werden. So kann man vor den Augen seiner wißbegierigen Zuhörer die Koralle nicht allein fertig vorführen, sondern auch wachsen lassen.

Besonders schön machen sich wachsende Kristalle im Projektionsapparat. Sie fallen verschieden aus, je nach der Lösung, aus der sie ausscheiden. Man verfährt in folgender Weise: Eine heiß gesättigte Lösung von Eisenvitriol — d. h. eine solche, in der sich, auch wenn sie heiß ist, Kristalle nicht mehr lösen wollen — wird mit etwas Gummi oder Leim versetzt und mit einem breiten Pinsel in dünner, gleichmäßiger Lage über einen Glasstreifen gestrichen, wie er in den Projektionsapparat paßt. Nach kurzer Zeit beginnen die Kristalle auszutreten, was auf der Leinwand den Eindruck macht, als schössen mächtige Federbüsche von allen Seiten her in das Gesichtsfeld. Bleizucker (giftig!) zeigt dagegen regelmäßigere Formen und eine Lösung von Zinkvitriol kristallisiert zu schönen baumartigen Verästelungen aus. Kristalle des blauen Kupfervitriols fallen dagegen zu massig und plump aus, um auf dem Bilde Eindruck zu machen.

Für alle Fälle ist es gut, einen schmalen durchsichtigen Trog in seiner Sammlung zu besetzen, wenn man mit größeren Quanti-

täten von Flüssigkeiten vor der Laterne experimentieren will. Es ist nicht schwer, sich selbst ein derartiges Gefäß herzustellen, schwerer schon, es völlig zu dichten. Am besten kommt man noch folgendermaßen fort: Aus einem guten, trockenen Brett, das so hoch und breit ist, als es der Einschiebeschlag der Laterne gestattet, wird, wie Fig. 66, B es zeigt, ein rechtwinkliges Stück in der Mitte so

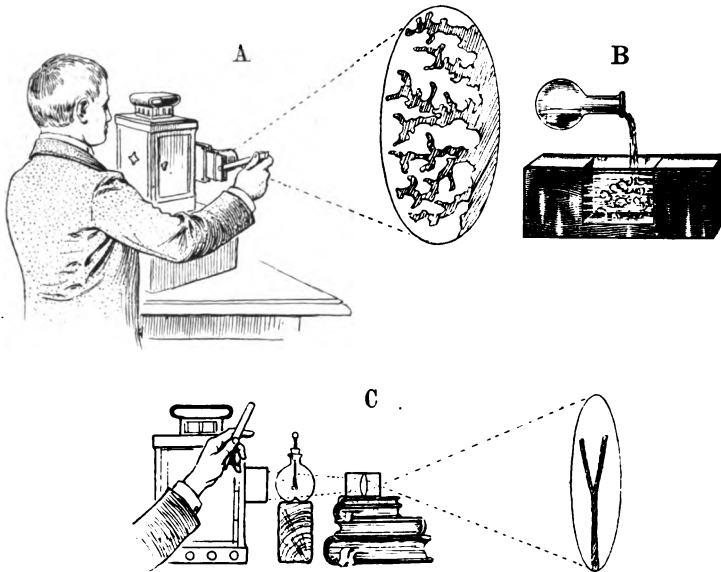


Fig. 66. Projektion von Experimenten.

groß ausgeschnitten, wie die Laternenbilder sind, worauf die Innenflächen sauber mit der Feile geglättet werden. Durch seitlich aufge kittete Glas scheiben wird der Projektionsstrog fertig. Es ist aber durchaus nicht gleichgültig, womit man kittet. Siegellack und Schellack springen, sobald das Holz etwa feucht wird, Beim löst sich auf. Am besten hat sich folgender Kitt bewährt. Man löst in einem großen eisernen Böffel über der Spiritusflamme

zuerst einen Gewichtsteil Kolophonium und gibt dann zwei Gewichtsteile Wachs unter gutem Umrühren hinzu. Die Hitze darf nicht bis zur Entzündung der Harze gesteigert werden. Mit dem heißen Kitt streicht man zunächst schnell und gleichmäßig die drei schmalen Innenflächen des ebenfalls etwas erwärmten Holzrahmens und gibt nach dem Trocknen an dieser Stelle noch einen doppelten Überzug von Asphaltlack, den man nötigenfalls mit Terpentin verdünnen kann. Zum Aufkitten müssen die Glasscheiben, in einer Ofenröhre erhitzt, bereit liegen und in noch heißem Zustande auf die angewärmten und mit heißem Kitt bestrichenen Seitenflächen aufgedrückt werden. Man preßt dann auf einer horizontalen, ebenen Unterlage mit ausgelegten Gewichten und wartet das völlige Erstarren des Kittes ab, was vielleicht eine Stunde dauert. Etwa seitlich hervorgequollener Kitt läßt sich leicht mit einem scharfen Federmesser entfernen.

Mit Hilfe eines solchen Troges lassen sich viele Experimente zeigen, die uns zum Teil schon bekannt sind. So kann man z. B. in ihm eine Kugel auf der Grenze zweier spezifisch verschieden schwerer Flüssigkeiten schweben lassen (Seite 116) und anderes mehr. Unsere Abbildung zeigt das mechanische und optische Verhalten einer Kochsalzlösung, die der Experimentator aus einem Fläschchen in gewöhnliches Wasser gießt. Da Salzwasser schwerer ist, sinkt es zu Boden, ein Vorgang, den man gewöhnlich nicht gut bemerken kann, weil beide Flüssigkeiten gleich durchsichtig sind. Auf der Leinwand bietet sich jedoch ein wahrhaft überraschender Anblick. Wie bei einem Vulkanausbruch wälzen sich riesige Wolken empor, die sich wirbelnd nach oben verbreitern und den ganzen Raum ausfüllen. Wir werden weiter unten sehen, daß schräg auffallendes Licht aus seiner Richtung gelenkt wird, wenn es von einem dünneren in einen dichteren durchsichtigen Körper übergeht und umgekehrt. Hier ist das Salzwasser der dichtere, das Leitungswasser der weniger dichte Körper, und ein Lichtstrahl würde dauernd abgelenkt werden, wenn er von Leitungswasser in Salzwasser überginge. Das Salzwasser bewegt sich aber, es sprudelt, wirbelt und breitet sich aus, so daß die Lichtstrahlen unregelmäßige,

bald dicke, bald dünne Salzsichten zu durchsetzen haben und daher in wirrem Spiel auf dem Schirm jene schlierenartigen Gebilde hervorrufen. Da der Projektionsapparat umkehrt, wird der Eindruck eines Vulkanausbruches hervorgerufen. Eine ähnliche Schlierenbildung tritt auch auf, wenn man Wasser in Alkohol oder auch nur kaltes Wasser in wärmeres gießt.

Bisher haben wir durchscheinende Gegenstände projiziert. In vielen Fällen kommt es jedoch weniger auf die Farbe als auf die äußere Form eines Gegenstandes an und dann kann man mit gutem Erfolg auch die Tätigkeit kleinerer Apparate, die sich dazu eignen, mehreren Personen zugleich zeigen. An die umgekehrten Bilder gewöhnt man sich bald. Freilich bedarf es dazu einer kleineren Veränderung an der Laterne.

Das Objekt, etwa ein kleines Elektroskop (s. unter „Elektrizität“), dessen Verhalten gezeigt werden soll, wird nicht mehr in den Einschlebeschlig passen. Man entfernt daher, wie es auch Fig. 66, C veranschaulicht, diese ganze Einrichtung von den Beleuchtungslinsen, zieht das Objektivrohr heraus und legt es in der richtigen Höhe, etwa durch Bücher oder Kästen unterstützt, vor den Apparat und rückt es so lange hin und her, bis der dicht vor die Beleuchtungslinse gebrachte Gegenstand im Bilde scharf erscheint. In den meisten Fällen wird dann das Bild noch bunte Ränder haben, weil nicht alles Licht in das Objektiv fällt. Dem kann man schnell abhelfen, wenn man die Lampe in der Laterne näher an die Beleuchtungslinsen heranrückt.

Wir werden in der Folge immer darauf hinweisen, wenn ein Experiment sich auch zur Projektion eignet.

Der Spiegel. Eines der sonderbarsten optischen Instrumente. Ein einfaches, glattes Stück Glas, hinterkleidet mit etwas Silber, aber begabt mit fast zauberhaften Eigenschaften. Wir treten vor den Spiegel hin und sehen plötzlich in ihm einen zweiten Menschen — unser eigenes Ich. Das Bild ist vollkommen. Nichts fehlt an ihm. Jede Augenwimper, jedes Fältchen im Gesicht, jedes Härchen am Kleide, alles ist da, kein Maler könnte im Laufe

vieler Jahre ein gleich genaues Abbild liefern. Aber das Bild ist auch bunt; so ohne Tadel ist die Wiedergabe, so überzeugend der Schattenwurf und die Plastik, daß wir in Versuchung kommen, uns selbst zuzunicken. Wahrhaftig, das Bild nicht auch. Und doch ist es nur ein elendes Stück Glas, mit dem die Natur dieses Wunder zu stande bringt. Man sieht, mit wie einfachen Mitteln sie arbeitet. Gewohnheit hat uns gegen das Wunder abgestumpft, aber man darf wohl annehmen, daß der erste Mensch, welcher sein Spiegelbild sah und sich durch Gebärden allmählich davon überzeugte, daß kein anderer, sondern er selbst zum zweitenmal vorhanden sei, einen heillosen Schreck mit nach Hause brachte. Denn so gebildet konnte er nicht sein, um in dem Phantom ein Gaukelspiel des Lichtes zu erkennen. Intelligente Menschenaffen äußern vor einem Spiegel fast stets ihr grenzenloses Erstaunen, ja ihr Entsetzen und gehen dann sofort hinter den Spiegel, um sich zu ihrer Beruhigung von der Nicht-Existenz des Geschauten zu überzeugen.

Das Wunder entsteht durch den Gehorsam des Lichtstrahles gegen eines der einfachsten Gesetze, dem der Zurückwerfung oder der Reflexion, einem Gesetze, dem auch der von einer Wand abprallende Ball folgt. Wirft man den Ball senkrecht gegen die Wand, so kommt er in derselben Richtung von der Wand zurück, als wäre er von jemand geworfen, der hinter der Wand steht. Schleudert man ihn gegen dieselbe Stelle, aber schräg, so wird er nach der anderen Seite zurückgeworfen und zwar so, daß der Winkel, den die Wurfrichtung einschließt mit dem auf der getroffenen Wandstelle errichteten Lot, gleich ist dem Winkel, den das Lot mit der Richtung des abprallenden Balles einschließt. Man nennt den einen Winkel den Einfallswinkel, den anderen den Ausfallswinkel und kann dann das Gesetz folgendermaßen aussprechen: Für die Reflexion ist der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel. Dies gilt für alle Fälle, mag der Winkel noch so groß oder so klein sein. Für den Wurf senkrecht auf die Wand sind z. B. beide Winkel gleich Null, d. h. der Ball kommt in der Wurfrichtung zurück. Der Billardspieler weiß das einfache physikalische Gesetz wohl

anzuwenden, wenn er die Richtung berechnet, welche sein Ball nach dem Rückprall von der Wand haben wird (vergl. Seite 137).

Wir können eine Person auch indirekt mit einem Ball treffen, indem wir schräg werfen und ihn von einer Wand abprallen lassen. Wären der Person die Augen verbunden, so wäre sie offenbar völlig im Unklaren über den Standort des Werfers. Vermuten würde sie ihn aber offenbar in der Richtung, aus der der Ball kommt, d. h. fälschlich dort, wo die Wand sich befindet oder an einem Ort hinter der Wand. Derartigen Richtungs-täuschungen unterliegt man sehr oft bei Schallerscheinungen (vergl. Seite 141), woraus man schließen muß, daß auch der Schallstrahl demselben Reflexionsgesetz gehorcht. Und dem Lichtstrahl ergeht es nicht anders, auch er wird von einer Wand, auf die er trifft, zurückgeworfen, aber nur dann genau in der vom Gesetz geforderten Richtung, wenn die Fläche, der Feinheit des Lichtstrahles entsprechend, völlig glatt ist. Derartige Flächen „spiegeln“ dann, wie man sagt.

Es möge sein SS (Fig. 67) eine völlig gerade, spiegelnde Fläche von der Seite gesehen. Vor dem Spiegel befinde sich ein Licht, das seine Strahlen nach allen Seiten in den Raum aus-

sendet. Ein ganzes Bündel dieser Strahlen fällt auch auf den Spiegel und wird von ihm zurückgeworfen. Wir greifen einige von ihnen heraus und nennen sie der Reihe nach 1, 2, 3, 4. Strahl 1

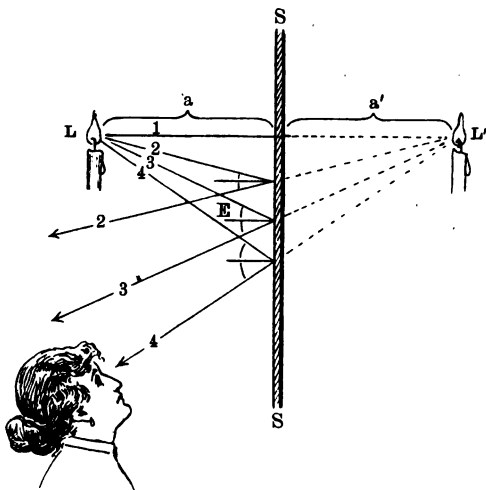


Fig. 67. Die Spiegelgesetze.

ist dadurch ausgezeichnet, daß er gerade senkrecht auf den Spiegel fällt und daher in derselben Richtung auf das Licht wieder zurückgeworfen wird. Mit keinem der anderen Strahlen geschieht dasselbe, da sie alle mehr oder minder schräg auf den Spiegel fallen und zur Seite gelenkt werden. Wählen wir für unsere Betrachtung den Strahl 3 heraus, so können wir sofort angeben, wie er reflektiert wird. Wir konstruieren dazu das Einfallslot E senkrecht zur Spiegelfläche und tragen den so entstandenen Einfallswinkel als Ausfallswinkel auf der anderen Seite des Lotes an. Führen wir dieselbe Konstruktion für mehrere Strahlen aus, so bemerken wir zwar, daß die reflektierten Strahlen alle nach verschiedenen Richtungen zeigen, daß aber ihre Verlängerungen rückwärts hinter dem Spiegel alle in ein und demselben Punkt L' zusammenlaufen. An dieser Stelle erscheint das Spiegelbild der Kerze, denn ein im Strahle 4 sich befindendes Auge würde Licht aus dieser Richtung wahrnehmen und glauben, eine Kerze in der Strahlenrichtung hinter dem Spiegel zu sehen. Dasselbe gilt für alle anderen Strahlen. Mithin erscheint, wie man sich auch leicht an der Figur überzeugen kann, das Bild genau so weit hinter dem Spiegel, wie der Gegenstand selbst vor ihm liegt.

Spiegelbilder ohne Ende. Um Säle größer erscheinen zu lassen, bekleidet man oft eine der Wände mit einem Spiegel. Ist der Spiegel aus gutem Glase und gut gepuzt, damit keine Unreinigkeit auf ihm seine Anwesenheit verrät, so hat man in der That ganz den Eindruck, als sei der Saal doppelt so groß geworden. Befinden sich aber zufällig oder absichtlich zwei Spiegel einander gegenüber, so wächst er schier ins Unendliche. Denn jedes Spiegelbild ist, optisch genommen, so gut wie der Gegenstand selbst und kann sich wiederum spiegeln. Ein einfacher Versuch mag uns den Beweis liefern. Zwei nicht zu kleine, im übrigen aber möglichst gleiche Spiegel lassen sich schon auftreiben. Wir hängen den einen an die Wand und setzen uns davor. Sofort erscheint in ihm unser Bild. Wir können an ihm viel merkwürdige Dinge beobachten, z. B. daß in ihm rechts und links vertauscht ist, daß

das Haar rechts gescheitelt ist, während wir gewohnt sind, den Scheitel links zu tragen, daß unser Spiegelbild seine linke Hand hebt, wenn wir die rechte bewegen, daß es unmöglich ist, unser eigenes Profil zu sehen, geschweige denn unseren Hinterkopf und anderes mehr. Wird dann der zweite Spiegel hinter unserem Rücken aufgestellt und zwar genau dem anderen gegenüber und etwas geneigt, so bietet sich plötzlich ein überraschender Anblick. Es ist, als habe sich der Blick in einen ungeheuren, durch die Wand gebrochenen Kanal geöffnet. In diesem Kanal sitzen wir selbst fünfmal, zehnmal, zwanzigmal, unzählige Male, soweit unser Auge reicht. Wie erklärt sich nun die Erscheinung? Der Spiegel vor uns enthält nicht nur das zunächst von ihm entworfene Bild, sondern er spiegelt auch den Spiegel in unserem Rücken wieder mitsamt dem Bilde, das dieser enthält. Es ist dies aber nichts anderes als eine Rückenansicht von uns und wir erleben den sonderbaren Fall, unseren eigenen Hinterkopf in einiger Entfernung vor uns zu sehen. Damit aber nicht genug, auch der Hinterspiegel hat unser Porträt im Spiegel vor uns erblickt und dieses noch weiter zurückliegende Abbild ist wieder ein Gegenstand für unseren Spiegel vorn, der es bemerkt und nun noch hinter das verkehrte Bild verlegt. Und so immer weiter. Die Reihe würde endlos sein, wenn nicht sehr bald die in der Entfernung immer kleiner werdenden und dichter aufeinander rückenden Bilder in einem graubräunlichen Dämmerlicht verschwänden, das von der Unvollkommenheit der Spiegel herrührt. Jedenfalls wechselt in der langen Reihe immer ein Vorder- mit einem Rückenbild ab.

Ein Spiegel, in dem Rechts und Links nicht vertauscht ist. Schneidet man aus Spiegelglas zwei gleich große Scheiben und stößt sie mit ihren Kanten ohne Rahmen genau in einem rechten Winkel zusammen, so entwirft dieser Winkelspiegel, wenn man gerade hineinsieht, ein Bild des Gesichtes wie jeder andere. Aber nur scheinbar. Denn kneift man das rechte Auge zu, so schließt sich im Spiegelbild nicht das gegenüberliegende Auge, sondern das der anderen Seite, mithin ebenfalls das rechte

Auge des Spiegelbildes. Beim Heben der rechten Hand hebt auch das Spiegelbild die rechte Hand. Es wird unseren Lesern nicht so leicht fallen, die richtige Erklärung zu finden. Das Rätsel löst sich aber sofort, wenn man erfährt, daß das Bild aus zwei Hälften zusammengesetzt ist. Das Abbild der rechten Gesichtshälfte wird zwar von dem rechten Spiegel aufgenommen, jedoch infolge der schrägen Stellung zunächst dem linken Spiegel zugeworfen, der nun seinerseits das Auge glauben macht, es befände sich die rechte Gesichtshälfte links. Das Umgekehrte geschieht mit der linken Gesichtshälfte, sie erscheint rechts. Da beide Spiegel ohne Rand zusammenpassen, gehen beide Hälften unmerklich ineinander über. Von der wahren Beschaffenheit des Bildes kann man sich jedoch leicht überzeugen, wenn man den Spiegelwinkel vergrößert. Es erscheint dann in jedem Spiegel weniger als eine Gesichtshälfte. Auf jeder Seite verschwindet ein Teil des Gesichtes, man hat zuerst keine Nase, dann kein Auge mehr, zuletzt ist das ganze Gesicht verschwunden und man sieht nichts mehr, wie man sich auch drehen und wenden mag. Das Umgekehrte findet statt, wenn man den Winkel verkleinert. Das Gesicht wird unverhältnismäßig breit, bekommt einen gewaltig großen Mund, eine dicke Nase, ja zuletzt ist der Mund doppelt so breit als gewöhnlich und mitten auf der Stirn zeigt sich nun zwischen der doppelten Nase ein drittes Auge. Keine Frage, der Spiegel hat ein wahres Scheusal aus uns gemacht (Fig. 68).

Der **Fixierspiegel** ist nun eigentlich durch das eben Gesagte schon erklärt. Schließlich ist jeder Spiegel, der etwas schräg seitlich gegen die Wand geneigt ist, bei dem man diese Neigung aber nicht vermutet, ein Fixierspiegel, denn wer gerade vor ihn hintritt, wird sich zu seinem Staunen nicht sehen können, er wird ebenso wenig ein Spiegelbild haben, wie Peter Schlemiel einen Schatten. Ein zusammengesetzter Spiegel ist jedoch amüsanter in der Wirkung, auch wenn man die Spiegelhälften nur wenig gegeneinander neigt. Man wird dann die Trennungslinie wagerecht verlaufen lassen und die obere Spiegelhälfte eine Benignität nach vorn überneigen.

Jeder, der in den Spiegel sieht, und zwar so, daß die Trennungslinie mitten durch den Leib des Spiegelbildes geht, wird unverhältnismäßig lang erscheinen, da jeder Spiegel ein Stück des Leibes zeigt, das auch dem anderen angehört. Ist der Spiegelwinkel dagegen ein mehr als gestreckter — die eine Spiegelhälfte etwas nach hinten geneigt —, so fehlt ein Stück aus der Taille und der Beschauer sieht sich als Zwerg.

Will man den im vorigen Paragraphen besprochenen Winkelspiegel zu einer optischen Täuschung benutzen, also etwa einen „Zauberspiegel“ aus ihm machen, „in dem der Beschauer einen ungeheuren Mund, zwei Nasen und drei Augen hat“, so muß man vor allen Dingen dafür sorgen, daß er sich nicht über die wahre Beschaffenheit des Spiegels unterrichten kann. Deshalb setzt man

vor die beiden Spiegel *a* und *b* (Fig. 68, A) einen Spiegelrahmen, den man von der Rückseite straff mit einer dichtmaschigen, aber feinen blauen Gaze bezieht (*c*). Das oberhalb entstehende freie Dreieck wird mit Pappe zugedeckt. Der Schleier hüllt das Spiegelbild in einen leichten bläulichen Duff und macht die Trennungslinie fast unsichtbar, besonders wenn man den Beschauer mit dem Gesicht gegen das Fenster setzt und so zugleich verhütet, daß Licht in den Kasten fällt. Selbstredend hat man alle Sorgfalt auf die genaue Herstellung des Spiegelwinkels zu verwenden.

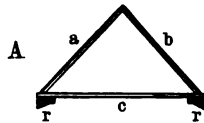


Fig. 68. Ein Spiegel, in dem man drei Augen und zwei Nasen hat.

Das Kaleidoskop. Wie wir schon gesehen haben, wiederholen zwei sich genau gegenüberstehende Spiegel die zwischen ihnen befindlichen Gegenstände unendlich oft. Das ist nicht mehr der Fall bei einem Winkelspiegel. Auch hier werfen die beiden Spiegel einander die Bilder zu, aber diese liegen nicht mehr hintereinander auf einer geraden Linie, sondern auf einem Kreise. Man kann sich leicht von der Richtigkeit des Gesagten überzeugen, wenn man ein Licht oder sonst einen Gegenstand zwischen zwei gegeneinander geneigte Spiegel bringt. Die Zahl der Spiegelbilder hängt von dem Winkel ab, und zwar erscheinen mit dem Gegenstand zusammen so viel Bilder, als der Winkel in einen ganzen Kreiswinkel (360°) aufgeht. Sind die Spiegel also unter einem Winkel von 60° , 45° , 36° , 18° u. s. w. zueinander geneigt, so erblickt man im ganzen 6, 8, 10, 20 Gegenstände. Ihre Anzahl wird um so größer, je kleiner der Winkel wird, immer aber treten die Bilder zu einer schönen symmetrischen Figur zusammen. Diese reizende Symmetrie hat einem Instrument, dem Kaleidoskop, das die Erscheinung besonders schön zeigt, allezeit viel Freunde zugeführt. Es ist nichts als ein verfeinerter Winkelspiegel und seine Anfertigung gar kein Kunststück.

Man klebt über einen Holzstock eine Pappröhre von etwa 25 cm Länge und 8 cm Weite. Oft ist man dieser Mühe entzogen, wenn man sich eine der Papphülsen verschaffen kann, in denen man jetzt Zeichnungen und gerollte Photographieen zu versenden pflegt. Es ist übrigens auch ziemlich gleichgültig, wie lang und breit die Röhre ist. Sie wird innen mit Lack geschwärzt und mit zwei Spiegelstreifen versehen, so lang als die Röhre selbst und $\frac{7}{8}$ ihres Durchmessers breit, also in unserem Falle 7 cm. Die Spiegel stellt man selbst her, indem man das Glas von der Rückseite mit schwarzem Lack zweimal streicht. Derartige schwarze Spiegel haben den Vorteil, daß sie nur auf einer Seite reflektieren und daher keine doppelten Bilder liefern, wie versilberte Spiegel. Die Streifen werden so zusammengestellt, daß sie, mit der einen Längsseite genau aneinander stoßend, im übrigen die Seiten eines offenen gleichschenkligen Dreiecks bilden. Die Be-

festigung erfolgt durch hintergeleimte Korkstücke. Dann wird die Röhre einerseits mit einem Deckel geschlossen, in dessen Mitte sich ein kleines Guckloch befindet. Man sieht also nicht eigentlich in den Winkelspiegel hinein, sondern an ihm entlang. Um die Einrichtung vollständig zu machen, verschafft man sich eine ganz flache Willenschachtel, deren Durchmesser etwas größer sein muß als derjenige der Röhre. Ist sie so groß nicht zu haben, dann muß sich die Röhre nach der Schachtel richten. Sowohl aus dem Deckel wie aus dem Boden wird dann ein großes kreisförmiges Stück herausgeschnitten, so daß nur noch ein schmaler Rand stehen bleibt. Vor die eine Öffnung klebt man starkes Pauspapier, vor die andere eine runde Glasscheibe, beides natürlich von innen und erhält so einen flachen Zylinder, dessen Boden durchscheinend, dessen Deckel aber durchsichtig ist. Letzterer wird vor die untere Öffnung des Kaleidoskops geleimt.

Wenn man nun in die Kapsel allerlei Kleinigkeiten, Glasperlen, etwas buntes Papier, Ringe, Moos, von Papier ausgeschnittene Sternchen und Ähnliches legt und diese durch das Rohr, welches man gegen das Licht hält, betrachtet, so erscheint der Teil der Gegenstände zwischen den Spiegeln sechsmal wiederholt (oder so oft als der Spiegelwinkel im vollen Kreiswinkel aufgeht). Liegen sie gerade im Winkel, so gibt das Bild einen Stern, liegen sie an der Öffnung, da wo die Spiegel am weitesten voneinander abstehen, so bilden sie einen Kranz, und beides ist vereinigt, wenn sie gleichmäßiger verteilt sind. Man beachte jedoch, daß die Menge der Gegenstände die Schönheit der Figur nicht ausmacht. Mit jeder Erschütterung oder Drehung kommen die Säckelchen in eine andere Lage und jede, auch die geringste, Veränderung gibt eine neue symmetrische Figur.

Man hat in dem Kaleidoskop mehr sehen wollen, als eine niedliche optische Spielerei und es namentlich den Musterzeichnern von Statten- oder Tapetendruckereien zum mühelosen Erfinden von Mustern empfohlen, wir wüßten jedoch nicht, daß es einmal ernstlich und dauernd in einer derartigen Fabrik zur Anwendung gekommen wäre.

Vorrichtung, um durch einen Stein zu sehen. Es handelt sich natürlich um einen Scherz, denn durch einen undurchsichtigen Gegenstand kann niemand blicken. Aber der kleine Apparat ist insofern lehrreich, als er zeigt, wie schwer es ist, sich von dem Augenschein durch Überlegung loszumachen und schon deshalb kann seine Anfertigung empfohlen werden. Seine Größe ist recht gleichgültig. Wir wählen folgende Abmessungen:

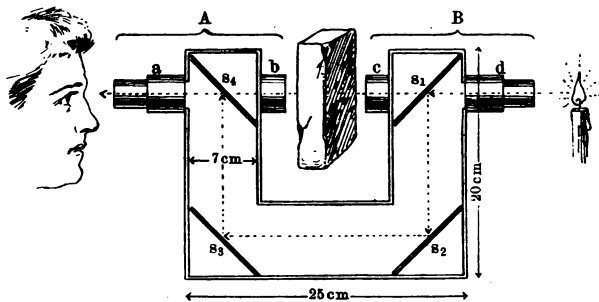


Fig. 69.

Ein Perspektiv, mit dem man angeblich durch einen Stein sehen kann.

(Fig. 69.) Aus Pappe wird eine U-förmige Röhre von quadratischem Querschnitt hergestellt, die Schenkel sind je 20 cm, die Grundlinie 25 cm lang, der Durchmesser beträgt 7 cm. Diese Kastenröhre trägt am oberen Ende, nach innen und außen zeigend, vier Pappröhrchen *a*, *b*, *c*, *d*, von denen *a* und *d* mit einem Auszug versehen und mit einem runden, ganz gewöhnlichen Glase verschlossen sind. Man hat so durchaus den Eindruck, als seien diese Röhren Stücke von zwei Fernrohren *A* und *B*, die man des besseren Haltes wegen und um ihnen eine genaue Lage einander gerade gegenüber zu geben, durch den dicken Pappbalken gesteckt hat, dessen obere Enden natürlich verschlossen sind. Dabei sind aber nur die Rohrstücke *a* und *d* auf eine Öffnung des Kastens aufgeleimt, *b* und *c* sitzen direkt auf der Pappwand und sind daher völlig blind. *s*₁, *s*₂, *s*₃, *s*₄ sind Spiegel, die in der angegebenen Stellung, also unter einem Winkel von 45° zur

Wandung, in die Röhre eingesetzt sind, was allerdings einige Mühe macht.

Stellt man nun vor d ein Licht und blickt in das Rohr bei a hinein, so sieht man das Licht und hat durchaus den Eindruck, als kämen die Lichtstrahlen durch die beiden (angeblichen) Fernrohre herüber. Wer die innere Einrichtung des Apparates nicht kennt, wird sich von diesem Eindruck gar nicht los machen können. Aber die Lichtstrahlen gehen einen ganz anderen Weg; sie fallen auf den Spiegel s_1 , von dort die Röhre hinab auf s_2 , werden von diesem Spiegel zur Seite nach s_3 geworfen, von hier im anderen Schenkel der Röhre wieder hinauf nach s_4 und von hier erst in das Auge. Die Täuschung ist so vollkommen, weil das Auge die Kerze nun an der aus der Strahlenrichtung vermuteten Stelle auch wirklich findet. Um so größer ist dann das Erstaunen, wenn ein zwischen die Röhre geschobener Stein an der Erscheinung nichts ändert.

Wer Geschmack am Hokusfokus findet, kann zu dem Apparat eine kleine Rede halten und sagen, er besäße ein noch von Dollond*) selbst konstruiertes Doppelfernrohr, mit dem man durch ein Brett, einen Ziegelstein, selbst durch eine Eisenplatte sehen könne. Er läßt sich dann die Anwesenden davon überzeugen, daß seine Behauptung nicht zu kühn gewesen ist. Sollte es aber jemand auffallen, daß das Bild (durch die oftmalige Reflexion an den Spiegeln) so dunkel ist, so braucht er um eine Ausrede nicht verlegen zu sein. Sein Fernrohr, so führt er aus, sei zwar sehr stark, aber es sei kein Spaß, durch eine Eisenplatte zu sehen, und man dürfe sich daher nicht wundern, wenn das Licht eine Wertigkeit geschwächt würde. Wie man schließlich auch aus der harmlosen Vorrichtung einen Röntgenapparat machen kann, dessen Strahlen ja ebenfalls durch undurchsichtige Gegenstände dringen, überlassen wir unseren Lesern.

*) Dollond, Engländer, Erfinder des farbenränderfreien, sogenannten achromatischen Fernrohres, geb. 1706, gest. 1761, war ursprünglich Seidenweber und beschäftigte sich erst später mit der Optik.

Durchsichtige Spiegel. Es wird jeder schon einmal bemerkt haben, daß eine Fenster Scheibe spiegelt, und daß man sowohl in ihr die Gegenstände, welche sich vor ihr befinden, erblicken kann, als auch durch sie die Gegenstände hinter ihr. Unsere Damen wissen diese optische Eigenschaft der Glasscheiben wohl zu schätzen, wenn sie, vor den Schaufenstern stehend, scheinbar mit großem Interesse die ausgestellten Sachen betrachten, in Wahrheit aber nur das Spiegelbild benutzen, um ihren Hut oder ihre Haare zu ordnen. Da das Spiegelbild stets so weit hinter dem Spiegel erscheint, als der Gegenstand sich vor ihm befindet, man aber andererseits durch eine Glasscheibe auch hindurchsieht, wird man den Eindruck haben, als befände sich das Spiegelbild zwischen den anderen Gegenständen im Laden.

Diese Erscheinung hat man zu unterhaltenden optischen Täuschungen benutzt, und Geister lassen sich mit ihrer Hilfe viel vollkommener beschwören, als mit der *Laterna magica*, da sie allen Anforderungen entsprechen, die man an einen ordentlichen Geist stellen kann. Wer sich vor einem Geist fürchtet, kann das Experiment auch mit einem Blumenstrauß oder mit einigen Goldfischen anstellen.

(Fig. 70.) Man setzt einen Stuhl vor einen Tisch, so daß zwischen seiner Lehne und dem Tischrand noch etwa $\frac{3}{4}$ m Raum bleibt. Der Stuhl wird ganz und gar mit einem schwarzen Tuch bedeckt und dadurch zugleich dem Zuschauer (linkerhand auf der Abbildung) der Einblick in die Vorgänge unter dem Tisch genommen. Auf den Tisch stellt man eine niedrige Blumenvase und vorn an den Rand des Tisches eine nicht zu kleine Glasscheibe, der durch Schnur und einige Nägel leicht eine geringe Neigung nach vorn gegeben werden kann. Durch die Glasscheibe sieht der Beschauer die Vase auf dem Tisch, zugleich aber auch durch Spiegelung den Gegenstand, welcher auf dem Stuhle liegt, z. B. einen Blumenstrauß. Weiß er nicht, daß die Glasscheibe vorhanden ist, deren Ränder man durch eine Draperie verdecken kann, so vermutet er kein Spiegelbild und wähnt die Blumen wirklich auf dem Tisch zu sehen. Durch Neigung des Straußes wie der Scheibe und

durch Verschiebung der Vase bringt man es bald dahin, daß die Blumen über ihr erscheinen, freilich nur so lange, als man letztere durch eine unsichtbare Lichtquelle beleuchtet. Erlischt diese, so sind auch die Blumen aus der Vase verschwunden. Selbstredend kann man das Experiment in mannigfachster Weise abändern. Sehr wirksam ist es, statt der Vase ein leeres Goldfischglas aufzustellen, die dazu gehörigen Fische aus Goldpapier zu schneiden und auf den schwarzen Behang des Stuhles zu heften. Man kann sie dann ganz Belieben durch Beleuchtung und Verdunkelung in dem Glase erscheinen und wieder verschwinden lassen.

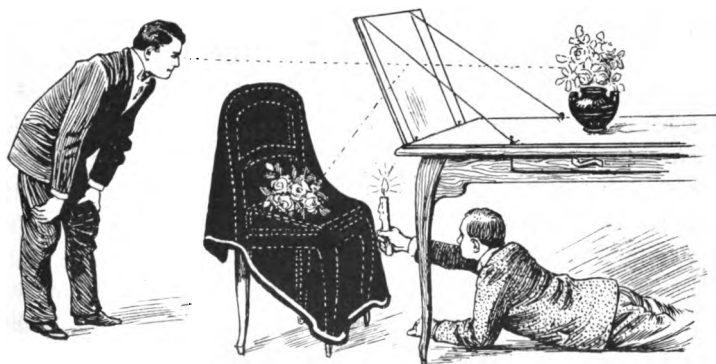


Fig. 70. Erscheinung eines Blumenstraußes in einer leeren Vase.

Bei Geistererscheinungen auf großen Bühnen, die sich Spiegelscheiben von zehn und mehr Quadratmeter Fläche leisten können, spielen zwei Schauspieler die Rolle des Geistes und des furchtlosen oder furchtsamen Nitters. Die Ränder der Spiegelscheibe sind dann durch irgendwelche Kulissenstücke, wie Säulen und Gemäuer, geschickt verdeckt und der Darsteller des Nitters agiert hinter ihr. Vor ihr hat sich im Bühnenboden ein breiter Spalt geöffnet, vergleichbar mit dem Raum zwischen Tisch und Stuhl, und in ihm liegt der Geist auf einer beweglichen, schwarz gestrichenen Staffelei. Sobald ihn ein Gehilfe mit der elektrischen Laterne beleuchtet, erscheint er für den Zuschauer auf der Bühne neben dem Ritter

und man muß es ihm lassen, er genügt allen billigen Ansprüchen. Denn obgleich er sich bewegen und drohende Gebärden machen kann, ist er nichts als eitel Blendwerk und Dunst. Tische, Stühle und Mauern bieten für ihn kein Hindernis, das Schwert des Ritters bringt mitten durch ihn hindurch, ohne ihn zu verletzen. Wünscht er wieder zu verschwinden, so genügt ein Wink und sein „Helfershelfer“ schließt die Laterne. In Shakespeares Königsdrama „Richard III.“ erscheinen zuletzt die Gespenster der von Richard Ermordeten an seinem Lager. Wohl eingerichtete Bühnen bringen diese Erscheinungen so überzeugend zu stande, daß sich niemand des Grauens erwehren kann, auch wenn er weiß, wie's gemacht wird.

Der Profilspiegel. Man mag sich vor einen Spiegel stellen, wie man will, immer wird man sich vergeblich abmühen, sein eigenes Profil zu sehen. Ebenso wenig kann man seinen eigenen Schattenriß an der Wand sehen, denn sobald man sich nur ein wenig nach der Wand dreht, hört der Schatten auf, Profil zu sein, und wenn man sich erst so weit gewendet hat, um das Bild deutlich zu erkennen, so sieht man schon den Schattenriß des halben Hintertopfes. Nimmt man dagegen noch einen Spiegel zur Hand, so wird man in ihm den Schattenwurf sehen können, ohne den Kopf zu wenden.

Der Profilspiegel ist denn auch eine Zusammensetzung aus mehreren Spiegeln. Man nimmt deren drei von gleicher Größe und klebt sie durch Zeugstreifen so zusammen, daß zwei von ihnen wie Türflügel an dem dritten hängen und man sie als vorn und oben offenen Kasten auf den Tisch stellen kann. Die Seitenspiegel stellt man so, daß der Winkel gegen den Hauptspiegel größer wird als ein rechter.

Bringt man nun sein Gesicht fast zwischen die Spiegel und wendet sich links, so wird man im linken Seitenspiegel seine rechte Seite scharf im Profil sehen und seine linke Seite im rechten Spiegel. Sieht man nämlich etwas nach links, so faßt der rechte Spiegel das Profil auf, wirft es dem Mittelspiegel zu und dieser

wiederum dem linken Seitenspiegel, in dem man es erkennt. Die Damen pflegen derartige Spiegel beim Frisieren zu benutzen.

Hohlspiegel sind Spiegel mit gekrümmter Oberfläche. Meistens handelt es sich um eine kugelige Krümmung. Derartige Spiegel haben besondere Eigenschaften, welche sie vor den ebenen Spiegeln auszeichnen. Etwas über sie wurde schon auf S. 143 des Buches gesagt, wo die Hohlspiegel für Schallstrahlen behandelt wurden. Um aber den Zusammenhang nicht zu stören, sei an dieser Stelle nochmals auf die Hauptgesetze hingewiesen und dann noch einiges neu hinzugefügt.

Zieht man, wie es auf Fig. 71 (s. S. 292) mehrfach geschehen ist, auf einem Blatt Papier eine horizontale Linie, setzt irgendwo auf ihr mit dem Zirkel ein und schlägt einen halben Kreisbogen, durch dessen Mitte die Linie geht, so kann dieser als die Schmittlinie durch einen kugeligen Hohlspiegel gedacht werden. Stellt man sich die hohle Halbkugel aus Glas vor und auf der Außenseite versilbert, so wird sich offenbar jeder Gegenstand an der Innenseite spiegeln müssen. Es braucht darum natürlich der Spiegel nicht eine volle Halbkugel zu sein, jedes kleinste Glas ist ein Hohlspiegel, wenn es nur das Stück einer Kugelschale ist.

Der Punkt *K*, um den wir den Spiegel mit einem gewissen Radius konstruiert haben, heißt der Krümmungsmittelpunkt desselben und hat offenbar für ihn eine ganz besondere Bedeutung. Denn bringt man in ihm ein Licht an, so sieht man wohl (Fig. 71 A), daß alle von ihm ausgehenden Strahlen senkrecht auf die Spiegelfläche fallen und von diesen wissen wir bereits, daß sie wieder in derselben Richtung zurückgeworfen werden und sich daher in dem Licht wieder vereinigen müssen. Beobachten wir nun die Veränderung der Strahlenrichtung bei der Annäherung des Lichtes an den Spiegel, wobei wir annehmen wollen, daß sie auf der zuerst gezeichneten geraden Linie, der sogenannten optischen Achse des Spiegels, geschehe. Jedenfalls fallen die Strahlen nun nicht mehr senkrecht, sondern schief auf die Spiegelfläche und werden nicht mehr nach der Lichtquelle zurückgeworfen. Ihr Gang läßt sich aber leicht bestimmen,

wenn man das Reflexionsgesetz, daß jedenfalls der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel sein müsse (S. 276), berücksichtigt. Das erforderliche Einfallslot im Fußpunkte eines jeden Strahles, von denen wir der Übersichtlichkeit wegen nur drei zeichnen (B), ist schnell hergestellt. Es ist ja nichts anderes als die Verbindungslinie (---) des Krümmungsmittelpunktes *K* mit dem Fußpunkt der einfallenden Strahlen. Strahl und Lot bilden zusammen den Einfallswinkel, den wir auf der anderen Seite des Lotes nur noch einmal anzutragen haben, um sogleich die Richtung des reflektierten Strahles (---) zu erhalten. Man sieht dann sofort zweierlei, daß nämlich einmal alle reflektierten Strahlen sich in ein und demselben Punkte schneiden und dann, daß der Schnittpunkt auf der optischen Achse und außerhalb des Krümmungsmittelpunktes liegt. Wo aber reflektierte Strahlen sich schneiden, da wissen wir wohl, entsteht nach den für jede Spiegelung gültigen Gesetzen ein Bild der Lichtquelle, nur daß sich bei einem ebenen Spiegel die Strahlen hinter dem Spiegel schneiden, bei einem Hohlspiegel vor ihm (S. 277). Mit dem Hohlspiegelbilde hat es daher auch seine eigene Verwandnis: es liegt in einiger Entfernung vor dem Spiegel frei in der Luft und läßt sich dort greifen. Wirklich, halten wir an die angegebene Stelle ein Stück Papier, so erscheint auf ihm eine deutliche Abbildung der Kerze, aber auf dem Kopfe stehend. Wiederum ein Unterschied gegen den gewöhnlichen Spiegel. Es ist aber leicht einzusehen, warum das Bild ein verkehrtes ist, und es lohnt sich für unsere Leser schon, einmal Zirkel und Lineal zur Hand zu nehmen und sich ebenfalls davon zu überzeugen. Sie werden sich bei dieser Gelegenheit daran erinnern, daß jeder Punkt eines beleuchteten Körpers, wenn dieser nicht gerade schwarz ist, eine strahlenaussendende Lichtquelle darstellt. So sendet denn auch der auf der Darstellung *C* (Fig. 71) in den Hohlspiegel gezeichnete aufrechte Pfeil von allen seinen Punkten Lichtstrahlen aus. Wir betrachten nur seine Spitze und seinen Fuß und zeichnen von beiden Punkten aus Strahlen nach dem Spiegel. Es wird unseren Lesern ein leichtes sein, nach den gegebenen Regeln, durch Konstruktion des Einfallswinkels

lotes (---) u. s. w., den Verlauf der reflektierten Strahlen (---) zu finden, und sie werden sehen, daß die von der Spitze des Pfeiles herrührenden sich sämtlich unterhalb, die von dem Fußende stammenden sich alle oberhalb der optischen Achse schneiden. Hier entstehen ihre Bilder und im ganzen von dem Pfeil offenbar ein verkehrtes Bild.

Etwas anderes wird aus der Zeichnung auch klar. Je mehr sich die Lichtquelle dem Spiegel nähert, desto weiter außerhalb schneiden sich die reflektierten Strahlen und bald gelangt man an einen Punkt (*B*, Darstellung *D*), der wiederum für den Hohlspiegel von größter Bedeutung ist. Alle von ihm ausgehenden Strahlen nämlich schneiden sich überhaupt nicht mehr, sie verlaufen zueinander völlig parallel oder wie der Physiker gemeinsam mit dem Mathematiker sagt, ihr Schnittpunkt liegt im Unendlichen. Während also die Lichtquelle den kurzen Weg vom Krümmungsmittelpunkt *K* bis zu dem neuen bemerkenswerten Punkt *B* zurückgelegt hat, mußte das Bild eine ungeheure Reise machen. Es ist erst in kleineren, dann immer größeren und größeren Sätzen davongeeilt und hat schließlich den Sprung vom Endlichen ins Unendliche gewagt.

Wir brauchen wohl kaum noch besonders darauf hinzuweisen, daß der Strahlenverlauf sich im ganzen nicht ändert, wenn man Bild und Lichtquelle miteinander vertauscht. Ist letztere unendlich oder doch für unsere Begriffe sehr weit entfernt, dann werden die parallel einfallenden Strahlen sämtlich nach dem Punkt reflektiert, der allemal auf dem halben Wege vom Krümmungsmittelpunkt *K* nach dem Grunde des Spiegels liegt. Ist die Sonne die Lichtquelle, so entsteht hier von ihr ein verkleinertes Abbild, das aber ein Stück Papier, auf dem man es auffangen will, sofort in Flammen setzt, denn es werden mit den Lichtstrahlen auch alle auf den Spiegel fallenden Wärmestrahlen — und das sind um so mehr, je größer der Spiegel ist — in diesem Punkte vereinigt, den man daher auch mit Recht den „Brennpunkt“ nennt. So hat denn ein Hohlspiegel ebenso einen Brennpunkt wie eine Linse, nur mit dem Unterschiede, daß er hinter der lichtdurchlässigen Linse, aber vor dem reflektierenden Hohlspiegel liegt.

Was mag nun wohl geschehen, wenn die Lichtquelle dem Hohlspiegel noch über den Brennpunkt hinaus genähert wird? Auch diese Frage wollen wir beantworten. Die Strahlenkonstruktion nach unserem bewährten Rezept (Fig. 71, E) ergibt ein Auseinanderlaufen der reflektierten Strahlen. Von einem Schnittpunkt und einem Bilde vor dem Spiegel kann mithin gar keine Rede sein. Unsere Leser werden sich aber erinnern, daß wir bei

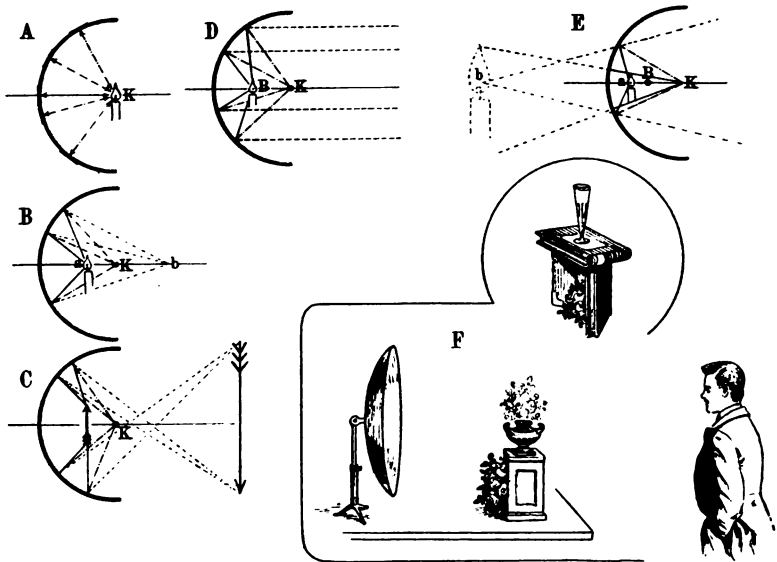


Fig. 71. Erscheinungen am Hohlspiegel.

einem gewöhnlichen ebenen Spiegel ganz ähnliche Verhältnisse hatten (S. 277). Auch dort schnitten sich nicht die reflektierten Strahlen selbst vor dem Spiegel, wohl aber ihre Verlängerungen rückwärts hinter ihm. So ist es hier ebenfalls, das bisher greifbar vor dem Spiegel schwebende und auf dem Kopfe stehende Bild ist nun scheinbar hinter den Spiegel gerückt, nicht mehr zu fassen und, wie man sich leicht an der Konstruktion überzeugen kann, vergrößert und aufrecht.

Unsere Leser werden zugeben müssen, daß der Hohlspiegel ein wunderbares Instrument ist. Die Lichtquelle (oder sonst ein Gegenstand) macht, man möchte sagen, nur einen kurzen Schritt vom Krümmungsmittelpunkt bis zum Spiegelgrunde, das Bild aber hat inzwischen nicht nur einen unsafßbar weiten Weg zurückgelegt, sondern auch die bemerkenswertesten Größenveränderungen durchgemacht. Als sich die Lichtquelle im Krümmungsmittelpunkt selbst befand, war das Bild genau an der gleichen Stelle, nur stand es auf dem Kopf. Dann lief es, immer auf dem Kopf stehend, vom Spiegel fort, wurde zugleich aber auch immer größer und größer (Darstellung C), bis es schließlich Entfernungen und Dimensionen erreichte, denen gegenüber alle menschliche Vorstellungskraft erlahmt. Dann befindet sich die Lichtquelle im Brennpunkt. Und nun kommt das Merkwürdigste. Das Bild, welches wir eben noch im Unendlichen vor dem Spiegel suchten, erscheint nun plötzlich unsafßbar groß und unendlich weit hinter dem Spiegel. Es hat dabei noch Zeit gefunden, einen Salto mortale auszuführen und steht nun auf den Füßen, auf denen es mit Windeseile, gleichzeitig kleiner und kleiner werdend, herankommt, um zuletzt mit der Lichtquelle zusammenzustoßen, in dem Augenblick, wo diese den Spiegelgrund berührt.

Von der Anfertigung eines Hohlspiegels. Unsere Leser werden nun davon überzeugt sein, daß der Hohlspiegel nicht nur ein amüsantes, sondern auch ein lehrreiches, ja in mancher Beziehung ganz einzigartiges Instrument ist und die Frage nach der Anfertigung eines solchen Spiegels ist daher nur gerechtfertigt. Damit setzen sie aber den Verfasser gleich in die größte Verlegenheit. Denn rund herausgesagt, wirklich gute Hohlspiegel, seien sie nun aus Metall oder aus Glas, kann man nur kaufen und dann sind sie bei einiger Größe recht teuer. Immerhin aber mögen unsere Freunde die Flinte nicht ins Korn werfen. Wenn es nicht darauf ankommt, gute, sondern eben nur brauchbare Resultate zu erzielen, kann man mit einiger Geduld schon etwas erreichen. Hierzu mögen nun einige Fingerzeige gegeben sein.

Die Herstellung von Metallspiegeln werden wir von vornherein als zu schwierig außer Betracht lassen dürfen. Es handelt sich für uns also zunächst nur um Spiegel aus Glas oder doch nur um solche Metallspiegel, die als Niederschläge auf Glaskörpern entstanden sind.

In den Handlungen für chemische Bedarfsartikel kann man für wenig Geld flache, uhrglasähnliche Schalen kaufen, deren Größe von der eines gewöhnlichen Uhrglases bis zu etwa 30 cm Durchmesser schwankt. Eine mittlere Größe von 12 bis 15 cm Durchmesser reicht aus. Bisweilen stellen diese Gläser fast genau das Stück einer Kugelschale dar und dann sind sie für unsere Zwecke brauchbar. Um sie zu prüfen, stellt man in 3 bis 4 m Entfernung von der Schale ein Licht oder eine Lampe ohne Glocke auf und sucht mit einem kleinen Stückchen Papier vor der Schale nach dem Bilde, das natürlich nur schwach ist, da das Glas die meisten Lichtstrahlen hindurchläßt und nur wenige reflektiert. Zeigt sich das Bild an irgend einer Stelle in leidlicher Schärfe, so ist die Schale brauchbar, erhält man aber immer nur einen ganz verwachsenen, ausgebreiteten und schliefrigen Schein, dann braucht man sich mit dem Glase gar keine Mühe weiter zu geben. Übrigens denke man daran, daß — wenn auch die Lichtquelle nicht gerade unendlich weit entfernt ist — die Entfernung des Bildes vom Grunde des Glases nahezu gleich der Brennweite und die doppelte Entfernung gleich dem Krümmungsradius ist. Man notiert sich beide Zahlen, da es von Interesse ist, für den künftigen Spiegel diese Daten zu haben. Kann man für eine Schalenöffnung von 15 cm eine Brennweite von etwa 8 bis 10 cm erhalten, so bleibt nichts mehr zu wünschen übrig.

Nun kommt es darauf an, aus dem Glase einen wirklichen Spiegel zu machen. Das ist ganz leicht, wenn man auf einen guten Teil des reflektierten Lichtes freiwillig verzichtet. Man braucht dann das Glas nur auf seiner äußeren erhabenen Seite mehrmals mit einem schwarzen Lack zu streichen. Es reflektiert dann nur die vordere Glasfläche und man erhält jedenfalls keine doppelten Bilder, nur sind sie lichtschwach. Immerhin reicht ein

derartig hergestellter schwarzer Spiegel völlig aus, um die Spiegelgefesse zu zeigen.

Viel lichtstärkere Bilder kommen natürlich zu stande, wenn die Rückseite, wie diejenige der gewöhnlichen Spiegel, verfilbert ist. Man führte früher derartige Hinterlegungen mit einer Quecksilberlegierung aus (1 Teil Zinn, 1 Teil Blei, 2 Teile Wismut, 10 Teile Quecksilber), doch hat man heute diese giftige Methode zu Gunsten einer richtigen Verfilberung ganz verlassen. Jeder Spiegelfabrikant wird gern bereit sein, die Verfilberung auszuführen. Schließlich ist es aber gar kein Kunststück; sie selbst mit gutem Erfolg herzustellen, wenn man das zu verfilbernde Stück in eine Lösung legt, deren Herstellung hier nach zwei verschiedenen, bewährten Rezepten, von denen wir selbst allerdings das zweite vorziehen würden, angegeben sein mag.

I. Rezept zur Verfilberung von Glas: Man setzt folgende vier Lösungen getrennt an. 1. Es wird gelöst 25 g reiner Zucker in 200 g Wasser und dieser Lösung 1 cem (Rubizentimeter) reiner Salpetersäure (etwas mehr als 1 g) zugefetzt, das Ganze 20 Minuten im Sieden erhalten, nach dem Erkalten Zusatz von reinem Alkohol (nicht Spiritus) 50 cem, schließlich Nachgießen von Wasser, bis die Lösung im ganzen 500 cem ($\frac{1}{2}$ Liter) beträgt; 2. Lösung von 10 g salpetersaurem Silberoxyd (giftig) in 100 cem Wasser; 3. Lösung von 20 g ganz reinem Nagnatron in 500 cem ($\frac{1}{2}$ Liter) Wasser; 4. 50 g reines Ammoniak.

Zum Abmessen der Flüssigkeiten bedarf man eines kleinen in Rubizentimeter geteilten Glasröhrchens (Mensur), zu haben für 0,50 Mark in den photographischen Handlungen.

Die Lösungen setzt man folgendermaßen zusammen: 24 cem Silberlösung, 16 cem Ammoniak, 40 cem Nagnatronlösung, dazu so viel Wasser, daß im ganzen daraus 200 cem Flüssigkeit werden. Die Mischung wird in einer Flasche gut verkorkt aufbewahrt, vor dem Gebrauch aber mindestens 24 Stunden.

Will man nun verfilbern, so legt man das Glas mit der erhabenen Seite nach oben in eine flache Schüssel, setzt der

Mischung in der Flasche noch 200 bis 220 g der Zuckerlösung zu und gießt den Inhalt schnell über das Hohlglas. Es muß reichlich bedeckt sein. Man bewegt durch Neigen der Schüssel die Flüssigkeit ständig hin und her. Sie beginnt sich sofort zu trüben, erscheint schließlich fast schwarz und setzt dann einen Niederschlag auf dem Glase ab, der zunächst dunkel aussieht, nach einiger Zeit aber einen silberigen Glanz bekommt. Dann ist der Prozeß beendet, man hebt die Schale aus der Lösung und spült die Rückseite leicht unter einem sanft fließenden Wasserstrahl ab. Größte Vorsicht ist hierbei vorzunehmen, denn die Silberschicht ist wie ein Hauch und wird durch die geringste Berührung verletzt. Nach dem Trocknen ist sie etwas widerstandsfähiger, besonders wenn man sie etwas in der Ofenröhre anwärmt und ihr dann einen leichten Überzug von Schellacklösung mit einem weichen Pinsel gibt (S. 11). Das Aussehen der Silberschicht ist jedoch auf der Außenseite ganz unansehnlich. Innen hat sich ebenfalls ein leichter Niederschlag angefügt, der jedoch mit einem Wattebausch und etwas verdünnter Salpetersäure leicht entfernt werden kann. Dann kommt, durch die Glaswandung sichtbar, eine prachtvolle, weißglänzende Spiegelschicht zum Vorschein, die allen optischen Anforderungen voll genügt.

II. Rezept zur Versilberung von Glas. Man setzt drei Lösungen an:

1. 5 g salpetersaures Silberoxyd in 100 ccm destillierten Wassers,
2. 8 g Seignettesalz in 100 ccm destillierten Wassers,
3. 1 Teil konzentrierte Ammoniaklösung auf 10 Teile Wasser.

Unmittelbar vor dem Gebrauch gießt man je 20 ccm von 1 und 2 zusammen und setzt unter Umschütteln sehr allmählich so viel der verdünnten Ammoniaklösung hinzu, bis der entstandene Niederschlag eben gelöst ist. Ein milchiger Schimmer, der etwa noch bleibt, schadet nichts. Diese Mischung wird dann mit destilliertem Wasser auf 250 ccm aufgefüllt und sofort auf den zu versilbernden Gegenstand gegossen, wo sie einige Stunden stehen bleiben kann. Soll das Glas die Flüssigkeit willig annehmen, so läßt man es vor dem Versuch einen Tag in destilliertem Wasser liegen. Im

übrigen wird verfahren, wie unter I. angegeben. Destilliertes Wasser hält jeder Drogist vorrätig.

Schließlich kann man jede größere plankonverge (d. h. auf der einen Seite ebene, auf der anderen Seite erhabene) Linse auf der runden Seite nach einem der beiden Rezepte versilbern und erhält dann auch einen Hohlspiegel, der billigen Ansprüchen genügt, nur daß der Brennpunkt näher an dem Spiegel liegt, als man nach dem Krümmungsradius erwarten sollte und daß man nicht in die Höhlung hinein kann. Unzulässig ist es aber in diesem Fall, die Rückseite, statt sie zu versilbern, schwarz zu streichen, da dann nur die Vorderfläche spiegelt und man es infolgedessen mit einem gewöhnlichen ebenen Spiegel zu tun hat.

Zimmermann, dem wir jedoch die Verantwortung für dies Rezept überlassen müssen, gibt die Herstellung metallener Hohlspiegel folgendermaßen an. Eine große, sehr weitbrennige, Linse wird mit ihrer einen Seite an einen Kork gekittet, der zur Handhabung dient. Dann schmilzt man in einem Tiegel, dessen Durchmesser jedoch größer sein muß als derjenige der Linse, 20 Teile Blei und 30 Teile Zinn. Die schmutzige, sich an der Oberfläche bildende Dzybschicht streicht man mit einer Wischentarte zur Seite und taucht dann schnell die Linse mit ihrer erhabenen Seite in die Metalllegierung. Diese soll angeblich auf dem Glase haften, wenn man es vorher mit einem Lederläppchen und Quecksilberamalgam (Seite 295, Zeile 6) abreibt. Man taucht so oft ein, daß die Schicht dick genug wird und trägt nach dem Erkalten, um der Metallhaut Festigkeit zu verleihen, mit einem Pinsel Gips in mehreren Lagen auf. Schließlich stellt man einen Papierrand um die Linse und gießt eine dicke Lage Gips auf, worauf man durch einen leichten seitlichen Schlag die Linse von dem Metallspiegel befreit. Wir zweifeln nicht daran, daß es auf diese Weise möglich ist, Hohlspiegel anzufertigen, möchten jedoch unseren Lesern anraten, jedenfalls nicht kostbare Linsen an diesen Versuch zu wagen. Der geschickte Arbeiter, dem gleich der erste Versuch glückt, wird vielleicht auch wohlfeil auf diese Art zu einem guten Spiegel kommen, jeder andere aber möge sich fragen, ob denn doch ein gekaufter Metallspiegel mäßiger Größe nicht billiger für ihn ist.

Die vernickelten Spiegel unserer Klavierlampen taugen für unsere Zwecke nichts, da sie eine viel zu kurze Brennweite haben, dagegen sind die flachen Spiegel der Wagenlaternen und die Reflektoren, wie man sie für die Gasglühlichtbeleuchtung in den Schaufenstern hat, oft recht brauchbar. Einige Löcher in dem Spiegel schaden weniger als eine Verkrümmung. Für die nun folgenden Hohlspiegelversuche muß der Spiegel mindestens einen Durchmesser von 15 cm haben.

Schwebende Blumen. Ein zwischen Krümmungsmittelpunkt und Brennpunkt eines Hohlspiegels befindlicher, auf dem Kopf stehender Gegenstand hat, in einiger Entfernung vor dem Spiegel, ein schwebendes aufrechtes Bild, das sich um so weiter entfernt und zugleich um so größer wird, je weiter der Gegenstand an den Brennpunkt heranrückt. Wenn auch dies Bild nicht auf einem Papierschirm aufgefangen wird, so ist es darum doch vorhanden und schwebt in der Tat frei in der Luft. Man kann es sehen, wenn man sich in einiger Entfernung und in der Richtung der optischen Achse vor dem Spiegel aufstellt. Es ist so deutlich, daß man wähnt, danach greifen zu können und man würde nicht einen Augenblick zögern, es für etwas Körperliches zu halten, wenn der Gegenstand nicht selbst ebenfalls zu sehen wäre. Man kann ihn aber leicht den Blicken entziehen, wenn man den Spiegel etwas nach oben richtet und damit zugleich das Bild über den Gegenstand bringt, der sich dann durch Bücher und dergleichen verbergen läßt. So kommen ganz wunderbare Erscheinungen zu stande.

Fig. 71, F zeigt die Anordnung der Apparate für eine optische Erscheinung (früher nannte man derartige Erscheinungen Phantasmagorien), welche die Anwesenheit eines Blumenstraußes in einer Vase dem in einiger Entfernung vor dem Spiegel stehenden Beschauer vortäuscht. Es steht aber nur eine leere Vase auf dem Postament und der Blumenstrauß, dessen Bild durch Schiefriechung des Spiegels über der Vase erscheint, hängt an der Rückseite des Postaments. Die Täuschung ist so vollkommen, daß man seinen

Augen nicht traut, wenn man das Gefäß bei näherer Besichtigung leer findet. Freilich darf sich außer dem Strauß sonst nichts widerspiegeln und daher hinterkleidet man den Sockel mit schwarzem Sammet.

Durch Zusammenstellung dreier Bücher kann, wie es die Abbildung ebenfalls zeigt, der Sockel entbehrt werden, nur müssen sie auf einem schwarzen Tuch stehen und selbst dunkel eingebunden sein. Für eine gute Beleuchtung sorgen zwei seitlich stehende Lampen. Den Spiegel kann man auch an die Wand hängen. Da Gegenstand und Bild nahezu gleich groß sind, wird der Strauß sich fast im Krümmungsmittelpunkt (in der doppelten Brennweite) des Spiegels befinden müssen. Stellt man statt der Base ein durchsichtiges Spitzglas auf, so wird der Strauß auch einen Stiel haben dürfen, der dann mitten im Glase schwebend erscheint. Selbstverständlich braucht es bei dem Strauße kein Bewenden nicht zu haben. Man kann auch eine Statue auf einem Sockel, ein Männchen in einer Flasche, einen Vogel in einem Bauer erscheinen lassen u. s. w. Einen seltsamen Anblick gewährt ein Weinglas, das gefüllt, aber verkehrt in der Luft schwebt, ohne daß ein Tropfen herausfliekt.

Man hat die Hohlspiegelbilder bisweilen in der Theatertechnik verwendet, z. B. wenn es sich in Goethes „Faust“ darum handelt, das glühend rot beleuchtete, riesenhafte Antlitz des Erdgeistes erscheinen zu lassen. Zauberlaternen liefern nur unbewegliche Bilder, ebene Glasscheiben, wie wir auf S. 287 gezeigt haben, wohl bewegliche, aber nicht vergrößerte Bilder, der Hohlspiegel ermöglicht beides, denn er bildet den Darsteller selbst ab und in jeder gewünschten Größe. Der Geist würde aber auf dem Kopf stehen, wollte der Schauspieler auf den Beinen bleiben und deshalb muß letzterer eine recht unbequeme Stellung einnehmen. Freilich auf den Kopf kann man ihn nicht stellen, wie eine Puppe, man hilft sich aber folgendermaßen. Auf einer schrägen Tischfläche liegt der Darsteller, den Kopf, welchen er noch über den Tischrand hängen läßt, nach unten. So kommt wenigstens letzterer in eine vertikale Lage und wird durch einen mächtigen

Hohlspiegel aufgerichtet und entsprechend vergrößert. Der Körper ist mit einem schwarzen Tuch bedeckt und ebenso der Tisch schwarz gestrichen. So scheint denn allein das mächtige Haupt frei in der Luft schwebend, es bewegt seinen gewaltigen Mund und scheint wirklich zu sprechen. In der angedeuteten Lage zu deklamieren, ist freilich für den Schauspieler eine Aufgabe und man zieht es daher vor, einen Statisten, als Erdgeist ausstaffiert, festzuschmallen und die schönen Verse leise mitsprechen zu lassen.

Anders gekrümmte Spiegel. Der Kugelspiegel. Wir werden nun die erhabene, gewölbte Seite einer Kugelschale als Spiegel benutzen; einige Überlegung sagt uns, daß ein so gekrümmter Spiegel so mannigfaltig und interessant wie der Hohlspiegel nicht sein kann. Denn betrachten wir die Strahlen, welche von einer Lichtquelle auf eine spiegelnde Kugel fallen, und verfolgen ihren Gang nach dem bekannten Spiegelgesetz, so sehen wir, daß sie stets nach der Reflexion auseinandergehen, wo auch immer die Lichtquelle sich befinden mag. Der Kugelspiegel kann also unter keinen Umständen ein außen in der Luft liegendes, greifbares Bild liefern. Immer scheint es innerhalb der Kugel zu liegen, ist stark verkleinert und aufrecht wie der sich spiegelnde Gegenstand. Das Bild wächst stark und schließlich bis zur Größe des Gegenstandes selbst, wenn sich beide an der Oberfläche des Spiegels berühren. Da aber dann das Bild durch den Gegenstand verdeckt wird, kann man wohl sagen, daß das sichtbare Bild eines Kugelspiegels stets kleiner ist als der Gegenstand. Er ist also ein Verkleinerungsspiegel und dient daher bisweilen Gärten und Parkanlagen, deren Wege und Beete er in verkleinertem Maßstabe abbildet, angeblich zur Zierde.

Damit wären freilich seine Laten erschöpft. Doch halt! Er verzerrt auch und macht aus jedem vernünftigen Geschöpf ein lächerliches Gebilde, kein Wunder, daß man ihn darum, wie so manchen Menschen, der das gleiche tut, interessant findet. Die Verzerrungen sind leicht erklärlich, da das Bild schnell mit der Annäherung wächst und verschiedene Teile z. B. des menschlichen

Körpers stets verschieden weit von dem Spiegel entfernt sind. So erscheint vielleicht der dem Spiegel zunächst stehende Unterleib unmäßig aufgetrieben, während Kopf, Hände und Füße viel zu klein sind (Fig. 72). Ins Ungeheuerere verzerrt wird der dem Spiegel entgegengestreckte Arm.

Es ist fast nicht nötig, einen derartigen Spiegel anzufertigen. Jede runde vernickelte Teekanne, jede blanke Kugel vom Weihnachtsbaum zeigt die Erscheinungen in genügender Deutlichkeit. Will man durchaus einen besonderen Apparat haben, so schwenkt man eine schwachwandige Kochflasche, wie sie der Chemiker gebraucht, innen mit schwarzem Lack aus. Eine Ver Silberung läßt sich durch Eingießen der schon genannten Ver Silberungsflüssigkeiten leicht herstellen. Um aber nicht zu viel Flüssigkeit zu verbrauchen, die zum zweitenmal nicht verwendet werden kann, gießt man nur etwas Flüssigkeit ein und sorgt durch langsames Drehen und Waschen dafür, daß sie nacheinander mit sämtlichen Teilen der Wandung mehrfach in Berührung kommt.

Der zylindrische Spiegel entsteht durch Umlegen einer spiegelnden Fläche um einen Zylinder und weist daher nur quer zur Achsenrichtung desselben eine Krümmung auf. Es ist nicht schwierig, einen Zylinder Spiegel herzustellen und zwar am besten durch innere Ver Silberung eines Glaszylinders oder eines chemischen Standglases. Um nicht zu viel Ver Silberungsflüssigkeit zu gebrauchen, steckt man in das Glas einen hölzernen Stiel, der fast dessen Durchmesser hat. Will man die Ver Silberungsflüssigkeit vermeiden, so erinnert man sich des schwarzen inneren Lacküber-



Fig. 72.
Verzerrung durch einen Kugel-
spiegel.

zuges oder auch der reflektierenden Eigenschaften des Stanniols. Letzteres hat eine matte und eine spiegelnde Seite, die noch völlig glatt ist, wenn man die Zinnfolie (Stanniol ist Zinn) im Handel bezieht. Man schneidet auf einer Unterlage von Zink oder Glas mit Lineal und scharfem Messer ein Stück von erforderlicher Größe heraus und bringt es, ohne es zu knittern, vorsichtig mit der

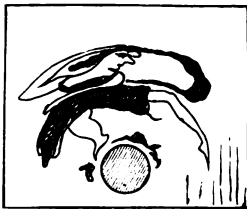


Fig. 73.
Wirkung eines Zylinder-
spiegels.

rauen Fläche auf das vorher dünn mit Leim oder Eiweiß bestrichene Rundglas. Angebrückt wird mit einem Wattebausch.

Ein zylindrischer Spiegel zeichnet sich dadurch aus, daß er in der Längsrichtung die Eigenschaften eines ebenen, in der Querrichtung diejenigen eines Kugelspiegels hat. Er verzeichnet daher nur nach der einen Richtung, so daß je nach der Stellung des Spiegels ein Mensch in ihm entweder viel zu dick zu seiner Größe oder zu lang zu seiner Breite erscheint. Beachtenswert ist hierbei eine stets wiederkehrende Täuschung. Man empfindet nämlich das Bild als zu breit oder zu lang, obgleich gerade in den beanstandeten Richtungen der Spiegel jedesmal korrekt zeichnet. Wollte man ein Bild in dem

aufrechten Spiegel — der alles zu schmal wiedergibt — natürlich sehen, so müßte man den Gegenstand übertrieben breit zeichnen. Das ist sehr leicht richtig zu machen, denn man braucht nur den Gegenstand zu zeichnen, wie er im Querspiegel erscheint und ihn dann im Längsspiegel zu betrachten und umgekehrt. Schwieriger ist es schon, die Zeichnung richtig zu entwerfen, wenn sie liegen und der Zylinder Spiegel auf ihr stehen soll. Man hat viele Konstruktionen hierfür angegeben und in älteren Büchern sind viele Seiten auf die Beschreibung dieser „Anamorphosen“ verwendet, nicht nur für Zylinder Spiegel, sondern auch für Pyramiden- und

Spiegelpiegel. Wir sehen in diesen „Anamorphosen“ heute nichts als eine ziemlich müßige Spielerei und können unseren jungen Lesern kaum empfehlen, Zeit darauf zu verwenden. Nur der Vollständigkeit wegen zeigen wir in Fig. 73 die verzerrte Abbildung einer Tänzerin, welche im Zylinderspiegel in den richtigen Verhältnissen erscheint.

Optische Wiederherstellung einer verzerrten Zeichnung ohne Spiegel. Man weiß, welche abenteuerlichen Verzerrungen unser Schatten annimmt, wenn wir unter einer Laterne hindurchschreiten. Zuerst streckt sich der Schatten weit hinter uns, dann wird er kleiner, holt uns ein und wird dann vor uns immer länger und länger. Alles an ihm ist übertrieben und verzerrt. Und doch gibt es einen Punkt, von dem aus der Schatten gerade so wohl proportioniert erscheint, wie der Körper selbst. Das ist die Laterne selbst, denn von ihr aus gesehen muß sich der Körper mit dem Schatten decken und kann daher auch nicht in anderen Verhältnissen erscheinen als dieser. Durch eine gleiche Überlegung erklärt sich folgende Anamorphose.

Jrgend eine Konturenzeichnung, etwa die Abbildung eines Soldaten, eines Elefanten u. s. w., wird in ihren Umrissen mit einer Nadel durchstochen und dann in einiger Entfernung von einem Licht ($1\frac{1}{2}$ m) senkrecht auf den Tisch gestellt. Es entsteht dann durch die Löcher eine verzerrte Umrisslinie auf dem Tisch, die sich auf einem horizontal liegenden Bogen Papier auffangen und nachzeichnen läßt. Betrachtet man jedoch diese Zeichnung durch eine kleine Öffnung in einer Pappscheibe von der Stelle aus, an der vorher die Kerze gestanden hat, so erscheint sie völlig richtig.

Das Prisma. Von unserem Kronleuchter ist einer jener dreikantigen Glaszierate, ein Prisma, herabgefallen und die Neugierde treibt uns, durch dasselbe gegen ein Licht zu blicken. Doch sonderbar, das Licht ist verschwunden, wir mögen das Prisma, welches doch aus völlig klarem Glase besteht, drehen und wenden, wie wir wollen. Wir müssen mit dem Körper eine Drehung zur

Seite ausführen, um das Licht wieder zu erblicken, aber in einer ganz andern Richtung und umgeben mit den wundervollsten Regenbogenfarben. Wir finden auch durch das Prisma das Fenster

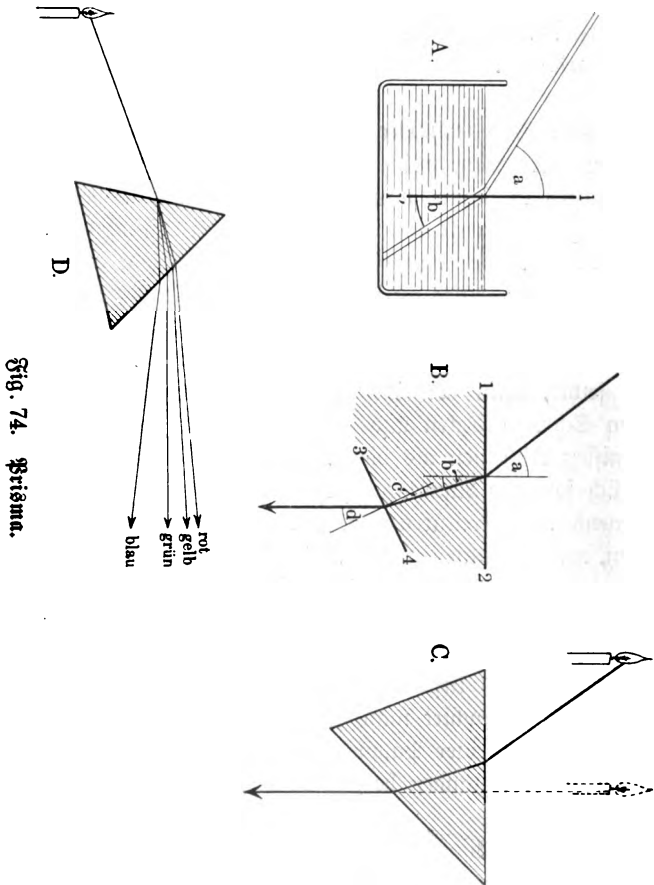


Fig. 74. Prisma.

wieder, aber sicher nicht in der Richtung, in der es sich in Wahrheit befindet. Alle Gegenstände sind dort, wo Licht und Schatten aneinandergrenzen, mit den prachtvollen Farben umsäumt. Berge, Häuser, Wolken und Bäume nehmen sich im bunten Spiel dieser

Farben zauberhaft aus. Für uns eine ganz neuartige Erscheinung, die uns die Frage aufdrängt: was ist mit dem Lichte im Prisma geschehen?

Wer hat nicht schon einmal einen Sonnenstrahl in ein Waschbecken oder sonst ein anderes Gefäß mit Wasser fallen sehen und dabei die Beobachtung gemacht, daß der Lichtstrahl an der Oberfläche eine eigentümliche Knickung erhält, so daß er im Wasser in anderer Richtung verläuft als in der Luft? Man hat durchaus den Eindruck, als sei er an dieser Stelle wie ein Stab gebrochen. Fig. 74, A stellt einen derartig durch Wasser gebrochenen Lichtstrahl dar. Eine solche Brechung erfolgt allemal, wenn der Lichtstrahl nicht senkrecht, sondern schräg auf die Trennungsfäche von Luft und Wasser fällt. Über die Art der Brechung läßt sich leicht eine Regel bilden. Errichtet man nämlich in dem Punkt, wo der „einfallende Strahl“ die Wasseroberfläche berührt, in seinem Fußpunkt also, auf der Oberfläche ein Lot, das „Einfallslot“ des Strahles — uns sind diese Benennungen schon vom Spiegel her bekannt — und verlängert dieses Lot in das Wasser hinein, so sieht man, daß der Winkel, den der „einfallende“ Strahl mit dem Lot bildet (a), in der Luft größer ist als der vom „gebrochenen“ Strahl und dem verlängerten Lot im Wasser eingeschlossene Winkel (b). Man könnte sagen, der Lichtstrahl sei im Wasser dem Lot „zugebrochen“ und das ist immer der Fall, wenn er übergeht von dem optisch dünneren Mittel (hier der Luft) in das optisch dichtere Mittel (hier das Wasser), nur ist die Größe der Ablenkung für verschiedene Stoffe verschieden. Der Versuch ist auch umkehrbar und der Strahlenverlauf würde kein anderer sein, wenn sich das Licht im Wasser befände und der Strahl von dem optisch dichteren Mittel in das optisch dünnere Mittel austräte. Er würde dann dem Lot nicht zu-, sondern von ihm „abgebrochen“.

Nicht anders wird es sein, wenn ein Lichtstrahl schräg auf einen Glaskörper fällt. Es sei 1 bis 2 (Fig. 74, B) eine Fläche, unterhalb deren sich, zunächst in beliebiger Dicke und Ausdehnung, ein Glaskörper G , oberhalb deren sich Luft befindet. Ein schräg auf diese Trennungsfäche fallender Lichtstrahl

wird im Glas seine ursprüngliche Richtung ändern und zwar wird er in ihm, als dem optisch dichteren Mittel, dem Einfallslot zugebrochen werden, wie es auch die Zeichnung veranschaulicht (der Winkel a ist größer als der Winkel b). Tritt irgendwo, etwa bei 3 bis 4, der Gaskörper auf, dann tritt der Lichtstrahl wieder in das dünnere Medium aus und wird von dem Lot abgebrochen (der Winkel d ist größer als der Winkel c). Wie im übrigen sonst der Glaskörper begrenzt ist, ist für den Verlauf des Lichtstrahles völlig gleichgültig, wir könnten ihn links stumpf abschneiden und rechts spitz verlaufen lassen, d. h. nichts anderes als ein Prisma aus ihm machen (Fig. 74, C). Unsere Leser erkennen nun deutlich, wie ein Lichtstrahl durch ein Prisma aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt wird und wie daher auch jeder Gegenstand durch dasselbe aus seiner Lage gerückt erscheinen muß. Sie sehen aber auch aus der Figur, wie man das Prisma halten muß, um den richtigen Effekt zu haben.

Aber es gibt verschiedenartiges Licht, rotes, grünes, blaues und viele andere Abstufungen mehr, und die Frage erscheint daher wohl berechtigt, ob alle die verschieden gefärbten Lichtstrahlen in gleicher Weise durch das Prisma gebrochen werden. Man kann sich darüber unterrichten, wenn man nacheinander eine rote, grüne, blaue Glasscheibe zwischen die Lichtquelle und das Prisma bringt und andererseits die aus dem Prisma tretenden bunten Strahlen auf einem weißen Schirm auffängt. Dann sieht man, wie das Prisma auf das feinste zwischen den ihm gebotenen Lichtstrahlen unterscheidet und wie es jedem einen besonderen Weg anweist. Am wenigsten aus seiner Richtung gelenkt wird ein roter Strahl, dann ein orangefarbener, ein gelber, grüner, am meisten ein blauer und ein violetter (Fig. 74, D). Lassen wir aber einen weißen Lichtstrahl auf das Prisma fallen, so erscheint er hinter dem Prisma nicht mehr weiß, sondern verbreitert und farbig in der angegebenen Reihenfolge. So sonderbar auch dieses Resultat anmutet und so schwer es uns wird, darüber klar zu werden und daran zu glauben, — nur eines kann die Lösung dieses geheimnisvollen Rätsels sein: das weiße Licht ist die

Zusammenmischung aller Farbenstrahlen. Heute wird jedem Schüler diese Tatsache beigebracht, und er ist gewohnt, sie als etwas Selbstverständliches hinzunehmen, als aber der Physiker Newton diesen Satz zum erstenmal aussprach, da begegnete er nur spöttischem Lächeln. Selbst die größten Geister, wie Goethe und andere, verhielten sich ablehnend, ja Goethe versfertigte sogar ein Spottgedicht auf diese Art verkehrter Naturanschauung. Hätte er geahnt, welche Wunder das geschmähete, dreieckige Stückchen Glas noch enthüllen sollte!

Damit sind zunächst die bunten Farbänder um die Gegenstände erklärt. Von einem Fenster z. B. geht weißes Licht aus, sämtliche Farbenbestandteile enthaltend. Das Prisma sondert sie säuberlich und wir erblicken ein rotes Fenster, dicht daneben — so daß sie sich fast ganz, nur am Rande nicht, überdecken — ein gelbes, ein grünes, ein blaues Fenster. Soweit sich die Farbbilder überdecken, ergeben sie eine weiße Färbung, an den Rändern jedoch kommt jede Farbe neben der anderen voll zur Geltung. Will man daher nur die Farben haben, so eignet sich eine so breite Leuchtfläche wie ein Fenster für den Versuch nicht, man sieht dann besser nach einem schmalen Spalt. Die Bilder decken sich dann nicht mehr, sondern die verschieden gefärbten Spaltbilder erscheinen eng nebeneinander, niemals aber zwischen sich eine dunkle Lücke lassend. Vielmehr geht das Rot allmählich in Orange, dann in Gelb, das Gelb in ein helleres, dann dunkleres Grün über, dem sich immer mehr und mehr der blaue und violette Farbton beimischt. Man sieht diese Farben alle nacheinander, wenn man das Auge langsam an dem Prisma vorüber bewegt. Man kann sie aber auch, helles Licht vorausgesetzt, auf einem Papierschirm auffangen und erhält dann eine Erscheinung, wie sie prächtiger nicht gedacht werden kann. Kein Maler könnte die Farben so rein wiedergeben. Ein derartiges Farbenband nennt man ein „Spektrum“.

Wirklich gute Prismen von Flint- und Crownglas sind bei einiger Größe sehr teuer. Wir machen aber auch nicht die Ansprüche des Physikers und können schon viel billiger zu einem

einfachen Prisma kommen, ja, wenn wir ein viereckiges Aquarium besigen, kostet es gar nichts, denn zwei seiner zusammenstoßenden Seiten lassen sich mit dem Flüssigkeitsinhalt immer für einen prismatischen Apparat ansehen. Um mit Hilfe eines Aquariums ein Spektrum zu entwerfen, verfähre man nach der Fig. 75. Wir suchen ein Zimmer an der Sonnenseite auf, am besten ein östliches

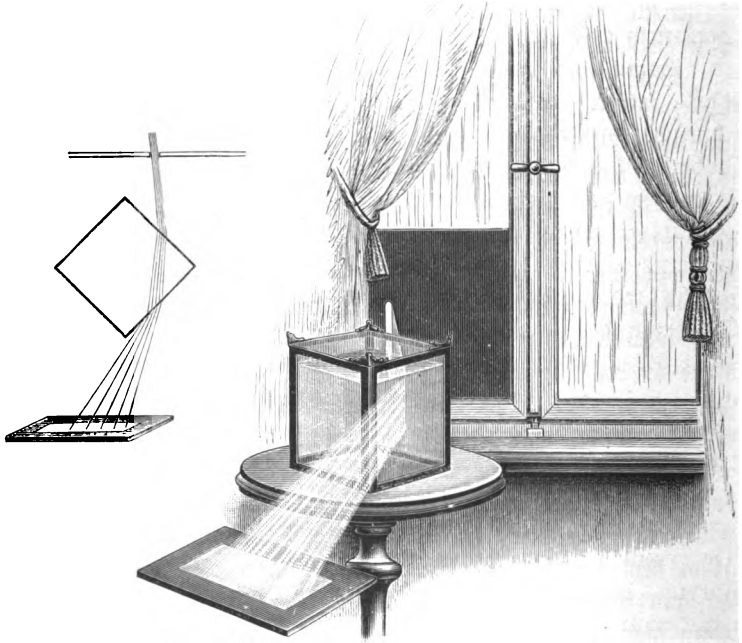


Fig. 75. Das Aquarium als Prisma.

oder westliches — ein südliches eignet sich weniger, da die Sonne in dieser Richtung sehr hoch steht — und verdunkeln das Fenster, zulezt mit einem Pappstück, in dem sich ein senkrechter, 2 cm breiter und 10 cm langer Schlit; befindet. Man sieht durch ihn das Sonnenlicht als breites Band hereindringen. Auf den Weg der Sonnenstrahlen stellt man das Aquarium, wie die Zeichnung

es andeutet, und erhält sofort ein prachtvolles Farbenband auf einem dahinter aufgespannten Stück Papier. Man dreht das Aquarium hin und her und bemerkt auch, daß je nach der Stellung desselben die Farben mehr oder weniger weit auseinander-treten, das Spektrum wird länger oder kürzer, ist aber am strahlendsten, wenn es so kurz als möglich ist. Steht die Sonne hoch und fallen die Strahlen sehr schräg ein, so erhält man ein verzerrtes, schiefes Spektrum. Es ist dies für uns nur ein Schönheitsfehler, der vermieden werden kann, wenn vor dem Fenster ein nicht zu kleiner Spiegel angebracht wird, der die Sonnenstrahlen auffängt und in horizontaler Richtung auf den Spalt wirft. Da die Sonne aber nach West vorrückt, vormittags steigend, nachmittags fallend, so muß der Spiegel fortdauernd der Sonne nachgedreht werden, was nur durch eine komplizierte Schnurlaufeinrichtung oder gar ein Uhrwerk geschehen kann, da das Fenster geschlossen bleiben muß. Zum Besten unserer Leser sei daher erzählt, wie sich der Verfasser einmal auf andere Art geholfen und ein sehr schönes Spektrum zu stande gebracht hat.

Es wurde am unverhüllten Fenster ein Topf mit Erde aufgestellt. In dieser steckte ein Stab, der oben einen schräg ab-geschnittenen großen Kork mit einem aufgekitteten Spiegelstück trug. Das Fenster ging nach Süden heraus und die Sonne stand hoch, was für den Spiegelversuch gerade gut war. Durch den Spiegel wurde das Sonnenlicht in horizontaler Richtung nach einem dunkeln Hinterzimmer geleitet und dessen Doppeltür so weit geschlossen, daß das Licht hier durch eine schmale Ritze, die von oben und unten durch vorgehängte Lächer bis auf etwa 10 cm Länge begrenzt wurde, fallen mußte. So war in wenigen Minuten alles geschaffen, der horizontale Lichtstrahl, der Spalt (in seiner Breite sogar regulierbar) und der dunkle Raum für das Experiment. Das Spektrum, durch ein schräg gestelltes Aquarium entworfen, genügte allen billigen Ansprüchen. Von Zeit zu Zeit war es nötig, den Lichtstrahl wieder auf die Tür-ritze zu richten, was aber durch Drehen und Drücken des Stabes im Blumentopf ohne jede Schwierigkeit geschah.

Eine andere einfache Art, ein Spektrum zu erzeugen, gibt Hopkins an. Allerdings erfordert seine Anordnung eine Verdunklung des Zimmers bis auf einen schmalen, diesmal horizontalen Spalt in einiger Höhe am Fenster, sie hat aber den Vorteil, auch bei hohem Sonnenstande keinen Spiegel nötig zu machen und ein unverzerrtes Spektrum zu liefern. Hat man den horizontalen Spalt hergestellt und so ein breites, schräg abwärts gerichtetes Lichtband erhalten, so bedarf es nur noch einer

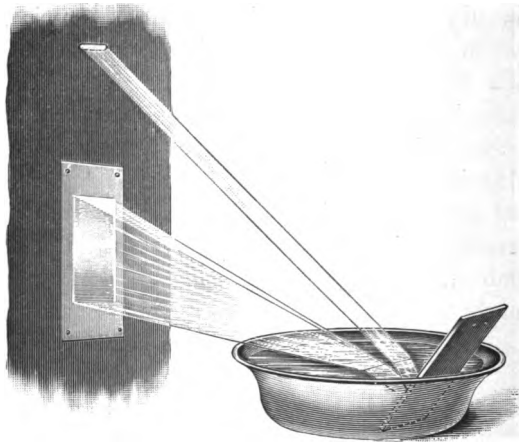


Fig. 76. Die Waschkübel als Prisma.

fast bis zum Rande gefüllten Schüssel mit Wasser und eines Spiegelstückes ohne Rahmen von etwa 12 cm Breite und 20 cm Höhe. Der Lichtstrahl (Fig. 76) wird unter Wasser an dem schräg in die Schüssel gestellten Spiegel aufgefangen und wieder in die Luft zurückgeworfen. Dabei erleidet er eine zweimalige Brechung, aber auch eine Auseinanderlegung in seine Farbenbestandteile. Man fängt das Spektrum auf einem Blatt Papier unterhalb des Spaltes auf, wobei man bemerkt, es nun nicht mit einem horizontalen, sondern vertikalen Farbenbände zu tun zu haben. Rot liegt oben, Blau unten.

Was das Prisma verrät. Will man nicht gerade das Spektrum auf einem Schirm auffangen und vielen zugleich zeigen, so genügt schon ein ganz kleines Prisma, um die Erscheinungen für die eigene Person wahrnehmen zu können. Ja, sie sind dann womöglich noch reiner und schöner. An Stelle des Schirmes tritt die Netzhaut des Auges.

Kann man ein Prisma aus Flintglas bekommen, so ist es für den Versuch, auch wenn es noch so klein ist, vielmal mehr wert als alle großen Prismen aus gewöhnlichem Glas. Man kann sehr bescheiden sein, eine Höhe von 2 cm, ja selbst von nur 1 cm reicht völlig aus. Der Preis für derartig kleine Prismen ist sehr gering, man bekommt sie fast umsonst, wenn sie etwas beschädigt sind. Wenn nur noch zwei Seiten gut erhalten sind, kann man das Prisma ruhig nehmen und etwas abgestoßene Kanten schaden gar nichts.

Dies kleine Flintglasprisma befestigt man nun auf einem Rork *K* (Fig. 77 a. f. S.) nicht mit Leim, der das Prisma beschädigen würde, sondern, indem man den Rork dreieckig etwas ausschneidet und das Prisma festklemmt. Der Rork erhält unten einen Stiel als Handhabe. Vor das Prisma macht man einen Schnitt und klemmt in ihm ein schwarz gestrichenes ebenes Kartonstückchen fest, in das man mit einem scharfen Messer einen Schlitz schneidet, nicht länger als $\frac{1}{2}$ cm und nicht breiter als $\frac{1}{2}$ mm. Man kann sogar noch ein zweites Blättchen mit einem womöglich noch engeren Spalt in Bereitschaft halten. In Pappe wird man ihn freilich nicht mehr schneiden können, dagegen läßt er sich leicht in Stanniol herstellen. Ein Blättchen Stanniol wird auf ein Glasplättchen, so groß als vorher der Karton, geklebt und mit Lineal und Messer ein winziger Spalt hineingeschnitten. Man kann so, je nach der Breite der Messerschneide, Spalte von $\frac{1}{10}$ mm Breite und noch weniger anfertigen. Nur hat man dafür zu sorgen, daß dort, wo der Spalt hinkommen soll, kein Klebemittel sitzt. Die unter der Figur befindliche Aufsicht zeigt, in welcher Richtung zum Prisma der Rerb in den Rork geschnitten werden muß.

Damit ist das Instrument, dessen Höhe im ganzen nicht mehr

als 5 cm zu betragen braucht, fertig. Man kann mit ihm jederzeit das Spektrum einer Lichtquelle schauen, es ist ein „Spektroskop“, freilich in seiner allereinfachsten Form. Die Spektroskope der Physiker und Astronomen sind viel umfangreicher und kosten oft Tausende von Mark. Was aber jeden denkenden Menschen interessieren muß, sieht man an unserem Apparat ebenso gut. Seine Benutzung erfordert allerdings einige Übung und der Anfänger

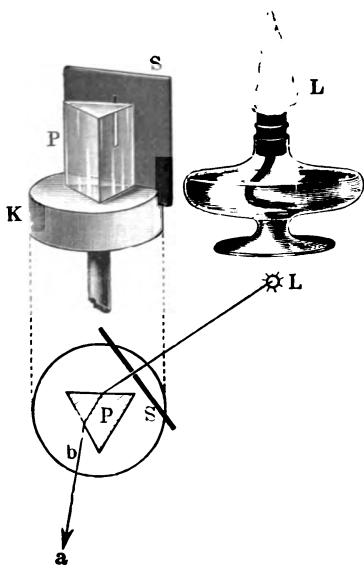


Fig. 77.
Ein billiges Spektroskop.

wird leicht auf der Suche nach dem Spaltbild die Geduld verlieren. Die Aufsicht unseres Spektroskopes zeigt auch den Gang der Strahlen, die von einer Lichtquelle L durch den Spalt auf das Prisma P fallen. Sie werden hier in der bekannten Weise zweimal gebrochen und treten schließlich in der Richtung ba in die Luft aus. In ihr scheint für das Auge die Lichtquelle zu liegen. Will man daher den Apparat anwenden, so hält man ihn senkrecht, tritt etwas seitlich zur Lichtquelle, dreht den Apparat so, daß die Strahlen lotrecht auf den Spaltschirm fallen und visiert mit dem Auge in der Richtung ab . Man wird ein herrliches Spektrum wahrnehmen, das zwar dunkler wird, je enger der Spalt ist, aber auch desto farbenreiner.

Einmal im Besitz dieses Instrumentes, regt sich in uns natürlich die Begierde, möglichst viel Lichtquellen mit ihm auf ihre Farbenbestandteile zu untersuchen. Wir lassen den Spalt nacheinander erleuchten durch eine Kerze, eine Lampe, einen Auerbrenner, ohne aber einen wesentlichen Unterschied der Spektra

wird leicht auf der Suche nach dem Spaltbild die Geduld verlieren. Die Aufsicht unseres Spektroskopes zeigt auch den Gang der Strahlen, die von einer Lichtquelle L durch den Spalt auf das Prisma P fallen. Sie werden hier in der bekannten Weise zweimal gebrochen und treten schließlich in der Richtung ba in die Luft aus. In ihr scheint für das Auge die Lichtquelle zu liegen. Will man daher den Apparat anwenden, so hält man ihn senkrecht, tritt etwas seitlich zur Lichtquelle, dreht den Apparat so, daß die Strahlen lotrecht auf den Spaltschirm fallen und visiert mit dem Auge in

wahrzunehmen. Immer erscheint das glänzende Lichtband, bei dem eine Farbe unmerklich in die andere übergeht, nur daß vielleicht beim Auerbrenner das Blau kräftiger leuchtet als bei der Kerze. Dann untersuchen wir eine Spiritusflamme. Sie leuchtet so gut wie gar nicht, und das Spektrum ist daher sehr matt, kaum sichtbar. Bringt man jedoch ein feines Glasröhrchen in die Flamme, so färbt sie sich nach kurzer Zeit durch den Natriumgehalt des Glases gelb und leuchtet ziemlich intensiv. Wir erwarten nun, ein helleres Spektrum zu sehen, können aber trotz aller Bemühungen nichts erkennen als eine helle gelbe Linie genau an derselben Stelle, wo wir sonst das Gelb im Spektrum zu finden gewohnt sind. Das glühende Natriumgas ist mithin ein ganz merkwürdiger Körper, es sendet weder rote, noch grüne, noch blaue Strahlen, sondern einzig und allein gelbe aus. Das verrät das Prisma, aber es plaudert noch mehr Geheimnisse aus. Wir streuen etwas Kochsalz auf den Docht, wieder wird die Flamme hell und wieder erscheint an derselben Stelle die helle gelbe Linie. Was bedeutet das? Nun doch sicherlich nichts anderes, als das im Kochsalz Natrium enthalten ist. Der Chemiker bestätigt unsere Vermutung, Kochsalz ist wirklich Chlornatrium, eine chemische Verbindung von Natrium und Chlor.

Für die weiteren Versuche gibt uns der Apotheker gern etwas Lithiumchlorid und Strontiumchlorid ab. Es genügen Spuren von jedem Stoff. Ist alles Kochsalz in der Flamme verdampft und diese wieder völlig farblos, was oft sehr lange dauert — man nimmt daher besser eine andere Spiritusflamme — so streut man etwas Lithiumchlorid auf den Docht, oder besser noch, man drückt einen der kleinen Kristalle in das Ohr einer Stopfnadel und steckt diese so tief in den Docht, daß die Flamme den Kristall umspült, so wird sogleich ein rötliches Licht entstehen, und im Spektroskop erscheinen zwei scharfe Linien dicht beieinander, von denen die eine rot, die andere orange leuchtet. Wo immer in der Welt Lithiumdämpfe glühen, werden im Spektroskop diese beiden Linien zu sehen sein. Derselbe Versuch, mit Strontiumchlorid

wiederholt, ergibt ebenfalls eine rötliche Flamme, aber das Prisma zeigt einen wesentlichen Unterschied, es erscheinen drei Linien, die eine im roten, die andere im gelben, die dritte im blauen Teile des Spektrums. Das Spektroskop wird beide Stoffe niemals miteinander verwechseln. Es liefert für jeden Stoff, mögen die Linien auch noch so zahlreich werden, ein charakteristisches Spektrum, das nur allein eben diesem Stoff und keinem sonst zukommt. Mögen auch die Stoffe durcheinander gemischt sein und ihre Gase vereint glühen, immer wird uns der erfahrene Physiker nach einem Blick durch das Prisma sagen können, welche Stoffe sich in der Flamme befinden. Seine Wissenschaft ist die „Spektralanalyse“.

Man hat herausgefunden, daß allemal dann das Spektrum zusammenhängend, wie von einer Kerze ist, wenn es sich um einen festen Körper handelt. In der Kerze glühen sehr kleine, aber feste Kohlenstoffteilchen. Ist der leuchtende Körper aber ein glühendes Gas, dann erscheint ein Linienpektrum.

Zu allen Zeiten ist die Sehnsucht nach der Erkenntnis der fernern Gestirne im Menschenherzen mächtig gewesen. Schon das Volksliedchen sagt:

Funkle, funkle, schöner Stern,
Was du bist, wie wüßt' ich's gern.

Doch kein Bote wird jemals in jene fernsten Tiefen des Himmelsraumes gelangen, und die Kraft unserer Fernrohre erlahmt machtlos an den ungemessenen Entfernungen, die der zitternde Lichtstrahl in vielleicht erst Jahrtausenden durchsirt. Niemand ahnte, daß diese Lichtstrahlen etwas sagen wollten, bis man das verachtete, kantige Stückchen Glas vom Boden aufhob. Es gibt Antwort auf unsere Fragen. Man richtet es auf einen Stern und eine Reihe wohlbekannter glänzender Linien erscheint. Was bedeuten sie? Zunächst, daß der Stern, dessen Größe, dessen Entfernung uns vielleicht völlig unbekannt bleibt, in seiner Heimat eine Sonne ist von ungeheuer hoher Temperatur, denn wie sollten wohl sonst feste Körper an seiner Oberfläche zu glühenden Gasen werden? Die Linien verraten auch die Namen der Gase, es sind Eisen, Nickel,

Wasserstoff, Stickstoff u. a. m., kurz Stoffe, die auch auf unserer Erde heimisch sind. Ihre Existenz auch in fernsten Räumen beweist den einheitlichen Baustoff des Weltgebäudes. So redet das Licht eine gewaltige Sprache und das Prisma ist sein Dolmetsch.

Der Farbkreisel. Man kann die Farbenstrahlen eines Spektrums durch eine Sammellinse wieder zusammenziehen und auf einen Fleck vereinigen. Dieser Fleck ist völlig weiß. Einen schlagenderen Beweis für die Farbnatur des weißen Lichtes dürfte man kaum erbringen können.

Auch auf andere Weise gelingt es, die Spektralfarben wieder zu Weiß zu vereinigen.

Eine mit weißem Papier überzogene und auf den akustischen Kreisel (Seite 157) passende runde Pappscheibe wird durch Linien von der Mitte aus in verschieden große

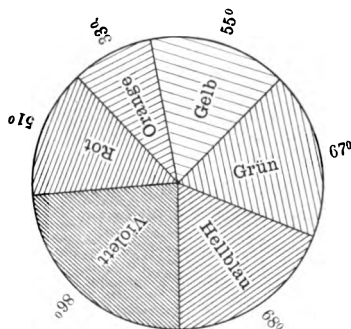


Fig. 78. Scheibe zum Farbkreisel.

Sektoren eingeteilt. Sie werden mit den Spektralfarben bemalt, wobei man darauf achtet, daß, wie im Spektrum, das Violett den größten, das Orange den kleinsten Platz einnimmt. Fig. 78 zeigt, wie die Farben zu verteilen sind. Man trage dünn auf, wähle aber doch möglichst reine, leuchtende Farben. Das Bekleben der Sektoren mit bunten Papieren ist weniger zu empfehlen, da man sie schwer in der richtigen Färbung erhält.

Läßt man die Scheibe auf dem Kreisel rasch umlaufen, so erscheint sie, hell beleuchtet, fast völlig weiß.

Niemand wird glauben, daß sich die Farben auf ihr mischen. Sie bleiben hübsch nebeneinander, mag nun die Scheibe sich so schnell drehen, wie sie will. Die Verschmelzung geschieht auf der Netzhaut unseres Auges, das die Eigenschaft hat, Eindrücke länger zu empfinden als sie dauern und das daher, obgleich die Farben

nacheinander auf die Netzhaut fallen, Rot, Gelb, Grün, Blau zugleich sieht. So entsteht der Eindruck des Weißen.

Von der richtigen Wahl der Farben hängt ungemein viel ab, und wenn man trotz aller Mühe kein reines Weiß zu Stande bringt, so beweist das nichts gegen unsere Theorie, sondern eben nur, daß die Farbstoffe an Leuchtkraft und Reinheit mit den prismatischen Farben nicht wetteifern können.

Wer keinen Kreisel besitzt, kann die Farben auch auf ein Garnröllchen malen und mit der Aufspulvorrichtung der Nähmaschine in Umdrehung versetzen.

Farben in heller Beleuchtung schwarz erscheinen zu lassen. Eines der überraschendsten Experimente, das zugleich Aufschluß gibt über die Natur der Körperfarben, kann man mit dem Sonnenspektrum anstellen, wie wir es mit Hilfe des Aquariums erzeugten. Bedingung ist nur, daß der Raum, in dem das Spektrum zu sehen ist, wirklich dunkel sei. Wie es sich mit den Farben der Körper verhält, wollen wir aber gleich vorweg sagen. Daß ein Gegenstand gefärbt, z. B. rot, erscheint, ist eine Eigenschaft, eine Fähigkeit von ihm gegenüber dem weißen Licht, denn im Dunkeln ist die Farbe verschwunden. In weißer Beleuchtung fallen mit und in dem weißen Licht alle Farbenstrahlen auf ihn, er wirkt aber nur für einen derselben als Spiegel, für den roten, welchen er in unser Auge zurückwirft, alle anderen verschluckt er, wodurch sie für uns unsichtbar werden. Daher erscheint er uns rot. Ein anderer Körper macht dasselbe Experiment vielleicht mit den grünen Strahlen, ihn nennen wir grün, da von ihm aus nur grünes Licht in unser Auge fällt u. s. f. Ein schwarzer Körper hat die Fähigkeit, alle Strahlen zu verschlucken, es gelangt kein einziger Lichtstrahl in das Auge, und ein weißer Körper wirft alle Strahlen zurück, die, wie bekannt, in ihrer Gesamtheit den Eindruck Weiß hervorrufen.

Trotzdem wir nun mit dieser Wissenschaft ausgerüstet sind, wird immer noch folgendes Experiment einen verblüffenden Eindruck auf uns machen. Wir nehmen einen schmalen zinnoberroten

Papierstreifen und halten ihn in die roten Strahlen des Spektrums. Er leuchtet prächtig rot. Der gelbe Teil des Spektrums ist womöglich noch heller als der rote und veranlaßt uns, das Papier nach ihm herüber zu schieben. Aber was ist mit diesem nur geschehen? Es hat plötzlich alle Farbe verloren und sieht kohlschwarz aus, wie ein Stück schwarzer Sammet und verändert sich auch nicht im grünen und blauen Licht, nur im roten erhält es seine Leuchtkraft wieder. Eigentlich liegt die Erklärung auf der Hand. Ein Körper, den wir rot zu nennen pflegen, hat die Eigenschaft, allein die roten Strahlen zurückzuwerfen. In gelber, grüner, blauer Beleuchtung wirft er kein Licht zurück und erscheint daher schwarz. Wir sehen einen Körper immer nur dann und bezeichnen ihn als hell, wenn von ihm aus Lichtstrahlen irgend welcher Art in unser Auge gelangen. Wollten wir den Versuch mit einem grünen Streifen wiederholen, so würde dieser nur im grünen Licht hell, in jeder anderen Beleuchtung aber schwarz erscheinen. Orange ist aus Rot und Gelb gemischt, ein so gefärbter Streifen hat mithin die Eigenschaft, sowohl das Rot als auch das Gelb zurückzuwerfen. Er erscheint im roten Teile des Spektrums rot, im gelben gelb, in allen anderen schwarz. So kann man im Spektrum eine Farbe auf ihre Bestandteile hin untersuchen.

Es ist jedoch nicht unbedingt nötig, immer ein Spektrum für den Versuch zu haben. Wir wissen bereits, daß ein Glasröhrchen, mit seinem Ende in eine Weingeistflamme gehalten, durch Natriumverdampfung eine allein gelbe Beleuchtung hervorbringt. In ihr werden daher alle nicht gelben Körper schwarz erscheinen müssen und daher gewährt denn ein Blumenstrauß im Natriumlicht einen mehr als sonderbaren Anblick. Alle Farbe ist gewichen, die Blätter machen einen düsteren, uralten Eindruck, die roten, eben noch so frischen Rosen sind fast schwarz und nur die weißen und gelben Blumen leuchten hell. Wenn die Blätter, obgleich sie sonst grün erscheinen, doch nicht völlig schwarz werden, so liegt das an geringen gelben Farbenbestandteilen, welche sie neben den grünen enthalten. Die Gesichter der Umstehenden aber sehen wahrhaft schreckhaft aus. Jede Färbung ist aus ihnen gewichen. Das Wangenrot

ist verblüht, Lippen und Zahnfleisch sind aschfahl geworden und die Augen haben einen leeren, stieren Ausdruck angenommen. Es graut uns fast, in dieser Gesellschaft zu sein, und wie befreit atmen wir auf, wenn eine entzündete Kerze mit ihrem weißen Licht den Dingen Farbe und Leben wieder zurückgibt.

Einen Buchstaben in heller Beleuchtung verschwinden zu lassen. Dieser Versuch bedarf einiger Vorbereitungen, wenn man ihn mehreren zugleich zeigen will. Zunächst muß einmal das Zimmer völlig verdunkelt werden, bis auf eine etwa zwei Hände große Öffnung, zu der das helle Tageslicht hereinfällt. Diese Öffnung kann nacheinander mit einer blauen, grünen oder roten Glasscheibe bedeckt werden.

Zweitens muß man auf weißem Papier einen Buchstaben mit rotem Zinnober malen. Schreibpapier, besser aber noch ein Kartonstück von mattem Glanze, ist gut geeignet. Bringt man den Buchstaben in das verdunkelte Zimmer und läßt durch die Öffnung weißes Licht herein, so leuchtet der Buchstabe hellrot auf hellweißem Grunde. Das erscheint selbstverständlich, bedarf aber doch einer kurzen Erklärung. Der Untergrund erscheint weiß, weil er die Eigenschaft hat, sämtliche Farben zu reflektieren. Da weißes Licht auf ihn fällt, ist ihm hierzu Gelegenheit gegeben. Der Buchstabe dagegen reflektiert nur Rot, und da das weiße Licht Rot auch enthält, kann er auch rot erscheinen.

Nun schieben wir eine blaue Scheibe vor die Fensteröffnung und sofort zeigt sich eine Veränderung. Der Untergrund ist mit der Beleuchtung mitgegangen, er ist blau geworden, der Buchstabe aber hat seine rote Farbe verloren und erscheint schwarz. Unsere Leser werden um die Erklärung nicht verlegen sein. Der Untergrund kann Blau reflektieren, der Buchstabe nicht. Auch einer grünen Beleuchtung gegenüber verändert er sein Schwarz nicht, während der Untergrund grün wird. Um bei dem Wechsel der Scheiben nicht inzwischen durch weißes Licht gestört zu werden, deckt man die rote Scheibe über die grüne und zieht diese hinter der roten vorsichtig hervor. Nun ist das Zimmer hellrot er-

leuchtet. Wir erkennen deutlich jeden Gegenstand, jeden Stuhl, den Ofen, den Tisch, aber nach unserem Buchstaben suchen wir vergebens. Wo er gegessen hat, sehen wir nur noch ein hell erleuchtetes, leeres Papier. Auf jeden Unbefangenen muß dieses Experiment einen gewaltigen Eindruck machen, obgleich seine Erklärung im Grunde nicht schwerer ist als die der vorangegangenen Versuche auch. Der Untergrund hat die Fähigkeit, die auf ihn fallenden roten Strahlen zu reflektieren, der Buchstabe aber ebenfalls, daher erscheinen beide gleich hell, sind voneinander nicht zu unterscheiden und der Buchstabe ist scheinbar auf dem Untergrund nicht mehr vorhanden.

Zweierlei ist jedoch für das Gelingen des Versuches unbedingt nötig: ein wirklich gutes Zinnober, das nur rot ist und keinerlei Beimengung anderer Farben hat und Scheiben, die außer Grün, Blau und Rot nicht noch andere Strahlen hindurchlassen. Die rote Scheibe bekommt man noch am ehesten, sie darf nicht den geringsten Stich ins Bläuliche haben, schwerer schon die blaue, selten gut nur die grüne, welche fast immer auch etwas Rot hindurchläßt.

Man kann den roten Buchstaben auch auf schwarzen Sammetgrund malen. Dann ist er, wie sich unsere Leser selbst sagen können, nur in roter Beleuchtung zu sehen, in jeder anderen verschwunden.

Jede Verdunkelungsvorrichtung kann entbehrt werden, wenn man das Experiment nur für sich selbst anstellen will. Dann braucht man nur den Buchstaben in helles Licht zu rücken und ihn durch die bunten Gläser zu betrachten.

Ein leuchtender Springbrunnen. Auf Seite 305 sahen wir, daß ein schräg von Luft in Wasser übergehender Lichtstrahl im Wasser dem Einfallslot zu gebrochen wird und wurden uns darüber klar, daß auch der umgekehrte Strahlenweg vom Wasser in die Luft möglich sei. Freilich muß nun hier eine kleine Einschränkung gemacht werden. Während nämlich der Strahl von Luft in Wasser unter allen Umständen eintreten kann, kann der

aus dem Wasser kommende Strahl nicht immer in die Luft hinaus. Das ist nur der Fall, wenn der Winkel a (Fig. 79, A), unter dem der Strahl gegen die Trennungsfläche von Wasser und Luft tritt, nicht zu klein wird. Geschieht dies, wie in der Darstellung B, so tritt kein Licht in die Luft über, da die Trennungsfläche nun wie ein Spiegel wirkt und den Strahl nach den einfachen Spiegelgesetzen wieder in das Wasser zurückschickt. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man von unten schräg

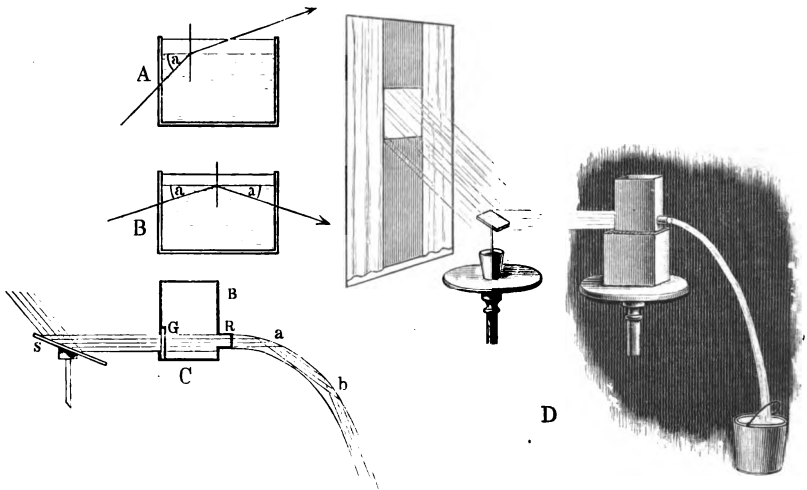


Fig. 79. Ein leuchtender Brunnen.

gegen die Wasseroberfläche eines Aquariums blickt, man sieht dann in dieser Fläche den Fußboden sich spiegeln. In einem solchen Fall spricht der Physiker von einer totalen Reflexion des Lichtes an der Trennungsfläche. Man kann sie kaum effektvoller zeigen als durch folgendes Experiment.

(Fig. 79, C und D.) Ein schräg durch das Fenster einfallendes Bündel Sonnenstrahlen wird durch einen Spiegel S horizontal nach einer dunkeln Ecke des Zimmers oder besser noch

nach einem finsternen Flur geworfen. Der Spiegel ist, um ihn den Sonnenstrahlen nachrücken zu können, nach unserem bewährten Rezept (Seite 309) mit Kork und Stab in einem Blumentopf befestigt. Es handelt sich darum, den Lichtstrahl in einen Wasserstrahl hineinzuleiten. Dazu wird eine große starkwandige Tee- oder Kaffeebüchse *B* an zwei gegenüberliegenden Seiten, nahe dem Boden, mit zwei Löchern versehen, von denen das eine, etwa 6 cm weite, mit einer Glasplatte *G* verschlossen wird und das andere, halb so große, einen Blechrohransatz *R* von einigen Zentimetern Länge erhält. Letzterer wird mit einem Kork verschlossen. Die Glasplatte kittet man am besten mit dem schon bekannten Wachskolophoniumkitt fest (Seite 273). Sie muß reichlich weit über den Rand greifen und keine Spur von Wasser darf sich beim Rittzen auf dem Blech befinden. Ist letzteres zu dünn, dann wird bei jeder Bewegung des Kastens die Scheibe wieder abplagen. Man verschmiere sie zur Sicherheit auch an ihrem Rande dick mit dem heiß aufgetragenen Kitt.

Ist so der Kasten fertiggestellt, dann gibt man ihm eine erhöhte Stellung auf einem Tisch, so daß der Lichtstrahl vom Fenster genau durch die Glasscheibe *G* und das Gefäß in die Blechtülle *R* fällt. Darauf füllt man es mit Wasser, das durch Milchzusatz etwas getrübt werden kann.

Sobald man den Stopfen öffnet, wird das Wasser in einem dicken zusammenhängenden Strahl in einen untergestellten Eimer fließen. Auch dem Licht wird ein Ausweg gebahnt, es tritt in den Wasserstrahl und trifft sehr bald, da es sich geradlinig fortpflanzt, der Strahl aber gekrümmt ist, bei *a* auf die Scheidegrenze von Wasser und Luft. Der Winkel, unter dem es dies tut, ist jedoch sehr klein und es tritt der Fall der völligen Zurückwerfung ein, d. h. die Grenzfläche wirkt wie ein Spiegel und leitet das Licht durch den Wasserstrahl nach *b*, wo sich dieselbe Erscheinung wiederholt. Es wird nach *c* reflektiert u. s. w. Man steht daher vor der bemerkenswerten Tatsache, daß ein einmal in dem Wasserstrahl gefangener Lichtstrahl denselben nicht wieder verlassen kann. Und der Erfolg? Die Lichtstrahlen erleuchten die

in dem Wasser dahinströmenden Milchteilchen und erwecken den Eindruck weißflüssigen, glühend dahinrauschenden Metalles. Man kann sich kaum einen schöneren Anblick denken, der noch erhöht wird durch Abspernung allen überflüssigen Lichtes im Zimmer und wenn man vor die Glasscheibe eine Sammellinse setzt, deren Brennpunkt in der Ausflußöffnung des Wassers liegt. Da das Wasser die Brennweite etwas vergrößert, ist eine Linse gerade recht, deren Brennweite in Luft zwei Drittel der Entfernung GK beträgt. Bunte, aber nicht zu dunkle Glasscheiben in den Gang der Strahlen gehalten, steigern die Wirkung ebenfalls. Das Licht zieht sich hinab bis zum Eimer, wo die letzten Spritzer noch wie Diamanten funkeln.

Man hat das Experiment ins Große übertragen und namentlich auf Ausstellungen gewaltige Springbrunnen mit innerer Erleuchtung der Wasserstrahlen aufgestellt. Der zoologische Garten in Berlin besitzt eine derartige fontaine lumineuse als dauernde Einrichtung. Sie übt besonders im Wechsel farbigen Lichtes auf den Beschauer einen magischen Zauber aus. Diese Fontänen sind verhältnismäßig neueren Datums. Früher beleuchtete man die Strahlen mit elektrischen Scheinwerfern von außen, wobei es allerdings nicht so leicht möglich war, die Lichtquelle geheimnisvoll zu verbergen. Dennoch wurden diese elektrischen Wunderfontänen vom schaulustigen Publikum weidlich angestaunt, nicht zum wenigsten wegen ihres wundervollen Namens. Man nannte einen solchen Brunnen nämlich eine Kaleidospintechromotrene.

Eine Fata Morgana über der heißen Herdplatte. Die Fee Morgana, nach der Sage die zauberkundige Stiefschwester des mythischen Königs Arthur, soll ihre Macht in allerhand irreführenden Luftspiegelungen gezeigt haben und noch heute zeigen. Was an der Fee Wahres ist, wissen wir nicht, mit den Luftspiegelungen aber hat es seine Richtigkeit. Sie lassen sich erklären aus den eben erörterten Gesetzen der Brechung und der totalen Reflexion.

(Fig. 80.) Über dem heißen Wüstenboden lagern sich ver-

schieden warme und darum auch verschieden dichte Luftschichten ab, die heißen zu unterst, die kälteren darüber. Fällt ein, etwa von einem Palmenwipfel ausgehender, Lichtstrahl (*b*) schräg auf diese Schichten, so wird er gerade so gebrochen — nur nicht so stark — als ginge er von Wasser in Luft über, also vom Einfallslote fort. Dadurch trifft er die nächsten Schichtengrenzen unter immer kleinerem Winkel und schließlich ist dieser einmal so klein

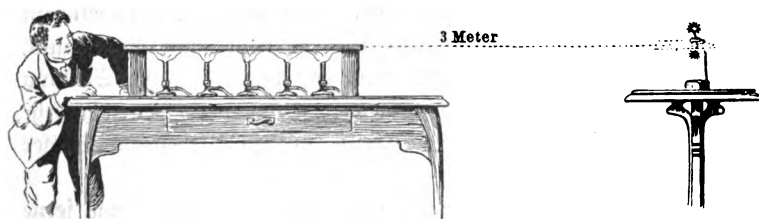
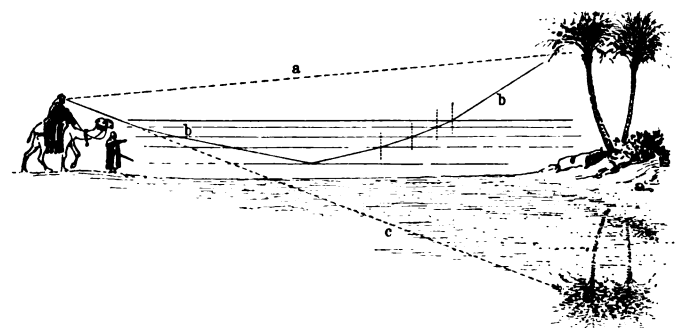


Fig. 80. Eine künstliche Fata Morgana.

geworden, daß es mit der Brechung nicht weiter geht und der Fall der totalen Reflexion eintritt. Die reflektierende Schicht wirkt dann wie ein Spiegel, in dem der Wüstenreiter ein umgekehrtes Bild der Palme sieht. Wo sollte sie sich wohl sonst spiegeln als im Wasser? Wasser, langentbehrtes und ersehntes Wasser zeigt sich. Hierig stürzen Menschen und Tiere auf die Tränke zu, um nichts zu finden, als den nackten heißen Wüsten-

boden. Wahrlich die Fee Morgana ist grausam. Der Araber freilich weiß von ihr ebenso wenig etwas, wie von einer Luftpiegelung, er nennt die äffende Erscheinung sehr bezeichnend „Sehrab“, d. h. „geheimnisvolles Wasser“.

Auf unserer Zeichnung sind die Verhältnisse insofern falsch dargestellt, als der Reiter sich viel zu nahe an der Palme befindet. Bei einem so steilen Winkel kann in Luftschichten unmöglich schon eine totale Reflexion stattfinden.

Und nun reisen wir sofort nach — der Küste, um die Fata Morgana zu sehen. Sie zeigt sich zwar auch hier, wie in der Wüste, nur selten und nur unter besonders günstigen Umständen, wird jedoch für den sehr aufmerksamen Beobachter bisweilen sichtbar, wenn er sich nämlich so weit langsam niederbeugt, daß sein Auge eben noch die Herdplatte, die in ihrer ganzen Ausdehnung sehr heiß, fast glühend sein muß, streift. Er kann dann bemerken, wie entfernte, in der Sehlinie liegende, sehr kleine Gegenstände (etwa kleine Stückchen Kreide, die in die richtige Höhe gebracht wurden) ein Spiegelbild unter sich zeigen. Der Verfasser benutzte für den Versuch eine 80 cm lange Eisenplatte (siehe die Abbildung), welche durch fünf Bunsenbrenner sehr stark erhitzt war. Das Objekt, ein kleiner, aus weißem Papier geschnittener, 2 cm hoher Palmbaum, befand sich in 3 m Entfernung von der Platte. Seine Stellung konnte in der Höhe verändert werden. Es erschien ein sehr deutliches Spiegelbild, dessen Umrisse wie in fließendem Wasser schwankten.

In der Ostsee kann man recht häufig beobachten, wie ferne Küstenstriche, etwas aus dem Wasser emporgehoben, scheinbar in der Luft schweben. Auch diese, von den deutschen Seefahrern „Kimmung“ genannte Erscheinung, beruht auf einer Brechung und Spiegelung des Lichtes in ungleich erwärmten Luftschichten.

Farbenspiele im Fernrohr. Dieser Paragraph wendet sich an die Besitzer kleiner Fernrohre, denen es ein leichtes ist, sich fast ohne Kosten den Anblick eines Farbenspieles von seltener Pracht zu verschaffen. Wie freilich das Phänomen zu stande

kommt, können wir unseren Lesern leider nicht auseinandersetzen, da hierzu ein gewisses Verständnis für mathematische Überlegungen und ein tieferes Eindringen in die Lehre vom Licht erforderlich ist. Durch langatmige und doch oberflächliche Erklärungen aber wollen wir ihnen die Freude an der schönen Erscheinung nicht verderben.

Man stellt das Fernrohr fest auf den Tisch und visiert mit ihm nach einem fernen, von der Sonne beleuchteten, glänzenden Gegenstande. In Ermangelung eines solchen kann man auch auf einen vor dem Fenster angebrachten, gut polierten Metallknopf oder eine glänzende Kugel vom Christbaum einstellen. Der strahlende Punkt muß den Beschauer förmlich blenden.

Vor das Objektiv des Fernrohrs passend, fertige man sich eine Anzahl Pappdeckel, schneide sie jedoch so weit rund aus, daß nur der Objektivrand, nicht aber die Linse bedeckt wird. Den Durchblick dürfen sie nicht behindern.

In den Deckelrand hinein klebt man runde Plättchen aus nicht zu dünnem Stanniol, aus denen man vorher auf einer Glasunterlage mit einem sehr scharfen Messer regelmäßig angeordnete, kleine Öffnungen (Fig. 81) herausgeschnitten hat. Es ist einem dabei ganz überlassen, die Öffnungen quadratisch oder schräg, groß oder klein zu machen, auch über ihre Anordnungen zu Sternen, Dreiecken und Kreisen wird keinerlei Vorschrift gemacht.

Bringt man ein derartiges Plättchen mit seinem Deckelring vor die vordere Öffnung des Fernrohrs und richtet dieses auf den glänzenden Punkt, so wird man überrascht sein, eine sternartige Figur aus den herrlichsten, leuchtendsten Regenbogenfarben zu erblicken, die mit jedem neuen Plättchen wechselt, immer aber gleich wunderbar ist.

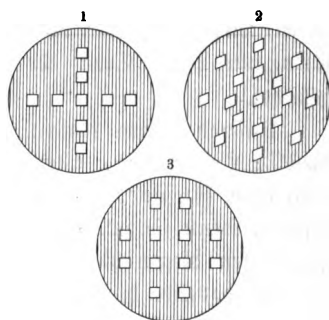


Fig. 81. Stanniolplättchen zu den Farbenspielen im Fernrohr.

Man hat das auf Seite 282 besprochene Spiegelinstrument ein Kaleidostop, einen „Schönseher“, genannt, im Vergleich jedoch mit den bunten, symmetrischen Erscheinungen im Fernrohr erscheint es ganz unbedeutend.

Die Anfertigung derartiger Stanniolscheiben erfordert einige Ruhe und Sorgfalt. Um sich Lust zu dieser Arbeit zu machen, kann man einen vorläufigen Versuch vornehmen, der gar keine Vorbereitungen erfordert. Man hält dann nur ein feines Drahtnetz oder einen engmaschigen Schleier aus Seidengaze vor das Objektiv und richtet das Rohr wiederum auf den entfernten, glänzenden Punkt. Die Erscheinung ist fast ebenso schön, nur ist der Stern der vielen Öffnungen wegen weniger ausgebildet.

Unseren Lesern wollen wir im Vertrauen mitteilen, daß sie dieselbe Erscheinung, allerdings nicht so ausgeprägt und schön, auch ohne Fernrohr oder alle sonstigen Vorrichtungen beobachten können, wenn sie nämlich des Abends durch die Poren eines aufgespannten Regenschirmes nach einer Laterne sehen. Auch hier zeigt sich dasselbe bunte, strahlige Farbenspiel, besonders bei Regenwetter. Da man sich zu dem Versuch den Regenschirm schließlich auch borgen kann, so ist er der billigste des ganzen Buches, denn er kostet gar nichts.

Durchsichtige Körper bunt erscheinen zu lassen, ohne sie zu färben. Und nun wollen wir gemeinsam einen Versuch anstellen, der ein ganz wunderbares und schier unbegreifliches Resultat liefert. Freilich überlegt sich der Verfasser, ob er ihn mitteilen soll, denn wiederum kann er es nicht wagen, seinen jungen Lesern für das, was er ihnen zeigt, auch eine Erklärung zu geben. Sie setzt nämlich physikalische Vorkenntnisse voraus, wie wir sie erst ganz allmählich durch den Besuch der höheren Lehranstalten erwerben. Doch ist ja jedes Naturereignis ein Wunder, bis der rastlose Menscheng Geist eine Lösung für das Rätsel gefunden hat, und es wäre verkehrt, darum einen Vorgang nicht auf sich wirken zu lassen, weil man im Augenblick keine

Erklärung für ihn bei der Hand hat. Nur der, der staunt und bemerkt, forscht auch.

Die Sache verhält sich nun so. Wir halten in den Händen ein dünnes Blättchen Glimmer, wie wir es uns leicht aus einem Lampengeschäft, das Glimmerzylinder führt, beschaffen können. Gegen das Licht gehalten, erscheint es völlig klar, und niemand wird, wie er es auch drehen und wenden mag, eine Farbe an ihm erkennen. Wir wetten nun, im Stande zu sein, für irgend einen

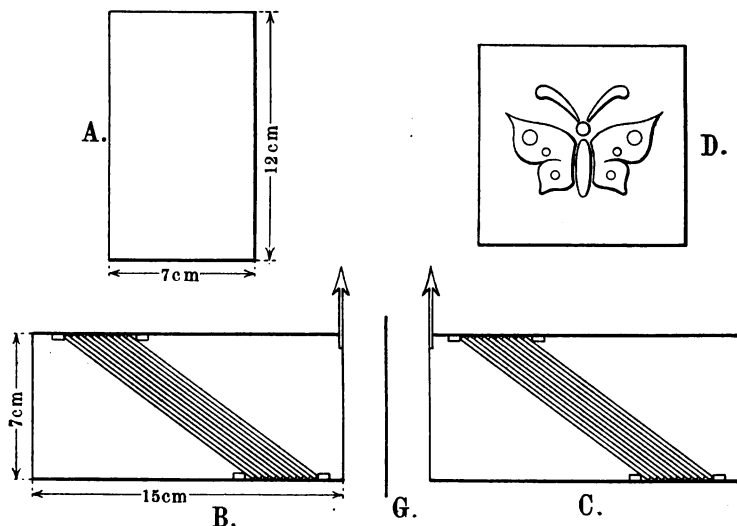


Fig. 82. Vorrichtung, um farblose Glimmerstücke bunt erscheinen zu lassen.

Beobachter das Blättchen in den herrlichsten Farben prangend erscheinen zu lassen, während ein anderer zu gleicher Zeit an ihm auch nicht die leiseste Spur einer Färbung zu bemerken vermag. Das ist doch noch eine Wette! aber keine Furcht, wir werden sie nicht verlieren. Freilich bedarf es einiger Vorbereitungen.

Abbildung 82 zeigt alles, was wir brauchen. Wir verfertigen uns zunächst zwei Kästen von starker Pappe, B und C, 15 cm lang

und eine Kleinigkeit mehr als 7 cm hoch und breit, also von der Seite gesehen quadratisch. An beiden Seiten jedoch bleiben die beiden Kästen offen, so daß man in der Längsrichtung durch sie hindurchblicken kann. Soll der Versuch gut gelingen, so müssen die Kästen im Innern geschwärzt werden, was mit einer aus Kiencruß und Weimwasser hergestellten Farbe leicht geschieht; auch kann man sie mit stumpfem, schwarzem Papier überziehen.

Inzwischen haben wir uns vom Glaser in recht genauen Maßen einige Glasscheiben schneiden lassen, 7 cm breit und 12 cm hoch (A). Sie sind nicht teuer, und sechs solcher Platten reichen schon für unseren Versuch aus, auch ist es nicht gerade nötig, Spiegelglas zu verwenden; gutes, ebenes, blasenfreies Glas genügt, nur stellen wir als Bedingung, daß es möglichst dünn sei. Erlauben es uns unsere Mittel, 12 oder gar 20 Platten anzuschaffen, so wird das Experiment freilich um vieles schöner.

Die Glasplatten werden auf beiden Seiten sorgfältig gepußt, aufeinandergelegt und so in die Kästen gebracht, daß in jeden derselben die gleiche Anzahl kommt. Da sie höher sind als breit, die Kästen aber quadratisch, so kann man sie in diesen nicht ganz aufrichten. Die Glasplatten kommen daher in eine geneigte Lage, in der sie durch vorgeleimte Pappstreifen befestigt werden, wie es die Figur deutlich zeigt. Nun sind wir eigentlich mit den Vorbereitungen fertig. Befestigen wir auf den Papphüllen in aufrechter Stellung zwei kleine Pfeile aus Holz oder Pappe, so erleichtern wir dadurch den Gebrauch der kleinen Vorrichtung.

Mit diesen unter einem bestimmten Winkel angebrachten Glasplattenfäßen hat es nun eine ganz sonderbare Bewandnis. Sie zeigen eine Erscheinung, die wie ein Wunder anmutet. Wir halten den ersten Kasten gegen das Fenster und können natürlich durch ihn hindurchsehen, wie wir ihn auch drehen mögen, ebenso selbstverständlich auch durch die Glasplatten des anderen Kastens. Nun wollen wir einmal beide Kästen hintereinander stellen, so wie die Figur es zeigt, daß nämlich beide Glasplattenfäße in der gleichen Richtung geneigt sind und die beiden Pfeile nach oben zeigen. (Wohlverstanden also, immer so, daß die beiden

Rästen vor dem Auge eine gerade Richtung miteinander bilden.) Wir sehen anstandslos auch durch die beiden Rasten hindurch, wenn schon natürlich das Licht durch die größere Anzahl von Glasplatten eine Wenigkeit getrübt erscheint. Nun drehen wir den einen der Rasten — es ist gleich welchen — um 90° herum, so daß beide zwar noch eine Richtung bilden, die Pfeile aber gekreuzt sind. Jetzt trauen wir unseren Augen nicht. Obgleich doch beide Rasten nur Glas enthalten und obgleich wir durch jeden derselben einzeln frei hindurchsehen können, vermögen wir es nicht mehr bei beiden Rasten, wenn die Pfeile gekreuzt sind. Drehen wir wieder zurück, so wird auch sofort der Durchguck wieder frei. Enthalten die Rasten nur wenige Platten, so ist zwar das Durchsehen bei gekreuzten Pfeilen nicht ganz unmöglich, aber doch sehr erschwert.

Doch damit noch nicht genug! Wir stellen die Kästchen vor das Fenster auf einen kleinen Tisch, genau in eine Richtung hintereinander und so, daß die Pfeile sich kreuzen, also der Durchguck nicht möglich ist. Dann halten wir die Glimmerplatte zwischen beide Rasten, so wie es die Abbildung bei G zeigt, und — nun können wir mit einem Schlage wieder durch beide Rasten hindurchsehen! Hat die Glimmerplatte außerdem gerade die richtige Dicke — wir können sie leicht durch Aufspalten mit dem Taschenmesser dünner machen — so erstrahlt sie in einer prachtvollen Färbung, purpur, gelb, grün, blau, violett, und natürlich nur für den Beobachter, der unsere wunderbare Vorrichtung benutzt, für jeden anderen ist das Blättchen unscheinbar und farblos. Der gute Freund wird die Wette verloren geben, aber gern bereit sein, mit uns noch einige andere Versuche anzustellen.

Wir haben sehr bald heraus, daß die Färbung des Glimmers von seiner Dicke abhängt. Denn wenn das Stück ungleich dick ist, erscheint es gleichzeitig in vielen Farben. Darauf gründeten wir ein anmutiges Experiment. Wir spalten unser Glimmerstück in mehrere Tafeln und schneiden mit der Schere aus einer derselben irgend eine Figur, z. B. einen Schmetterling, aus. Eine Glasplatte, etwa so groß wie die Öffnung der Rasten, dient als

Unterlage für ihn, als Befeigungsmittel verwenden wir klaren Gummi arabicum. Durch Aufkleben weiterer Lagen sorgen wir ferner dafür, daß nicht alle Teile der Figur gleich stark sind, daß z. B. die Flügel aus einer Lage, Körper, Kopf und Fühler aus zwei Lagen, die auf die Flügel aufgesetzten Verzierungen im ganzen aus drei Lagen bestehen. Halten wir nun das an und für sich ganz farblose Gebilde zwischen die Kästen und schauen hindurch, so erblicken wir auf dunklem Grunde einen Schmetterling in den herrlichsten Farben, vorausgesetzt allerdings, daß die Gesamtstärke der Schichten nicht zu groß ist und am besten noch nicht einen Millimeter beträgt (Fig. 82, D).

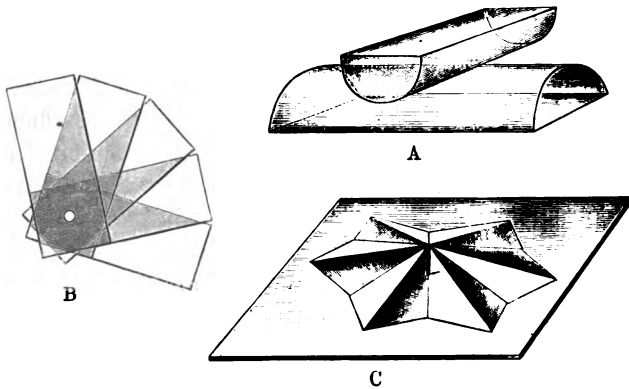


Fig. 83. Glimmerfiguren.

Drehen wir jetzt die Kästen wieder so, daß die Pfeile beide aufrecht stehen, so wollen wir wieder unseren Augen nicht trauen. Der Schmetterling ist ein ganz anderer geworden, alle Farben haben sich verändert, waren die Flügel früher etwa blau, so sind sie nun gelb, war der Flügelschmuck grün, so ist er nun rot u. s. f. Auch zeigt sich der Schmetterling auf hellem Grunde. Ganz entzückend wird der Anblick, wenn man vor den Schmetterling noch eine ganz dünne Glimmerplatte hält, die dann im Augenblick alle seine Farben verändert. Dreht man aber die Platte

langsam, so gehen die Farben allmählich in andere über und ihr Spiel wird hundertfältig.

Selbsterständlich sind unserer Phantasie und unserer Schaffensfreudigkeit nun gar keine Grenzen gesteckt. Wir können uns alle möglichen Figuren ausdenken und sie so prächtig verzieren, wie wir nur wollen. Ganz besonders schön macht sich ein Blumenstrauß, auch seien hier noch kurz einige Winke zur Bildung solcher Figuren gegeben. Eine reizende Farbenercheinung in Gestalt eines von farbigen Streifen durchsetzten Kreuzes erhält man, wenn man aus dünnen Glimmerplatten zwei Halbzylinder klebt, in Gestalt und Abmessung wie es Fig. 83, A angibt. Man bringt sie in gekreuzter Stellung zwischen die Pappröhren. Ein schöner Effekt wird auch durch Anfertigung eines Fächerkreises aus Glimmer erhalten (Fig. 83, B). Etwas mühsamer herzustellen, aber in der Wirkung sehr eindrucksvoll ist ein flach erhabener Stern mit sechs Ecken (Fig. 83, C). Er wird auf eine Glasplatte geklebt und die Mitte durch ein leichtes Hölzchen unterstützt. Vorteilhafter ist es, sich erst ein Papiermodell anzufertigen und danach die Glimmertteile zu schneiden.

Die eben angeführten Versuche sind für die Wissenschaft von größter Bedeutung geworden. Wir werden uns an sie erinnern, wenn uns später einmal von den großen Entdeckungen erzählt wird, die die Gelehrten durch sie über die Natur des Lichtes gemacht haben.

Mit Hilfe der Glasplattensäge zu erkennen, ob in einem Glase Wasser Zucker aufgelöst ist. Unsere Glasplatten sind in der That wahre Zauberkünstler. Nun sollen sie uns gar dazu dienen, einem Glase Wasser seinen Gehalt an Zucker anzusehen, was doch gewiß nicht so ohne weiteres gelingt, wenn die Zuckерlösung völlig klar ist. Dieses Experiment gründet sich nun auf die Fähigkeit des Zuckers, mit dem Licht, das durch den ersten Pappkasten hindurchgegangen ist, eine ähnliche Veränderung vorzunehmen wie der Glimmer, so zwar, daß es dann auch durch den zweiten Pappkasten hindurch kann, selbst wenn die Pfeile

gekreuzt stehen. Mit anderen Worten: Ein Glas mit gewöhnlichem Wasser zwischen die gekreuzten Rasten gebracht, ändert nichts an der Dunkelheit, eine Zuckertlösung dagegen läßt Licht hindurchtreten. Bedingung für das Gelingen dieser Versuche ist, daß die Rasten gegen helles Licht (Fenster) gerichtet werden und daß die Zuckertlösung nicht zu schwach sei.

Es ist selbstverständlich, daß man auf diese Erscheinung viele Scherze gründen kann, wichtiger ist aber, daß wir in diesem einfachen Apparat eine der segensreichsten Vorrichtungen vor uns haben, deren sich der Arzt bedient. Wir haben alle von der Zuckerkrankheit und ihren armen Opfern gehört, wir wissen aber auch, daß sie heilbar ist, wenn sie in ihren ersten Anfängen schon erkannt werden kann. Unser Apparat ist sehr einfach und roh und es bedarf schon starker Lösungen, um eine Wirkung hervorzubringen, in verbesserter Form aber, wie ihn der Mechaniker als Saccharimeter anfertigt, gehört er zu den feinsten Mitteln, mit denen man auch die geringsten Spuren von Zucker in den Ausscheidungen der Kranken nachweisen kann.

Optische Täuschungen.

Optischen Täuschungen sind wir schon mehrfach in diesem Buche begegnet, denn genau betrachtet ist ja, wenn auch nicht jedes Spiegelbild, so doch jedenfalls jedes von einem Hohlspiegel entworfene, reelle Bild eine Täuschung. Das Verschwinden des roten Buchstabens (auf Seite 318) und ganz sicher die Fata Morgana könnte man ebenfalls eine optische Täuschung nennen.

Wenn wir trotzdem den optischen Täuschungen noch einen besonderen Abschnitt widmen, so geschieht es, weil die Fülle der Täuschungen mit den angeführten Beispielen noch bei weitem nicht erschöpft ist.

Am leichtesten wohl unterliegt das Auge den Raumtäuschungen, bei denen es durch irgend welche Nebenumstände das Urteil über die wahre Entfernung zweier Gegenstände voneinander verliert. Wir erwähnten einer derartigen Täuschung bereits auf Seite 140 des Buches, wo wir daran erinnerten, daß ein winziges Fleckchen an der Fensterscheibe oft wie ein riesenhaftes Gebilde erscheinen kann, wenn falsche Entfernungsschätzung es an den Himmel verlegt. Einer ähnlichen Erscheinung sieht sich bisweilen der Wanderer im Gebirge gegenüber.

Wenn des Morgens oder Abends Nebelwände sich aus den feuchten Tälern erheben, bemerkt er plötzlich im Nebel eine riesenhafte Schatten-gestalt vor sich, die etwas Schreckhaftes an sich hat und von Leuten, die ihr im Harz begegneten, mit dem Namen „Brocchengespenst“ belegt wurde.

Dieses Gespenst erweist sich aber als der harmlose Schatten des Wanderers, den die tiefstehende Sonne auf die Nebelwand wirft, denn es macht alle Bewegungen mit, hebt den Bergstock und nickt mit dem Kopf. Bedrohlich wirkt nur die riesige Größe des Gebildes, und gerade diese ist eine optische Täuschung. Wie groß ist es denn wohl in Wahrheit? Darüber kann man sich leicht klar werden. Man stelle irgend

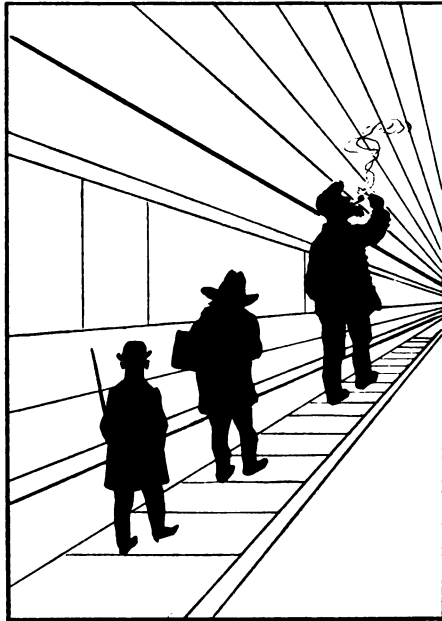


Fig. 84. Perspektivische Täuschung.

einen Gegenstand vor einer Wand auf und entwerfe von ihm durch ein Licht einen Schatten. Dieser ist in seiner Größe sehr veränderlich. Er ist größer als der Gegenstand, wenn sich das Licht nahe bei diesem befindet, er nähert sich immer mehr der Größe des Gegenstandes selbst, wenn das Licht weiter und weiter zurücktritt. Er wird praktisch genommen ebenso groß, wie der Gegenstand, wenn sich das Licht in sehr großer Entfernung befindet.

Im Falle des „Brocengespensies“ ist die Sonne das Licht und für unsere Begriffe unendlich weit entfernt. Der Schatten kann also nicht größer sein als der Wanderer selbst. Und woher nun die Täuschung? Eine Überschätzung des Raumes, weiter nichts. Man glaubt das Schattenbild in sehr großer Entfernung, während es in Wahrheit gar nicht weit ist, derselbe Irrtum also, der den Fleck an der Fensterscheibe so groß erscheinen ließ.

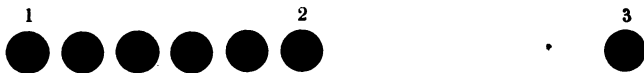


Fig. 85. Raumtäuschung.

Noch deutlicher tritt dieselbe Täuschung hervor bei Betrachtung der Fig. 84 (a. v. S.). Es sind auf ihr drei Menschen abgebildet, der eine links unten, der andere rechts oben, der dritte zwischen beiden. Man kann sich bei ihrer Betrachtung eines Rächels nicht erwehren, denn nur der mittellste macht einen normalen Eindruck, der erste sieht aus wie ein Zwerg, der andere wie ein ungeschlachter Riese. Der Zirkel beweist jedoch, daß sie einander völlig gleich sind und die optische Täuschung wird offenbar durch das sonstige Beiwerk an Linien hervorgerufen. Man hat diese mit Absicht von allen Seiten her nach einem Punkt verlaufen lassen und dadurch den Eindruck hervorgerufen, als handele es sich um eine Art Bild, und die drei Personen ständen nicht neben, sondern hintereinander, etwa auf dem Bürgersteig einer Straße. Es erscheint dann die in größere Entfernung versetzte Figur, gerade wie das Brocengespensie, viel zu groß. Daß wirklich diese Täuschung nur eine perspektivische ist, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn

man die drei Figuren erst ohne und dann mit den schrägen Linien zeichnet. Die Täuschung tritt nur im zweiten Falle ein.

Im allgemeinen kann man sagen, daß ein mit Gegenständen angefüllter Raum größer erscheint als ein leerer. Betrachten wir die drei Kugeln 1, 2 und 3 in Fig. 85, so wird man sich darüber klar sein, daß sie voneinander gleich weit entfernt sind. Doch das ist eine Täuschung, der Zirkel zeigt uns die Entfernung zwischen 1 und 2 bedeutend kleiner als die zwischen 2 und 3. Sie erscheint aber größer als sie ist, weil der Raum zwischen 1 und 2

11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31

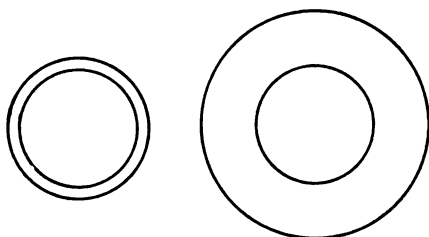


Fig. 86. Optische Täuschung an Kreisen.

mit Gegenständen, ebenfalls Kugeln, ausgefüllt ist. Eine ähnliche und derselben Erklärung zugängliche Erscheinung bemerkte der Verfasser, als er gelegentlich einen Kalender durchblätterte. Ein Teil desselben ist obenstehend abgedruckt. Man sieht einige Zahlenreihen durch horizontale Striche abgeteilt. Diese scheinen, obgleich sie an allen Stellen gleich dick sind, doch nach rechts hin dünner zu werden, da hier die Zahlen — als den Raum ausfüllende Gegenstände — auf sie eindringen.

Derartigen Täuschungen unterliegt man oft auch in freier Natur. Wenn die Sonne sich zum Horizont herabsenkt, scheint

sie immer größer und größer zu werden, weil sie sich dann für unser Auge irdischen Gegenständen nähert, fernen Häusern und Bäumen, an denen wir ihren Durchmesser abschätzen können. Man ist oft erstaunt, den Mond hoch am Himmel so klein wiederzusehen, der noch bei seinem Aufgang so riesenhaft erschien.

Sonderbar genug ist auch die Tatsache, daß man durch irgend eine falsche Vorstellung, über die man sich gar nicht einmal Rechenschaft zu geben braucht, solchen Raumtäuschungen ausgesetzt ist. Fig. 86 (a. v. S.) zeigt zwei konzentrische Kreispaare nebeneinander. Wir betrachten nur die beiden inneren Kreise. Welcher ist wohl der größere, der linke oder rechte? Man wird ohne Bedenken antworten, der linke, aber mit Unrecht, sie sind beide gleich groß. Man kann sich aber dem Eindruck nicht entziehen, es mit zwei ungleich starken Ringen oder mit dem Querschnitt durch Röhren verschiedener Wandstärke zu tun zu haben. Mit dieser Vorstellung lastet gleichsam auf dem rechten inneren Kreise, ihn für unser Gefühl und dann auch für unser Auge scheinbar zusammendrückend, eine größere Masse als auf dem linken, der darum weniger zusammengedrückt erscheint. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser scheinbar sehr kühnen Behauptung ist die Tatsache, daß die Erscheinung durch Schraffierung der Ringe noch deutlicher hervortritt.

Richtungstäuschungen. Wenn zwei Richtungen im Bilde der Landschaft bevorzugt erscheinen, so sind es sicherlich die wagerechte und die senkrechte. Welche von beiden die bevorzugte ist, kann man schwer sagen, wahrscheinlich sind die horizontalen Linien, wenn auch nicht an Zahl, so doch an Ausdehnung den senkrechten überlegen. Ganz sicher aber scheinen wir über sie besser unterrichtet, schon durch die Gewohnheit, von links nach rechts zu schreiben und zu lesen. Allmählich hat man sich dadurch ein recht sicheres Urteil über die Länge horizontaler Gebilde erworben. Vertikalen Linien gegenüber kommt man jedoch in einige Verlegenheit, man ist zum mindesten unsicher, meistens aber überschätzt man ihre Länge. Man betrachte nur einmal die Fig. 87,

welche zwei Linien, eine horizontale und eine vertikale, zugleich zeigt. Wenn man schätzen sollte, so würde man die vertikale Linie für etwa ein Drittel länger halten als die wagerechte, sie sind jedoch gleich lang. Es ist ergötzlich zu sehen, wie groß oft das Maß der Täuschung ist. Fast jeder kennt den berühmten Versuch mit dem Zylinderhut. Man bittet jemand, der womöglich selbst einen Zylinder trägt und eigentlich über ihn unterrichtet sein sollte, dessen Höhe an der Wand, vom Fußboden aus messend, mit der flachen Hand anzugeben. Auf die Bitte, sich nicht zu täuschen,

pflegt er meist der Höhe noch etwas zuzulegen. Um so größer ist dann das Erstaunen, wenn der untergestellte Zylinder selbst bemerkt, wie gewaltig seine Höhe überschätzt worden ist. Es handelt sich oft um den doppelten Betrag. Infolge derselben Täuschung pflegt ein aus freier Hand gezeichnetes Quadrat meist zu niedrig auszufallen.

Vielleicht ist es auch nicht ausgeschlossen, daß der horizontale Raum überschätzt wird, besonders, wenn auf der Zeichnung noch

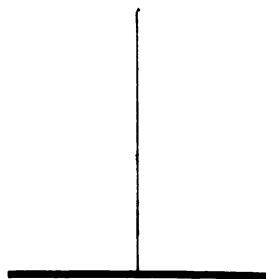


Fig. 87. Optische Täuschung an senkrecht aufeinander stehenden Linien.

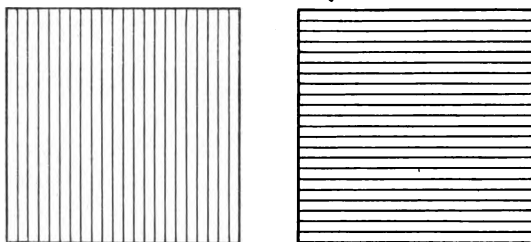


Fig. 88. Optische Täuschung an Quadraten.

horizontales Linienwerk vorhanden ist. So bei den beiden Quadraten Fig. 88, von denen das rechte breiter erscheint. Daher tragen auch Damen, die schlanker erscheinen wollen, nicht ohne

Erfolg längsgestreifte Kleider. Liniengutaten, die nicht zu dem zu schätzenden Objekt gehören, führen fast stets das Urteil irre.

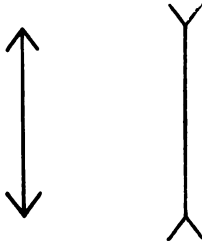


Fig. 89.
Täuschung an Pfeilen.

Zwei ganz gleich lange Linien, Fig. 89, sind an ihren Enden mit verschieden gerichteten Fortsätzen versehen. Durch diese unscheinbare Zutat allein erscheint die rechte Linie um ein bedeutendes verlängert. Fig. 90 stellt eine ganz ähnliche Erscheinung dar, hervorgerufen durch schräge Schraffierung. Man hat deutlich den Eindruck, als liefen die beiden Linienbänder nach rechts hin auseinander. Fast noch deutlicher zeigt sich die Erscheinung auf Fig. 91. Die wagerecht verlaufenden Linien sind vollkommen gerade und einander parallel. Aber, auch wenn man sich hiervon mit einem Lineal



Fig. 90. Streifentäuschung.

überzeugt hat, kann man den Eindruck durchaus nicht los werden, als seien sie in der Mitte geknickt und liefen mit den Enden

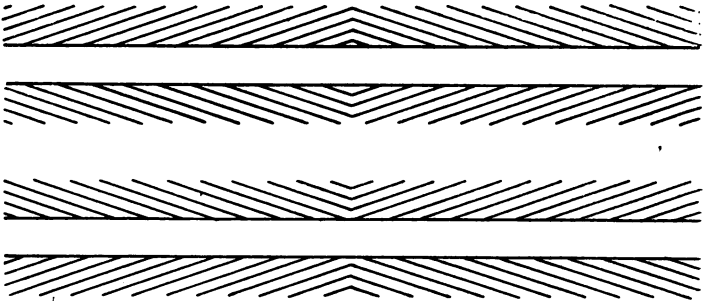


Fig. 91. Streifentäuschung.

aufeinander zu oder auseinander. Zu allen Zeiten haben die Baumeister derartige optische Täuschungen, welche gerade Linien krumm

erscheinen ließen, bei ihren Bauwerken lästig empfunden, aber sie fanden auch meist einen Ausweg, indem sie sich sagten, daß es unter Umständen besser sei, einen Balken krumm zu machen, als ihn krumm erscheinen zu lassen. Man findet daher den Balken über den Säulen der Giebelfront antiker Gebäude oftmals schwach nach oben gewölbt, um ihn gerade aussehender zu machen. Hätte man ihn schnurgerade gelegt, so würde er unter den schrägen Linien des Giebels in der Mitte nach unten einen Knick gezeigt haben.

Sollten sich unsere Leser vielleicht entscheiden können, welche der beiden unter dem schwarzen Balken (Fig. 92) sichtbaren Linien die Fortsetzung der oberen ist? Sie werden zum mindesten im

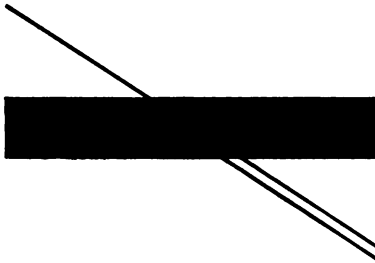


Fig. 92.
Richtungstäuschung.

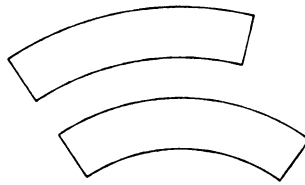


Fig. 93.
Täuschung an Ringstücken.

Zweifel sein, dann aber sich aufs Mäßen verlegen und sicherlich die falsche wählen.

Ebenso kurios ist die Täuschung Fig. 93. Zwei Ringstücke sind übereinander gezeichnet und beide ganz gleich groß, das untere jedoch erscheint bedeutend länger. Der Beschauer merkt hier kaum, daß man ihn überlistet hat. Man mutet ihm zu, die Länge zweier Linien abzuschätzen, deren Anfänge man, wie leicht einzusehen ist, gar nicht untereinander gebracht hat. Der wahre Sachverhalt wird dadurch verschleiert, daß die seitlich abschneidenden Linien bei der verschobenen Lage der Ringstücke gerade in dieselbe Richtung kommen.

Bewegungstäuschungen. Deren gibt es nun eine ganze Menge. Wer hat nicht schon einmal von einer Brücke ins Wasser gesehen und sich schließlich eingebildet, die feste Brücke führe mit ihm gegen den Strom. Wer hat nicht schon einmal geglaubt, das Fallen eines hohen Fabrikshornsteines wahrzunehmen, und doch waren es nur darüber hinwegeilende Wolken, die diese Erscheinung hervorriefen. Sie richten aber wirklich zuweilen Unheil an. Wer als Hans Guckindieluft, auf Schlittschuhen stehend, die über ihn ziehenden Wolken eine Weile ansieht, wird plötzlich fallen. Denn er hat bald den Eindruck, als ständen die Wolken und er selbst fielen. Um diesem vermeintlichen Sturz zu

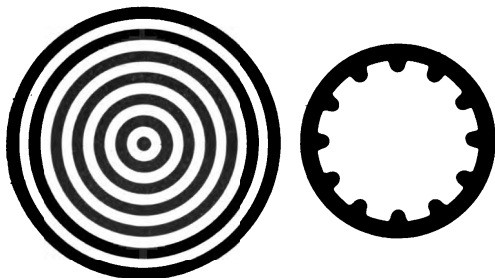


Fig. 94. Bewegungstäuschung.

begegnen, führt er dann eine Bewegung aus, die ihn — den in Wahrheit gerade stehenden — niederstreckt. Je weniger er sich dabei über das Wesen der Bewegungen selbst anderweit unter-

richten kann, desto mächtiger ist die Täuschung. Sie ist beim Eisenbahnwagen der still zu stehen scheint, während die Felder laufen, nicht allzu eindrucksvoll und nachhaltig, da das Mütteln des Wagens sehr bald zeigt, wer der sich bewegende Teil ist. Schwerer ist schon diese Rechenenschaft bei der angeblich fahrenden Brücke, da beiderseits die mechanischen oder akustischen Merkmale der Bewegung fehlen. Aus eben diesem Grunde ist auch eine optische Täuschung so gewaltig, der von Tag zu Tag immer wieder, trotz besseren Wissens, alle Menschen unterliegen. Wir denken an die scheinbare Bewegung der Sonne und der Gestirne um den Erdball.

Scheinbar umlaufende Kreise und Zahnräder. Eine Anzahl der sonderbarsten Bewegungstäuschungen hat der bekannte

englische Physiker und Elektriker S. P. Thompson angegeben. Sie sind in den Figuren 94 und 95 nachgebildet. Ihre Erklärung würde uns hier zu weit führen, nur so viel sei gesagt, daß das Unvermögen der Augen, schnellen Bewegungen zu folgen, die Erscheinung begünstigt.

Man sieht auf der Figur 94 eine Anzahl konzentrischer Kreise, deren Abstand voneinander ebenso groß ist, wie ihre Linienstärke. Führen nun unsere jungen Leser mit dem Buch, dabei die Figur aufmerksam betrachtend, eine geringe kreisförmige Bewegung aus, so beginnen sofort die Kreise herumzulaufen und zwar im Sinne der Bewegung. Anders verhält sich der rechte, mit einwärts gerichteten Zähnen versehene Kreis. Er läuft der Bewegung scheinbar entgegen. Eine Verbindung beider Erscheinungen stellt sich in Fig. 95 dar. Sechs konzentrische Kreise umlagern ein Zahnrad. Die Täuschung ist hier ganz besonders auffällig. Während die Kreise deutlich nach rechts umlaufen, zeigt gleichzeitig das Zahnrad eine unverkennbare Umdrehungsbewegung nach links.



Fig. 95. Scheinbar rechts laufende Kreise und links laufendes Zahnrad.

Eine andere, womöglich noch überraschendere Bewegungstäuschung läßt sich mit Hilfe der Poggendorffschen Scheibe zeigen. Es ist dies eine etwa 20 cm im Durchmesser haltende Pappscheibe, Fig. 96 (S. 343), auf der sich drei Reihen von Punkten in gleichen Abständen befinden. Der innere Kreis enthält 8, der mittlere 9, der äußere 10 Punkte. Man steckt die Scheibe auf einen Kreisel — unser akustischer Kreisel von Seite 157 eignet sich ganz besonders dazu — und setzt sie nicht allzu rasch in Umdrehung. Der Kreisel sollte groß und schwer genug sein, um eine Zeitlang gleichmäßig zu laufen. Sofort verschwimmen die Punkte zu drei

konzentrischen matten Kreisen. Inzwischen hat man eine Postkarte in der Mitte mit einem etwa halbfingerbreiten und langen Schlitze versehen und bewegt diesen, nach der Scheibe blickend, rasch vor dem Auge hin und her. Sofort werden wieder Punkte auf der Scheibe sichtbar, die in sonderbarer Bewegung zu sein scheinen. Bald laufen sie vorwärts, bald rückwärts, bisweilen scheint sogar eine Reihe, etwa die mittlere, völlig still zu stehen, während dann gleichzeitig die äußere Reihe rechts herum, die innere links herum zu laufen scheint. Und doch läuft die Scheibe mit langsam abnehmender Geschwindigkeit immer in demselben Sinne. Unsere Leser werden dieser Erscheinung ratlos gegenüberstehen, obgleich bei einigem Nachdenken ihre Erklärung gar nicht so schwer ist.

Stellen wir uns einmal vor, wir drehen die Scheibe in einer finsternen Gewitternacht. Plötzlich wird sie von einem Blitz erhellt. Zweifellos würden wir trotz schnellster Bewegung Punkte auf ihr sehen. Denn ein Blitzschlag dauert so kurze Zeit an — er ist noch weit kürzer als er scheint —, daß man sagen kann, die Scheibe habe sich während der Zeit ihrer Erleuchtung praktisch so gut wie nicht gedreht. Die Punkte müssen daher völlig scharf und voneinander getrennt erscheinen. Nehmen wir nun weiter an, es folgten derartige Erleuchtungen einander schnell in regelmäßigen Zwischenräumen, so könnte ja zufällig ihr Tempo und dasjenige der Scheibe so übereinstimmen, daß, was etwa die mittlere Punktreihe anbelangt, gerade bei der nächsten Beleuchtung der folgende Punkt immer an die Stelle seines Vorgängers gerückt ist. Man würde mithin immer wieder an demselben Fleck einen Punkt sehen und glauben — da ein Punkt dem anderen völlig gleicht — es immer mit demselben Punkt zu tun zu haben. So steht denn diese Reihe scheinbar still. Das ist das ganze Geheimnis. Bei unserem Kreiserversuch sind die blitzartigen Beleuchtungen ersetzt durch den zeitweisen Anblick der Scheibe durch den Schlitz. Ob eine der Reihen stehen soll, hängt also ab von der Geschwindigkeit des Kreisels und derjenigen des Schlitzes. Wenn der Kiesel nicht mehr zu schnell läuft, wird man leicht die mittlere Reihe zur Ruhe bekommen. Aber die anderen Reihen,

von denen dann die äußere rechts, die innere links herum lief — werden unsere Freunde fragen —, wie ist es denn mit diesen? Nur Geduld! Die äußere Reihe enthält einen Punkt mehr, die innere einen Punkt weniger als die mittlere. Deshalb hat in der einen Reihe jeder Punkt beim Sichtbarwerden den Platz seines Vorgängers etwas überholt und ist auf der anderen Reihe gegen ihn zurückgeblieben, und so scheint denn die eine Punktreihe sich langsam vorwärts zu schieben, während die andere sich ebenso langsam rückwärts bewegt.

Um das interessante Experiment einem größeren Zuschauerkreise vorzuführen, kann man sehr verschieden verfahren, doch dürften für unsere Leser nur folgende beiden Methoden in Frage kommen. Man blendet eine Laterne oder eine Lampe ab bis auf ein kleines Loch, durch welches das Licht auf die sich drehende Scheibe fällt. Vor diesem Loch bewegt man den Spalt hin und her, und der Erfolg bleibt nicht aus. Die zweite Methode ist nicht so einfach, sie erfordert eine Geißleröhre und einen kleinen Induktionsapparat, wie man dergleichen bisweilen zu Weihnachten geschenkt bekommt. Das Licht der Geißler-

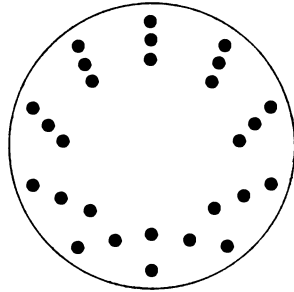


Fig. 96. Poggendorffs Scheibe.

röhre sieht völlig gleichförmig aus, ist es aber keineswegs, sondern besteht aus einer Anzahl von Lichtstäßen, die einander nur so schnell folgen, daß sie das Auge einzeln nicht mehr voneinander zu unterscheiden vermag. In der Beleuchtung eines Geißlerrohres sieht man die Punktreihen mit größter Schärfe, und man könnte sagen, daß uns diese optische Erscheinung erst über die wahre Natur des Lichtes aufgeklärt hat. So wird aus der unscheinbaren optischen Spielerei ein Vorgang von ernster, wissenschaftlicher Bedeutung.

Der Schnellseher, in neuester Zeit auch Kinematograph, Biograph, Mutoskop u. f. f. genannt, beruht genau auf der gleichen

Erscheinung, und wir hätten auf die Erörterung der Poggendorffschen Scheibe nicht so viel Zeit und Platz verwendet, wenn wir nicht glaubten, damit auch den Schnellseher so gut wie ganz erklärt zu haben. Einen Satz heben wir an dieser Stelle noch einmal besonders hervor, er lautete dem Sinne nach: Da in den Reihen ein Punkt gerade so aussieht wie der andere, so glaubt man, es immer mit demselben Punkt zu tun zu haben, während es in Wahrheit immer der folgende ist. Wenn der Nachfolger nun aber nicht so aussieht wie der Vorgänger? Dann kann sich darum das Auge doch noch nicht von seiner Täuschung losmachen, es glaubt vielmehr ein und denselben Punkt sich nach und nach verändern zu sehen. Hat man statt der Punkte einen Schmied in verschiedenen, aber aufeinander folgenden Stellungen seiner Tätigkeit dargestellt, so wird man meinen, ihn wirklich hämmern zu sehen. Nur hat man dafür zu sorgen, daß die aufeinander folgenden Bilder nur wenig verschieden voneinander sind. Je mehr solcher Bilder zu einer Reihe gehören, desto weniger Sprunghafte wird die Darstellung an sich haben.

Unser Kreisel eignet sich für kinematographische Zwecke wenig, wohl aber eine andere leicht herzustellende Vorrichtung. Eine Scheibe *S* (Fig. 97) aus starker Pappe von etwa 30 bis 40 cm Durchmesser wird in so viel gleiche Teile eingeteilt, als man Bilder zeichnen will. Durch diese Teilstriche werden von der Mitte aus strahlenförmig Linien gezogen und in einer Entfernung von 3 cm vom Rande, genau auf diesen Linien, $\frac{1}{2}$ cm breite, kurze Spalte eingeschnitten. Unter den Spalten werden die Bilder in richtiger Reihenfolge aufgelegt. Dreht man die Scheibe vor einem Spiegel *Sp* und sieht dabei durch die Spalte nach den Bildern, so scheinen sie Leben bekommen zu haben. Man wähle ganz einfache Darstellungen und zeichne etwa ein hin und her schwingendes Pendel und zwar so, daß sich, wie es auch die Zeichnung veranschaulicht, die letzte Darstellung an die erste wieder anschließt. Wie man die Scheibe mit einem krummen Draht, auf dem sie sich zwischen zwei Korkstücken dreht, halten kann, zeigt die Abbildung ebenfalls.

Mit schwierigen Abbildungen versuche man sich nicht erst, da sie stets zu ungenau ausfallen, und da die Photographie jetzt vorzügliche Serienaufnahmen liefert, die zu billigem Preise in Buchbinder- und Spielwarenläden zu haben sind. Man bekommt sie zu einem Heftchen vereinigt, dessen Blätter man über

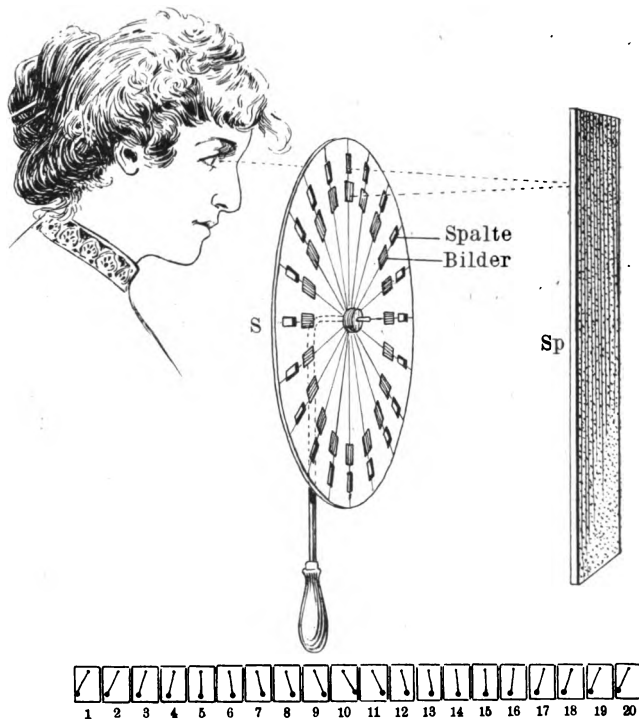


Fig. 97. Der Schnellseher.

den Daumen schnurren läßt, um so ebenfalls den Eindruck sich bewegender Bilder zu erhalten. Dies ist sicherlich der allereinfachste Schnellseher, nur spielt sich der Vorgang bei den wenigen Aufnahmen, die die Heftchen naturgemäß nur enthalten können, in einer zu kurzen Zeit ab. Man kann aber auch die Blättchen

herausnehmen und auf die Scheibe kleben, wobei man, da es meist 20 bis 30 sind, noch eine Auswahl zu treffen hat. Folgen einige Bilder aufeinander, die sich nur sehr wenig voneinander unterscheiden, so kann man das eine um das andere herauslassen.

Wird der Kinematograph einem großen Publikum vorgeführt, so befinden sich die photographischen Bilder auf einem langen, transparenten Streifen, der zwischen den Beleuchtungslinsen und dem Objektiv einer elektrischen Projektionslaterne vorbeirrollt. Eine zweite Vorrichtung sorgt dafür, daß immer nur dann Licht aus der Laterne tritt, wenn sich ein Bild gerade vor dem Objektiv befindet. Die Bilder folgen einander auf dem Schirm so schnell, daß man nicht mehrere voneinander verschiedene Bilder hintereinander zu sehen glaubt, sondern nur ein Bild, das sich verändert.

Der Vogel im Käfig. Daß jeder Eindruck im Auge noch eine kurze Zeit anhält, auch wenn seine Ursache schon verschwunden ist, kann man durch folgenden optischen Scherz zeigen. Man schneidet eine Visitenkarte halb durch und zeichnet auf die eine Seite ein Vogelbauer, auf die andere Seite den dazu gehörigen Vogel. Eine Zeichnung muß gegen die andere auf dem Kopfe stehen. Durch vier Löcher der Karte wird ein Doppelfaden gezogen, an dem sie sich wirbelnd herumdrehen läßt, wobei sie bald die eine, bald die andere Seite dem Beschauer zeigt. Man sieht dann den Vogel im Bauer sitzen, eine sicherlich einfache Methode, ihn einzufangen. Unsere jungen Leser werden wegen anderer Vorlagen nicht in Verlegenheit sein.

Der Zauberkreisel (Fig. 98). Unter dem Namen Zauberkreisel war vor einigen Jahren ein Spielzeug sehr beliebt, das wohl verdient, wegen seiner Einfachheit und hübschen Wirkung der Vergessenheit entrisen zu werden. Es beruht ebenfalls auf der nachhaltigen Lichtwirkung im Auge.

Irgend ein Kreisel wird oben in seiner Achse mit einem etwa 2 mm breiten und 2 cm tiefen Loch versehen. Unser akustischer Kreisel hat die Einrichtung bereits. In diese Öffnung steckt man, wenn der Kreisel sich schnell dreht, irgend ein ganz beliebig ge-

hogenes, womöglich aber glänzendes Stückchen Draht. Es wird vom Kreisel mitgenommen und aus den schon genannten Gründen vom Auge an allen Stellen seiner Bahn zugleich gesehen. Dadurch bildet sich eine Figur, durchscheinend und von großer Feinheit, immer aber körperlich und symmetrisch. Da jede Drahtform eine andere, immer aber zierlich-schöne Figur ausbildet und man auch mehrere Drähte verwenden und die Rotationkörper scheinbar durcheinander wachsen lassen kann, wird dies anmutige Spiel zugleich unterhalten und belehren.

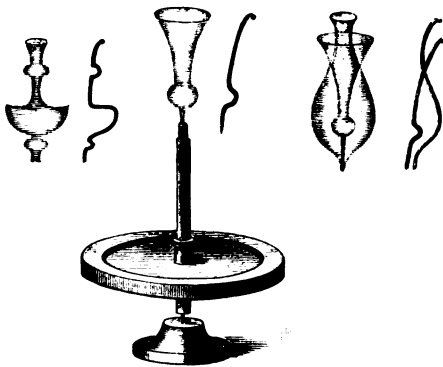


Fig. 98. Der Zauberkreisel.

Täuschungen durch Überstrahlung. Jeder lichtspendende Körper erscheint stets ausgedehnter als er ist, gerade so wie jeder Zahnschmerz sich auch auf die benachbarten gesunden Zähne zu erstrecken scheint. Das Bild des leuchtenden Gegenstandes fällt auf die Netzhaut, aber es empfinden das Licht nicht nur die getroffenen Nerven, sondern auch die ihnen benachbarten in um so größerem Umkreise, je intensiver das Licht ist. Man sagt dann, das Auge empfinde eine Überstrahlung oder Irradiation.

Derartige Täuschungen sind ungemein häufig, man könnte fast sagen, sie bilden die Regel. Wer jemals am Meeresstrande einen Sonnenuntergang betrachtet hat, konnte sie besonders ausgeprägt sehen. Die sinkende Sonne überstrahlt den Horizont und scheint dann nicht hinter ihm, sondern vor ihm ins Wasser zu tauchen, so daß man meint, am Horizont befindliche Schiffe könnten hinter ihr herumfahren (Fig. 99 a. f. S.). Doch auch ohne Sonne läßt sich eine durchaus ähnliche Erscheinung sehr gut zeigen, wenn man ein Licht hinter einer ziemlich dunkel gefärbten

Scheibe langsam herabbewegt. Man sieht dann deutlich die Überstrahlung am oberen Rande der Scheibe und bemerkt auch, daß die Flamme hinter der Scheibe weit kleiner ausfällt, da ihr hier die zur Überstrahlung nötige Leuchtkraft fehlt.

Man kann wohl verstehen, daß die Überstrahlung den Vergleich verschieden heller Gegenstände sehr erschwert. Man betrachte nur einmal den schwarzen und den weißen Kreis auf Fig. 100 (2)

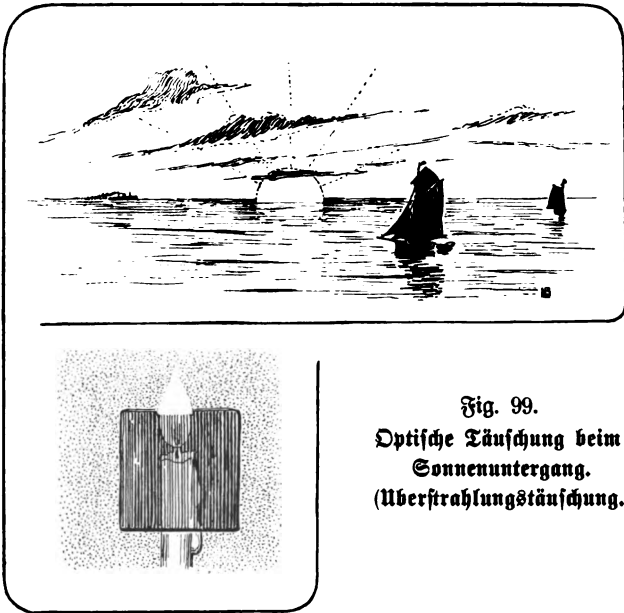


Fig. 99.
Optische Täuschung beim
Sonnenuntergang.
(Überstrahlungstäuschung.)

aus etwa 2 m Entfernung und versuche zu entscheiden, welcher von beiden der größere ist. Man möchte darauf schwören, es sei der weiße, sie sind jedoch genau gleich groß. Bei dem linken, weißen Kreis wirkt die Überstrahlung auf den schwarzen Untergrund ein, bei dem anderen überstrahlt der weiße Untergrund den schwarzen Kreis und so erscheint denn der eine um ebenso

viel zu groß wie der andere zu klein. Auf dieser Doppelwirkung beruht die große Kraft der Täuschung.

Aus dem gleichen Grunde erscheint die weiße Dame um ein gutes Stück größer und auch korpulenter als ihre schwarze Gefährtin, obgleich sie ihr Dasein derselben Schablone verdankt. Starke Damen ist daher zu empfehlen, schwarze Kleider zu tragen und sich möglichst nur auf hellem Untergrunde blicken zu lassen.

Viele unserer jungen Freunde werden schon bemerkt haben, daß der Mond gleich zu Beginn des ersten Viertels nicht nur eine glänzende Sichel, sondern auch seine übrige Scheibe in mattem, aschgrauem Licht sehen läßt. Man muß sich jedoch zwingen, Sichel und Scheibe als demselben Kreise angehörig zu betrachten, stets empfängt man den Eindruck, daß die Sichel von einem größeren Kreise stamme und mit ihren Hörnern die Scheibe umfasse. Fig. 100 (3) versucht die Erscheinung zu zeigen, doch ist sie am Himmel weit auffallender.

Ermüdungstäuschungen.

Wer aus dem Dunkeln kommt, empfindet das helle Licht des Tages fast schmerzhaft und es vergeht geraume Zeit, bis sein Auge an den neuen Eindruck gewöhnt hat. Es leistet, vorher ausgeruht, nun eine Arbeit, die es ermüdet. So abgestumpft empfindet es dann den Schatten doppelt tief.

Auf derartigen Ermüdungstäuschungen beruhen eine Anzahl zum Teil recht überraschender optischer Täuschungen. Neue Zeichnungen sind hierfür nicht erforderlich, wir haben deren genug in

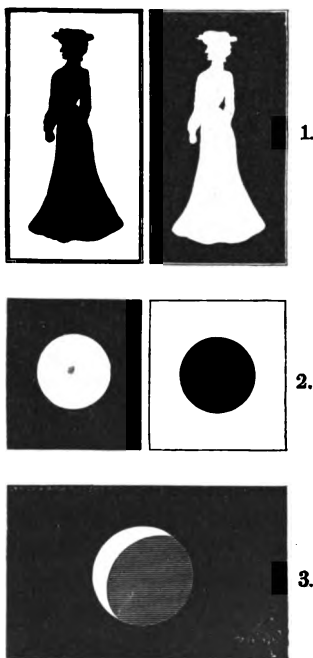


Fig. 100.

Überstrahlungstäuschungen.

unserem Buche. Wir benutzen die Fig. 100 und legen das Buch in deutlicher Sehweite vor uns auf den Tisch. Gleich daneben ein weißes Stück Papier mit einem kleinen schwarzen Tintenpunkt in der Mitte. Damit sind alle Vorbereitungen getroffen und das Experiment kann beginnen, zu dessen Gelingen — hier sei's gleich gesagt — immerhin eine gewisse Aufmerksamkeit und Willensstärke erforderlich ist. Wir setzen mitten in den weißen Kreis 2 einen kleinen Bleistiftpunkt und fixieren diesen eine Zeitlang starr mit beiden Augen. Fünf Sekunden genügen, jedes Abirren verdirbt jedoch den Versuch. Dann lassen wir die Augen schnell nach dem Punkt auf dem Papier hinüberlaufen und bleiben auf ihm haften. Ein Augenblick vergeht und dann erscheint auf dem leeren Papier ein helles Quadrat und inmitten ein schwarzer Kreis. Die Erscheinung hält einige Sekunden an, ehe sie verblaßt. Offenbar besteht sie nicht auf dem Papier, sondern allein im Auge. Ein kreisrunder Fleck der Netzhaut war durch das Anstarren des weißen Bildes ermüdet und konnte später, als insgesamt helles Licht über die ganze Fläche fiel, die Mitte nicht so hell empfinden als die Umgebung. So entstand ein dunkler Kreis auf hellem Grunde. Man wird mithin stets durch Ermüdung ein negatives Bild zu sehen bekommen. Jede Figur, die nicht zu verwickelt ist, eignet sich für den Versuch, vorzüglich auch die Abbildung der schwarzen und weißen Dame über den Kreisen. Es kann nach der Ermüdung auch ein beliebiger Punkt an der Wand oder an der Decke zur Entwicklung des Gegenbildes auserselbst werden, selbst eine Stelle am grauen Wolkenhimmel. Je größer die Entfernung ist, desto größer erscheint das Bild. Auch hier tritt also eine Brodengespensttäuschung auf (vergl. Seite 333).

Vor uns liegt zufällig ein Brief, frankiert mit einer roten und grünen Marke. Wir benutzen ihn als Ermüdungsobjekt, und siehe da, auf dem weißen Papier erscheinen nicht helle Marken auf dunklem Grunde, sondern wiederum bunte Marken, nur daß die rote Marke jetzt grün und die grüne rot wiedergegeben wird. Wollten wir den Versuch mit einer blauen Figur wiederholen, so

würde eine gelbe ihr Gegenbild sein. Auch diese Farbentäuschung erklärt sich leicht, wenn man die Zusammengesetztheit des weißen Lichtes berücksichtigt. Nehmen wir eine rote Figur an, so wird das Auge für rote Strahlen ermüdet. Fällt dann weißes Licht auf die Netzhaut, so sieht es von den im weißen Licht enthaltenen Farbenstrahlen alle, mit Ausnahme der roten, also eine aus diesen Restfarben bestehende Mischfarbe. War das erste ein Gelbrot, so muß die Gegenfarbe ein Grünblau sein. Auf alle Fälle aber ist klar, daß beide Farbenbestandteile, das Gelbrot und das Grünblau, zusammen Weiß ergeben müssen. Derartige Farbentöne nennt man „Komplementärfarben“. Komplementär zu einer rötlichen Farbe ist eine grünliche, zu einer gelblichen eine bläuliche. Wenn man aber sagen hört, die Komplementärfarbe zum reinen Rot des Spektrums sei Grün, so ist das falsch, denn Rot und Grün geben niemals Weiß, ihnen fehlt dazu noch die gelbe, blaue und violette Farbe.

Gefärbte Schatten als optische Täuschung. Schon einmal war von bunten Schatten die Rede (Seite 229). Auch hier sollen bunte Schatten erscheinen, aber nur die Wirkung ist in beiden Fällen dieselbe, die Ursachen sind himmelweit voneinander verschieden. Dort handelte es sich um Schatten, deren Färbung wir nachweisen konnten, hier liegt eine optische Täuschung vor.

Wir legen auf den Tisch ein Stück weißes Papier und stellen auf diesem mit etwas Wachs einen Bleistift auf, etwa $\frac{1}{2}$ m davon eine hell brennende Petroleumlampe ohne Schirm. Sie entwirft von dem Bleistift einen langen, leidlich scharfen Schatten. Er ist natürlich schwarz und bleibt auch schwarz, gleichgültig, ob wir durch nicht zu dunkle bunte Scheiben oder Gelatine-schichten das Licht rot, grün oder blau färben. Nun entzünden wir seitlich des Stiftes, in etwa 1 m Entfernung, eine Kerze. Der Schatten ist nun nicht mehr ganz schwarz, er wird durch das Seitenlicht schwach aufgehellt. Sobald wir aber die Lampe rot abblenden, erscheint er grünlich, wählen wir grünes Licht, rötlich, bei blauem Licht gelblich. Das muß offenbar eine Täuschung sein, denn an und für sich ist der Schatten stets

schwarz und wird in allen Fällen von derselben Kerze aufgehellert. Daß er immer die Komplementärfarbe seines Untergrundes annimmt, macht die Erscheinung verdächtig, eine Ermüdungstäuschung zu sein. Das Auge ermüdet gegen den Untergrund, wandert nach dem erhellten Schatten herüber und sieht hier nur die Komplementärfarben. So wird jede Farbe durch ihre Umgebung beeinflusst, eine Tatsache, mit der jeder erfahrene Maler zu rechnen weiß.

Man kann dieselbe Erscheinung auch etwas umständlicher folgendermaßen erhalten. Ein gegen die Sonne gelegenes Zimmer wird möglichst durch Ziehen der Vorhänge, Schließen der Läden oder vorgelegte Pappscheiben bis auf zwei Löcher nebeneinander abgeblendet, zu denen das Sonnenlicht hereinflutet. Je dunkler das Zimmer sonst ist, desto besser gelingt der Versuch. Sobald man vor eine der Öffnungen ein gefärbtes Glas bringt, so bleibt der andere Lichtstrahl nicht weiß, sondern nimmt die Komplementärfarbe an. War das Glas grün, so ist er purpurrot u. s. f.

Die Anzahl der von uns aufgezählten optischen Täuschungen ist gering gegen die, welche es überhaupt gibt, und mancher unserer Leser mag schon hier nachdenklich geworden sein und sich gefragt haben, ob denn nicht vielleicht alles Gesehene eine Täuschung sei. So schlimm ist es nun nicht. Denn wir verfügen noch über mehr Sinne, die einander erziehen, ergänzen und beaufsichtigen. Selten einmal tritt nur ein Sinn allein in Tätigkeit, und wenn auch jeder Sinn für sich genommen unvollkommen ist und Täuschungen gar zu gern unterliegt, so bildet doch die Gesamtheit der Sinne einen so vollendet arbeitenden Apparat, wie ihn nur der Schöpfer uns auf den Lebensweg mitgeben konnte.

Fünfter Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Elektrizitätslehre.

Von der Reibungselektrizität.

Die Elektrizität ist heute so recht ein Hans in allen Gassen. Was wäre ihr unmöglich? Sie erleuchtet in ungezählten weißstrahlenden Lampen unsere Nächte, sie nimmt Lasten auf ihren Rücken und eilt mit ihnen über den glatten Schienenstrang, in die Fabriken wandert sie, um Tausende von Maschinen in Bewegung zu setzen, um Metalle auszuscheiden und zu festen Hüllen auf den verschiedenartigsten Gegenständen niederzuschlagen, unsere Gedanken und Worte eilen mit ihr über den Ocean in fernste Länder.

Die Elektrizität ist die Helferin in jeder Not, aber sie tut ihre Arbeit keineswegs umsonst, so selbstlos ist sie denn doch nicht. In den Elektrizitätswerken sehen wir mächtige, kohlen- und geldfressende Maschinen arbeiten, in den elektrischen Batterieen verzehren sich die Metalle und müssen durch neue ersetzt werden, überall verlangt der gefügige Diener auch seinen Lohn. Dies wollen unsere jungen Leser wohl festhalten, denn es gilt für alle Fälle.

Ein Körper gerät in den elektrischen Zustand. Wir prüfen einen Hartgummifederhalter auf seine Eigenschaften und werden nicht allzu viele an ihm entdecken. Er zeigt einen eigentümlichen Geruch, ist schwarz, glänzend und etwas biegsam. Leichte Papierschnitzelchen, die auf dem Tisch liegen und denen er bis auf

kurze Entfernung genähert wird, kümmern sich gar nicht um ihn. Nun reiben wir ihn mit einem mehrfach zusammengelegten seidnen Lücheln kräftig ab und betrachten ihn wiederum. Scheinbar hat sich an ihm gar nichts verändert, außer daß er vielleicht etwas glänzender geworden ist. Und doch muß sich sein Zustand wesentlich verändert haben, denn er zieht nun die Papierstückchen schon aus einiger Entfernung zu sich heran. Es geht eine geheimnisvolle Kraft von ihm aus, die man in ähnlicher Weise schon zu frühen Zeiten an dem Bernstein (griechisch: Elektron) bemerkte und Elektrizität oder Bernsteinkraft nannte. Unser Federhalter ist also von dem gewöhnlichen in den elektrischen Zustand übergegangen und in diesem befähigt, eine Arbeit zu leisten, denn nichts anderes ist es doch, wenn er die Papierstückchen zu sich emporhebt. Er arbeitet genau so wie ein Mensch, der ein Gewicht hebt. Aber auch diese Leistung ist nicht umsonst, denn wir haben selbst eine merkliche Arbeit leisten müssen, indem wir den Stab rieben. Wir merken uns, daß ein elektrischer Körper einen un-

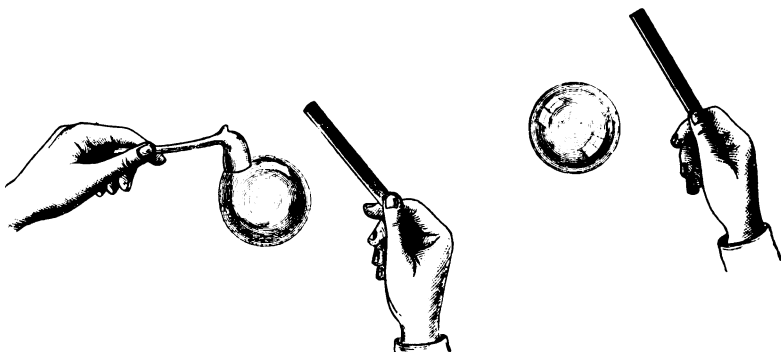


Fig. 101. Seifenblase und Siegellackstange.

elektrischen anzieht und sehen nun, daß wir dasselbe Experiment auf folgende Weise noch viel anschaulicher gestalten können.

Seifenblase und Siegellackstange. Je leichter offenbar der unelektrische Körper ist, auf desto größere Entfernungen wird er von dem elektrischen angezogen werden. Ganz besonders eignet

sich eine Seifenblase zu dem Versuch, die noch den Vorzug besitzt, auch weithin sichtbar zu sein. Vorschriften über die beste Vorfertigung von Seifenblasen wurden auf Seite 119 des Buches gegeben. Wenn unsere Leser nach diesen verfahren und an einer Lompfeife eine höchstens faustgroße Seifenblase erzeugen, so werden sie diese leicht durch einen, stark mit Seide geriebenen, Siegel-lackstab beeinflussen können. Die Blase zieht sich zu ihm herüber, reißt schließlich von der Pfeife ab und folgt dem Stabe nach allen Teilen des Zimmers. Man kann sie ganz nach Belieben steigen oder fallen lassen (Fig. 101). Das Abtrennen der Seifenblase erfordert immerhin einige Übung, oft wird sie bei dem Manöver zerplazen. Ein kurzer aber nicht zu unsanfter Ruck mit der Pfeife erleichtert den Vorgang.

Solundermarkpendel und Glasstab. Es ist nicht immer bequem, gerade eine Seifenblase für den Versuch zu verwenden,

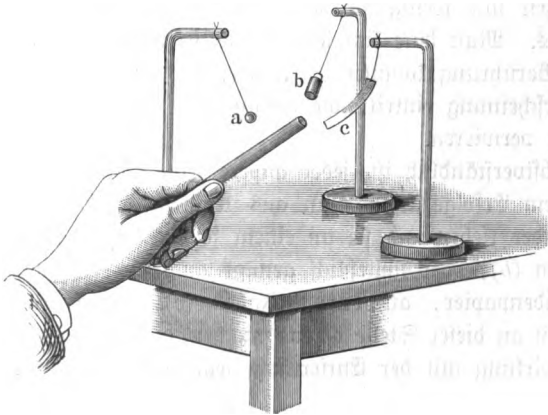


Fig. 102. Elektrische Pendel.

auch hat man es hierbei eigentlich mit einem vergänglichen Apparat zu tun. Besser kommt man mit einem kleinen Solundermarkkugeln fort, das an einem seidenen Faden hängt. Da man derartige Vorrichtungen sehr häufig zu den folgenden

Versuchen verwenden kann, tut man wohl, mehrere Stativ für elektrische Experimente anzufertigen. Am zweckmäßigsten und auch am leichtesten werden sie aus etwas starkwandigen, sonst aber nicht zu dicken Glasröhren gebogen (Fig. 102, a. v. S.) und unten mit einem angefeuchteten, runden oder viereckigen Fußbrett aus zweifach zusammengeleimtem Zigarrenkistenholz versehen. Die Hohlkugel darf bis zu 1 cm im Durchmesser halten. Den schwachen Seidenfaden sticht man mit einer Nadel hindurch, verknötet ihn vor der Kugel und bindet ihn etwa 10 cm lang an das Stativ, dem zweckmäßig eine Länge von 20 bis 25 cm zu geben ist. Zur Elektrizitätserzeugung benutzen wir diesmal einen mit Seide geriebenen Glasstab. Er sollte nicht zu kurz sein, auch nicht zu dünn, vor allem aber starkwandig genug, um nicht in Splitter zu gehen. Um Verletzungen zu vermeiden, werden die Ränder rund geschmolzen.

Da der elektrische Glasstab das Kügelchen *a* nur seitwärts zu bewegen und wenig zu heben hat, reicht schon eine geringe Kraft aus. Man hüte sich jedoch, das Kügelchen mit dem Glasstab in Berührung kommen zu lassen, da dann sofort eine neuartige Erscheinung eintritt, die geeignet ist, unsere Leser an dieser Stelle zu verwirren.

Selbstverständlich ist jeder andere leichte Körper ebenso gut. Mit bestem Erfolge kann man aus leichtem Seidenpapier kleine Hohlzylinder kleben und sie an einem feinen Bügelchen aus Draht aufhängen (*b*), oder schließlich genügt auch ein einfaches Streifchen Seidenpapier, an einem Faden (*c*). Eine Beobachtung kann man an dieser Stelle bereits machen, daß nämlich die Stärke der Einwirkung mit der Entfernung sehr rasch abnimmt.

Der folgsame Spazierstock. Das nun zu beschreibende Experiment werden sich unsere Freunde sofort zu erklären wissen, wenn es sie auch durch die Eigenart seiner Form in höchstem Maße überraschen muß.

Man sucht sich einen Stuhl mit gerader, nicht geschwungener Lehne aus und legt quer über diese einen glatten Spazierstock. Nach

einigen vergeblichen Versuchen wird er in der Wage liegen bleiben (Fig. 103). Dann nimmt man eine gewöhnliche gelbe Postkarte, zieht sie einigemal kräftig zwischen Arm und Körper hindurch und nähert sie dem einen Ende des Stockes, der sich dann sofort in Bewegung setzt und der Karte ganz nach Belieben nach rechts oder nach links folgt. Erhitzt man die Karte vorher stark über einer Lampe, so gelingt das Experiment besonders gut. Offenbar ist die Karte durch die Reibung elektrisch geworden und hat den unelektrischen Stock herangezogen. Dennoch werden gerade die mit elektrischen Experimenten Vertrauten am allerwenigsten auf diese Erklärung verfallen, denn, so sagen sie sich, wie sollte wohl eine elektrische Postkarte, die doch kaum fähig ist, ein leichtes Holundermarkkugelnchen

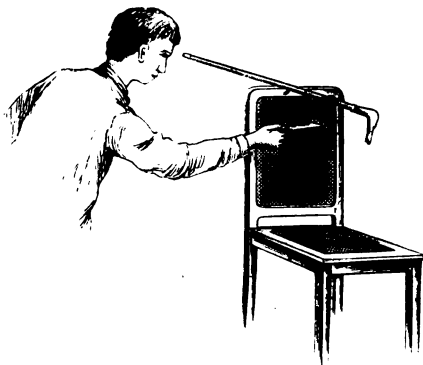


Fig. 103. Der folgsame Spazierstock.

oder ein Papierschnitzelchen zu sich heranzuziehen, einen halbpfundschweren Spazierstock beeinflussen können? Dabei übersehen sie Eines. Das Gewicht des Stockes kommt nämlich bei unserem Versuch kaum in Frage, da er nur seitlich bewegt und nicht gehoben wird. Die ganze Arbeit besteht in der Überwindung der Reibung des Stockes auf der polierten Stuhllehne und diese ist außerordentlich gering.

Ano - Kato. Mit diesem Namen wird ein Spielzeug in den Handel gebracht, das in amüsanter Form die elektrische Anziehung zeigt und deshalb hier beschrieben sein mag. In einen, außen und innen mit Stanniol beklebten, Kasten von etwa 3 bis 4 cm Höhe (Fig. 104, a. f. S.) werden eine Anzahl verschiedener Körper aus Holundermark gelegt, große und kleine Kugeln, Stäbchen,

Kleine Schlangen und winzige Hampelmänner, deren Solandermarkglieder auf Fäden gezogen sind. Auf den Kästen wird eine

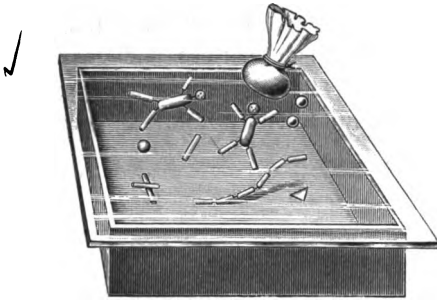


Fig. 104. Ano - Kato.

gut getrocknete ordinäre Fenster Scheibe gedeckt und das Experiment kann beginnen. Die Figuren liegen träge auf dem Boden des Kastens, sobald man jedoch die Scheibe mit einem Wausch aus Leder oder aus Seide stark reibt, kommt Leben in die Versammlung. Sie recken ihre Glieder und richten sich schließlich auf,

die leichteren springen an die Decke und bleiben dort hängen. Hört die Reibung auf, so fallen sie wieder zu Boden, bleiben aber noch eine Weile auf den Füßen stehen und sinken dann um, nur noch hin und wieder ein Glied, wie im Traume, bewegend.

Ein sonderbarer Springbrunnen. Unsere Leser wissen bereits, wie man sich auf einfache Weise mit hochgestelltem Gefäß, Heber und Glasröhrchenspitze einen Springbrunnen herstellt (Seite 107). Wir verfahren hier nach dieser Methode, lassen jedoch den Strahl, der eine Höhe von vielleicht 50 cm haben kann, seitlich in eine Waschschüssel fallen. Die Stärke der Ausflußöffnung ist nicht gleichgültig und dürfte für unseren Versuch 2 mm nicht überschreiten. Der schräg aufsteigende Strahl bildet, durch keine herabfallenden Wassermassen behindert, eine zierliche Garbe, die sich schließlich in einen zarten Tropfenregen auflöst. Nähert man jedoch eine geriebene Hartgummi- Glas- oder Siegellackstange dem Strahle, so verändert er sofort sein Aussehen (Fig. 105). Die Garbe zieht sich zusammen, die Tropfen vereinigen sich und es entsteht ein klarer, ruhiger Strahl, der ohne zu plätschern und zu spritzen in die Schüssel fällt. Dieses Experiment verdient auf jeden Fall gemacht zu werden, denn es ist nicht nur in höchstem

Grade überraschend, sondern auch völlig sicher. Ein Mischlingen kommt dabei gar nicht vor. Der Wasserstrahl läßt sich in seiner Empfindlichkeit vielleicht nur noch mit der akustischen Flamme vergleichen, denn selbst auf mehrere Meter Entfernung gelingt

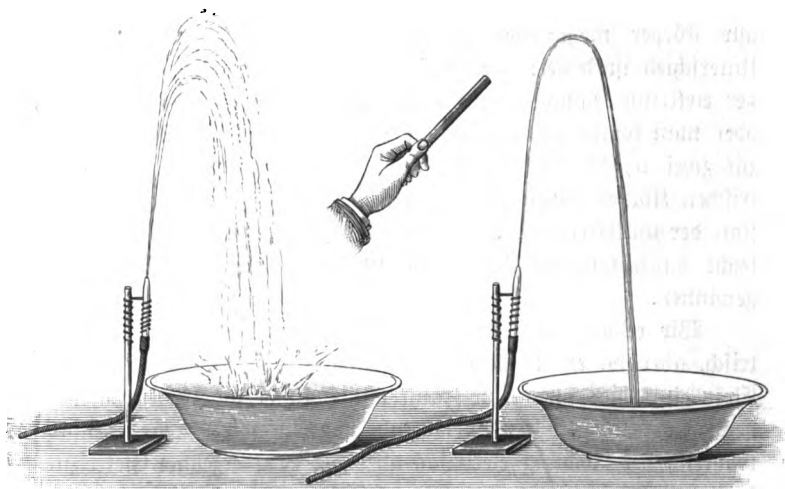


Fig. 105. Merkwürdiges Verhalten eines Wasserstrahles.

der Versuch. Wir haben ihn hier aufgeführt, da es sich doch immerhin um eine elektrische Beeinflussung handelt, wenngleich die Anziehung unelektrischer Teilchen hier kaum in Frage kommt und vielmehr die ganze Erscheinung eher in dasjenige Kapitel der Mechanik gehört, unter dem auch die Seifenblasen besprochen wurden.

Von den Leitern und Nichtleitern. Bei unseren Versuchen traten mehrere Körper als Träger der Elektrizität auf, ein Hartgummistab, eine Siegellackstange und eine Glasröhre. Des Bernsteines taten wir Erwähnung. Man hat selbstverständlich ein großes Interesse daran gehabt, möglichst viele Körper auf ihre elektrischen Eigenschaften hin zu untersuchen, fand aber sehr bald, daß man sie offenbar zwei Gruppen zuteilen müsse. Während nämlich die Harz- und Glasarten, Leder, Seidenzeuge u. a. m.

sich leicht elektrifizieren ließen, nahmen die Metalle, der menschliche Körper u. a. auch bei der heftigsten Reibung keine Spur von Elektrizität an. Man glaubte daher mit Fug und Recht die elektrischen Körper von den unelektrischen unterscheiden zu müssen, aber man irrte. Denn, wie man heute weiß, können alle Körper mehr oder minder elektrisch werden und nur ein Unterschied ist dabei: über die eine Gruppe der Körper breitet sich der elektrische Zustand nicht aus, über die andere dagegen völlig, oder man könnte auch sagen, die erste Gruppe leitet, im Gegensatz zur zweiten, die Elektrizität nicht. Statt der sogenannten elektrischen Körper haben wir heute also Nichtleiter (oder Isolatoren), statt der unelektrischen, Leiter der Elektrizität. Unsere Leser können leicht durch folgende Überlegung Klarheit über diese Verhältnisse gewinnen.

Wir reiben einen Glasstab an seinem Ende. Er wird elektrisch, aber da er ein Nichtleiter (Isolator) ist, bleibt die erzeugte Elektrizität hier sitzen und kann am Holundermarkkugeln nachgewiesen werden. Ein Metallstab dagegen wird zwar ebenfalls während der Reibung elektrisch, aber die eben erzeugte Elektrizität breitet sich sofort über den ganzen Stab aus und fließt über den Körper, der ebenfalls ein Leiter ist, nach der Erde ab. Man kann sich wohl vorstellen, daß keine Spur von Elektrizität auf dem Stabe mehr nachweisbar ist, wenn sich schließlich die kleine Quantität über die ganze Erde verteilt. Verhindert man, wie es der Engländer Gray tat, dem wir die Aufklärung über diese Verhältnisse verdanken, das Abfließen durch Zwischenschaltung eines Isolators, etwa indem wir den Metallstab in eine Glasstange kitten und diese anfassen, so läßt sich ganz gut auch auf dem Metall der elektrische Zustand nachweisen.

Dieser neue Satz von den Nichtleitern und Leitern ist so wichtig und für das Verständnis alles Folgenden so nötig, daß wir glauben, ihn durch ein einfaches Experiment belegen zu müssen.

(Fig. 106.) Zwischen zwei Bücherstapel sind zwei Glasröhren *G* eingeklemmt, die etwa 15 cm weit hervorstehen. Auf

die Glasröhren legt man irgend einen starken Metalldraht *S* und stellt an das eine Ende desselben unser schon öfter benutztes Holundermarkpendelchen, so etwa, daß das Kugelchen 1 cm vor dem Drahtende schwebt. Damit der Draht (oder Stab) nicht

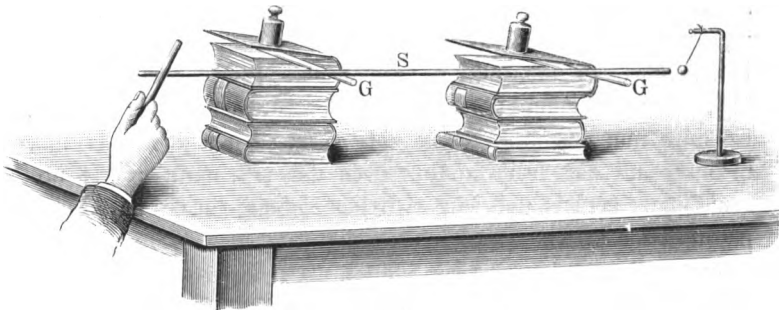


Fig. 106.

Die Ausbreitung des elektrischen Zustandes (Leiter und Nichtleiter).

rollt, wird es gut sein, ihn mit Schnur an den Röhren festzubinden. Streicht man darauf eine geriebene Glasstange über das andere Ende des Drahtes, so geht — durch „Mitteilung“ — Elektrizität auf den Draht über und man bemerkt sofort, wie das Holunderkugelchen auf der anderen Seite angezogen wird. Der elektrische Zustand hat sich mithin über den ganzen Stab (der ein Leiter ist) verteilt, er wurde aber an seiner Ausbreitung nach der Erde hin durch die Glasröhren verhindert, die Isolatoren sind. Legt man dagegen einen Glasstab auf die Röhren, so mag man ihm auf der einen Seite so viel Elektrizität mitteilen, als man nur will, das Pendel auf der anderen Seite rührt sich nicht, zeigt dagegen sofort eine starke Anziehung, wenn man es auf die elektrifizierte Seite herüberbringt.

Zweierlei Arten von Elektrizität. Wir müssen annehmen, daß unsere Leser die in diesem Buche angegebenen physikalischen Spielereien nicht nur ausführen, sondern auch verstehen wollen. Deshalb fahren wir zunächst hier in der Aufzählung einiger leicht

anzustellender Versuche fort, die zu neuen Anschauungen über das Verhalten elektrifizierter Körper führen. Die Apparate sind bereits vorhanden.

Wir nähern zunächst einen geriebenen Glasstab einem unserer Solundermarkpendelchen. Es wird angezogen, wie bisher. Wir nähern den Stab noch weiter, plötzlich fliegt das Kügelchen gegen ihn, berührt ihn und empfängt etwas von seiner Elektrizität. Von diesem Augenblick an ist es in seinem Verhalten völlig verwandelt. Es wird nun von dem Stabe nicht mehr angezogen, sucht ihm vielmehr auf alle Weise auszuweichen und erst, wenn wir es mit dem Finger berührt und seine elektrische Ladung zur Erde abgeleitet haben, fliegt es dem Stabe wieder entgegen. Dasselbe Experiment gelingt auch mit einer Siegellackstange. Erst Anziehung, Berührung, Mitteilung und dann Abstoßung. Wir lassen jetzt dem Kügelchen die Ladung und nähern eine geriebene Glasstange. Sofort wird das Kügelchen heftig angezogen. Während mithin ein von der Glasstange geladenes Kügelchen von dieser abgestoßen wurde und ein von der Siegellackstange geladenes von dieser ebenfalls, wurde ein von der Siegellackstange geladenes Kügelchen von der Glasstange angezogen und umgekehrt, wie uns ein Versuch belehren konnte. Es bleibt nun kein Ausweg mehr, wir müssen der auf der Glasstange erzeugten Elektrizität andere Eigenschaften zuschreiben als derjenigen auf dem Glasstabe, d. h. wir werden gezwungen, zwei verschiedene Elektrizitäten voneinander zu unterscheiden, die wir einstweilen Glaselektrizität und Harzelektrizität nennen wollen. Über ihr gegenseitiges Verhalten können wir sagen: gleichnamige Elektrizitäten (Glas und Glas — Harz und Harz) stoßen sich ab, ungleichnamige Elektrizitäten (Glas und Harz) ziehen sich an.

Alle von uns bisher gefundenen Grundgesetze kann man an den Pendeln zeigen.

1. Ein ungeladenes Pendel wird von einem geladenen angezogen. Satz: Ein elektrischer Körper zieht einen unelektrischen an.

2. Zwei mit Glaselektrizität oder mit Harzelektrizität ge-

ladene Kugeln streben auseinander (Fig. 107, 1). Satz: Gleichnamige Elektrizitäten stoßen sich ab.

3. Zwei Kügelchen, das eine mit Glaselektrizität, das andere mit Harzelektrizität geladen, ziehen sich an (Fig. 107, 2). Satz: Ungleichnamige Elektrizitäten ziehen sich an.

Unseren Lesern wird es nunmehr verständlich sein, daß wir die Stativc aus Glas fertigen und die Kugelfugeln an seidenen

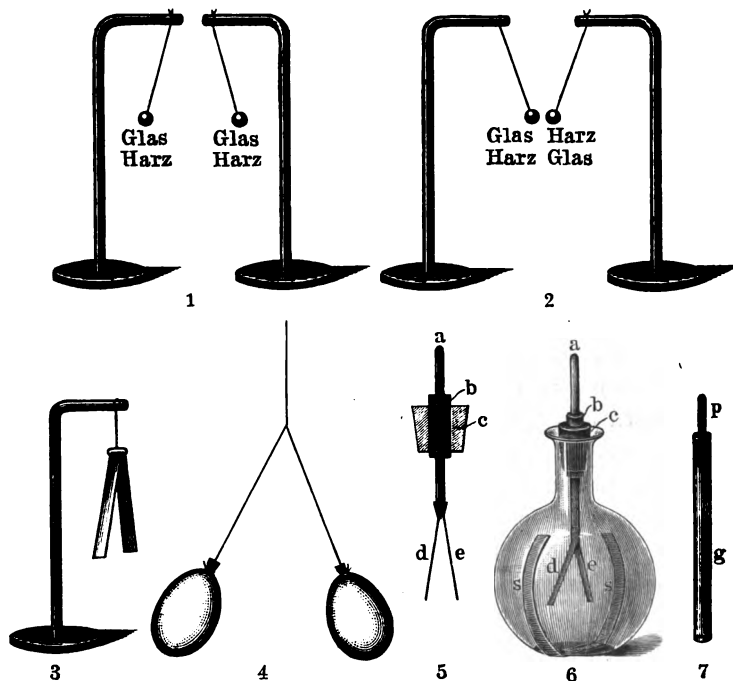


Fig. 107. Electroscopie.

Schnüren aufhängen mußten, um das Entweichen der elektrischen Ladung zu verhindern. Dabei wollen wir gleich erwähnen, daß uns bei diesen und allen anderen, die Reibungselektrizität betreffenden Versuchen die Witterung oft einen bösen Streich spielt. Die

trockene Luft ist nämlich ein recht guter Isolator, die feuchte aber durchaus nicht und immer bereit, die auf den Körpern erzeugte elektrische Ladung zu entführen. Recht lästig ist besonders ein Niederschlag von Feuchtigkeit, der sich auf den gläsernen Stativen bisweilen absetzt. Man tut daher gut daran, die Glasteile vor dem Versuche mit einem warmen, wollenen Lappen abzureiben. Recht wirksam ist auch starkes Erwärmen und ein Anstrich mit unserer Schellacklösung (Seite 11).

Ein derartiges Pendelchen, so unscheinbar es aussieht, ist jedenfalls sehr geeignet, das Vorhandensein elektrischer Ladung auf einem Körper nachzuweisen. Man könnte sagen, daß man mit seiner Hilfe das Vorhandensein von Elektrizität schauen kann und hat es deshalb auch ein „Elektroskop“ (σκοπεῖν = schauen) genannt, wenn man es auch nicht gerade in dieser Form benutzt. Viel zweckmäßiger ist folgende Vorrichtung.

Ein etwa 20 cm langes und 1 bis 2 cm breites Streifen aus leichtestem Seidenpapier wird in der Mitte geknickt (Fig. 107, 3) und mittels eines kleinen Drahtbügels an dem Glasstativ aufgehängt. Die Blättchen hängen dann schlaff nebeneinander herab. Streicht man jedoch mit einer geriebenen Glas- oder Siegellackstange oben über den Draht, so treten augenblicklich die Blättchen auseinander, da sich ihnen die Elektrizität mitgeteilt hat und sie jedenfalls gleichnamig elektrisch geworden sind, gleichgültig, ob die Elektrizität Glas- oder Harzelektrizität war.

Je leichter die Blättchen sind, desto empfindlicher sind sie, um so mehr muß man sie jedoch auch vor Zugluft hüten, am besten durch Einschluß in ein Glas. Es ist unseren Lesern durchaus zu empfehlen, sich ein empfindliches Elektroskop anzufertigen, um so mehr, als die Herstellung eigentlich ohne Mühe geschehen kann. Die Blättchen *de* (Fig. 107, 5 und 6) bestehen aus unechtem, in den Papierwarenhandlungen käuflichem, Blattgold und sind mit Eiweiß an einem dicken Draht *a* befestigt, der unten mit zwei schrägen Flächen zugespitzt, oben aber rundgefeilt und mit Schmirgelpapier poliert ist. Die Goldblättchen sollten etwa 4 bis 5 cm lang, aber nicht breiter als 2 bis 3 mm sein. Sie mit der

Schere zu schneiden, gehört zu den Geduldsspielen, da sie entweder an den Fingern kleben bleiben oder durch den Atem fortgeweht werden. Bindet man sich jedoch ein Tuch vor den Mund, fängt das abgeschnittene Streifchen auf einer Glasplatte auf und teilt es, ohne es mit den Fingern zu berühren, mit einem sehr scharfen Messer ab, so geht die Arbeit meist zur Zufriedenheit von statten. Das Eiweiß wird auf den Drahtstab gestrichen und dieser auf die Blättchen gedrückt, nicht umgekehrt. Um eine durchaus gute Isolation gegen die Erde zu erzielen, kittet man den Draht mit Siegellack zunächst in das Glasröhrchen *b* und steckt erst dieses durch den Kork *c*. Zum Schutz eignet sich ein dünnwandiges Gefäß am besten, vorzüglich die Kochfläschchen der Chemiker, welche in allen Größen zu haben sind. Bevor man die Vorrichtung einsetzt, ist es durchaus nötig, die Flasche durch starkes Erhitzen sorgfältig auszutrocknen. Zum Schluß überzieht man Glasröhrchen, Kork und den Rand des Flaschenhalses noch mit Schellacklösung und kann so sicher sein, alles für die Isolation getan zu haben. Die Wirkung des Elektroskopes wird noch erhöht, wenn man von außen und zwar in der Ebene, in der die Blättchen sich bewegen, einen Stanniolstreifen *SS*, der um den Boden der Flasche herumgeht, befestigt.

Ein derartiges Elektroskop ist nun für die Einwirkung eines geriebenen Stabes direkt viel zu fein. Die Blättchen kämen in die Gefahr, umzutodnen und zu zerreißen. Um dennoch die Art der Elektrizität untersuchen zu können, bedient man sich des sogenannten Probestäbchens (Fig. 107, 7). Seine Anfertigung macht kaum eine nennenswerte Mühe, denn es besteht nur aus einem Glasröhrchen *g* als Handhabe, in das ein beiderseits rundgeseiltes, starkes Stückchen Draht mit Siegellack eingekittet ist. Mit diesem Stäbchen berührt man den auf seine elektrische Beschaffenheit zu untersuchenden elektrischen Körper, erhält durch Mitteilung etwas von der Elektrizität und bringt sie so auf das Elektroskop herüber, das bei *a* berührt wird. Die Blättchen streben dann mehr oder weniger auseinander.

Elektrische Schweinsblasen. Sehr hübsch und vielen Zuschauern sichtbar, kann die Abstoßung an zwei großen, mit Luft gefüllten Schweinsblasen gezeigt werden, die an einem seidenen Doppelfaden, der jedoch mindestens zwei Meter lang sein muß — in der Abbildung (Fig. 107, 4) ist er der Raumersparnis wegen zu kurz gezeichnet — zunächst einträchtig nebeneinander hängen. Streicht man sie jedoch mit den Händen oder berührt man sie gar beide mehrere Male mit dem geriebenen Glasstabe, so sind sie elektrisch geworden und streben weit auseinander, was einen sehr sonderbaren Anblick gewährt, da sie so scheinbar allen Gesetzen der Schwere Hohn sprechen. Je leichter die Blasen sind, desto schöner gelingt das Experiment. Ganz vortrefflich eignen sich daher statt der Blasen Kollodiumballons, die der Leser bereits herstellen lernte (Seite 56). Sie übertreffen in der Tat die Schweinsblasen wesentlich und man hat, wenigstens bei trockener Luft, keine große Not, sie zu entladen und wieder aneinander zu bringen. Denn, wenn man auch die Hände ruhig an den Ballon legt, so ist doch eine Reibung dabei nie ganz zu vermeiden, die stets von neuem wieder Elektrizität erzeugt.

Positive und negative Elektrizität. Mit unserem Goldblattelektroskop machen wir eine neue Entdeckung. Wir nehmen zunächst mit dem Probestiftchen Glaselektrizität ab und bringen sie auf das Elektroskop. Die Blättchen gehen etwas auseinander. Darauf bringen wir von neuem Elektrizität herüber und der Ausschlag wird größer, ein Beweis, daß man Glaselektrizität zu Glaselektrizität hinzufügen kann und auf diese Weise mehr Elektrizität erhält. Ist das Elektroskop durch Berührung mit dem Finger entladen, so läßt sich das gleiche Experiment auch mit Harzelektrizität ausführen. Der Gedanke liegt nun sehr nahe, zu der Harzelektrizität einmal Glaselektrizität hinzuzufügen. Der Erfolg ist allerdings sonderbar genug, denn der Ausschlag der Blättchen wird nun kleiner statt größer, und verschwindet ganz, wenn wir von der Glaselektrizität gerade ebenso viel auf die Blättchen bringen, als wir vorher Harzelektrizität hinzugefügt

hatten. Das ist etwas für uns völlig Neues: Ungleichnamige Elektrizitäten ziehen sich nicht nur an, sie heben sich in ihrer Wirkung auch gegenseitig auf, fast so wie Schulden und Vermögen. Legt jemand zu seinem Vermögen oder zu seinen Schulden etwas hinzu, so wächst entweder sein Vermögen oder seine Schulden. Macht er aber ebenso viel Schulden, wie er Vermögen hat, dann besitzt er gar nichts. Sie heben sich gerade so auf wie etwa $+4$ und -4 , kurz wie zwei gleich große Zahlen mit verschiedenem algebraischen Vorzeichen. Derartige Vergleiche heranziehend, hat man denn auch die eine Elektrizität positiv, die andere negativ genannt. Welche von beiden nun die positive sein soll, ist freilich gleichgültig, man hat sich jedoch dahin geeinigt, die Glaselektrizität positiv, die Harzelektrizität negativ zu nennen. In der Folge soll nun der Kürze halber nur noch von positiver und negativer Elektrizität die Rede sein.

Wir wollen unsere Leser noch darauf aufmerksam machen, daß das kleine Goldblattelektroskop sich vorzüglich zur Projektion mit der Laterna magica eignet (Seite 273).

Der Elektrophor. Die Menge der auf einer Glasstange oder einem Siegellackstabe erzeugten Elektrizität ist außerordentlich gering und wäre für die meisten unserer Experimente bei weitem nicht ausreichend. Zwei Maschinen jedoch, der Elektrophor und die Reibungselektrifiziermaschine, liefern sie reichlich genug. Der Elektrophor ist die einfachere und genügt schon für viele Versuche.

Wendet man 1,50 bis 2 Mark daran, so kann man sich die Blechteile des Apparates vom Klempner anfertigen lassen. Die Größenverhältnisse sind zwar ziemlich unwesentlich, doch wird man sie nicht zu gewaltig nehmen. Der Verfasser besitzt einen Elektrophor (zu deutsch Elektrizitätsträger) von folgenden Abmessungen. Auf eine runde Blechscheibe von 20 cm Durchmesser *A* (Fig. 108, a. f. S.) ist ein 3 cm hoher, nicht zu schwacher Rand aufgelötet, so daß ein kuchenblechähnliches Gefäß entsteht. Es ist bis 2 mm unter seinen Rand ausgefüllt mit einer harzigen Masse. Man hat für die Zusammensetzung der Elektrophormasse viele Vorschriften ge-

geben, doch ist die einfachste gerade die beste. Man schmilzt danach Kolophonium in einer Kelle und gießt die heiße flüssige Masse, die jedoch mit der offenen Flamme des Feuers nicht in Berührung kommen darf, in die warme und völlig wagerecht gestellte Form, wo sie alsbald erstarrt. Etwa sich zeigende Blasen werden mit einer warmen Nadel aufgestochen. Der Verfasser hat gefunden, daß man noch viel einfacher verfahren kann, indem man die Blechform selbst als Schmelzstelle benutzt. Das Kolophonium wird

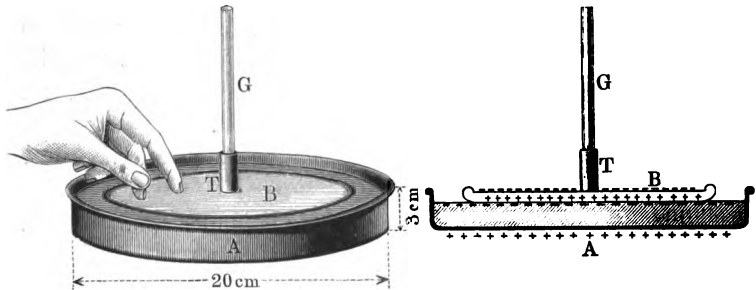


Fig. 108. Elektrophor.

in kleine Stücke gestoßen und in ausreichender Menge in die Form gelegt, worauf diese einen Platz auf der warmen Herdplatte erhält. Nach einiger Zeit sind die Stücke zu einer ebenen Schicht eingeschmolzen, die nach dem Erkalten schönen Glanz erhält. Allerdings wird sie mit der Zeit durch Bruch unwirksam und man hat daher einen Zusatz von Wachs empfohlen. Da man jedoch jederzeit den Kuchen durch Umschmelzen wieder brauchbar machen kann, ist er unnötig.

Auf den Kuchen kommt ein Teller von Blech *B* zu liegen, im Durchmesser etwas kleiner als dieser selbst, so daß er an keiner Stelle den Rand desselben berührt. Er muß aus festem Blech völlig eben gefertigt sein und einen umgebogenen, womöglich durch Feilstriche wohl geglätteten und gerundeten Rand haben. In der Mitte wird eine Blechtülle *T* aufgelötet, in die dann mit Siegelad eine starke Glasröhre *G* eingefittet wird, um als Handhabe zu

dienen. Alle Ecken und Kanten werden abgerundet und erhalten einen Schellacküberzug. Dann ist der Apparat fertig. Um ihn in Betrieb zu setzen, reibt man die ganze Fläche des Harzkuchens sehr stark mit einem trockenen Seidentuche ab, setzt dann den Deckel auf und berührt ihn an seiner Oberfläche mit dem Finger. Hebt man ihn darauf bei der Glasröhre wieder ab und nähert ihn dem Fingerknöchel der anderen Hand, so springt unter leisem Knacken ein kleines Fünkchen über.

Wollen unsere Leser die Ausgabe beim Klempner vermeiden, so genügt auch statt der Form ein Tablett passender Größe, statt des Deckels eine an den Kanten mit der Feile sauber abgerundete und mit Stanniol überzogene Scheibe von sehr dicker Pappe und statt des Glasgriffes eine aufgeklebte Siegellackstange.

Wie erklärt sich nun aber das Verhalten des Elektrophors? Unsere jungen Freunde wissen bereits, daß gleich viel positive und negative Elektrizität, auf einem Körper vereinigt, einen unelektrischen Zustand ergibt. Es steht daher gar nichts im Wege, jeden unelektrischen Körper als behaftet mit gleichen Teilen positiver und negativer Elektrizität anzusehen. Daß unser Elektrophor auf seinem Deckel Elektrizität zeigt, ist, wie wir gleich sehen werden, ein Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht. Als wir den Kuchen rieben, wurde er auf seiner Oberfläche elektrisch und zwar, da es sich um ein Harz handelt, nach unserer Ausdrucksweise negativ elektrisch. Da ungleichnamige Elektrizitäten einander anziehen, holt diese negative Elektrizität andersnamige von der Erde soweit wie möglich heran, d. h. bis auf den Blechboden des Kuchens. Daß beide Elektrizitäten, trotzdem sie dazu das Bestreben haben, sich vereinigen, verhindert der isolierende Harzkuchen. Aber sie halten sich hier, wie man sagt, „gebunden“, und die eine kann nicht fort, ehe die andere auch verschwindet. (Rechte Hälfte der Fig. 108.)

Nun wird der Blechdeckel aufgesetzt. Die negative Elektrizität der Kuchenoberfläche kann aus dem eben genannten Grunde nicht auf ihn übergehen, aber ihr Vorhandensein „beeinflusst“ (der Physiker sagt „influenziert“) die im Deckel, als an und für sich unelektrischem Körper, enthaltenen Elektrizitäten. Die positive wird nach unten

gezogen, die negative so weit als möglich abgestoßen, also bis zur Oberfläche des Deckels. Dieses Bild der elektrischen Verteilung stellt unsere Figur dar. Hebt man den Deckel ab, so gehen die beiden Elektrizitäten ineinander über und er erscheint unelektrisch, berührt man ihn jedoch vorher, so entweicht die negative Elektrizität durch den Körper in die Erde und der Deckel erweist sich dann als mit positiver Elektrizität geladen. Berührt er einen anderen Gegenstand, so geht die Elektrizität auf diesen über, der Deckel wird unelektrisch und das Spiel kann von neuem beginnen. Es hat den Anschein, als könnte dieser Vorgang unzählige Male wiederholt werden, da die einmal auf dem Rechen erzeugte Elektrizität durch Bindung auf ihm haften bleibt und nur beeinflussend wirkt. Das ist nun doch nicht der Fall, denn die Funkenentladungen werden mit der Zeit schwächer. Da der Rechen und die Luft schließlich immer etwas feucht sind, verliert sich nämlich die ursprünglich erzeugte Ladung und der Rechen muß von neuem gerieben werden. Wäre aber dieser Verlust nicht, dann müßte in der Tat der Elektrophor unbegrenzt Elektrizität liefern können. Der aufmerksame Leser freilich wird sehr geneigt sein, hinter diese Worte einige Fragezeichen zu setzen und den Verfasser daran erinnern, daß immer zur Erzeugung des elektrischen Zustandes auch ein Arbeitsaufwand nötig sei und man unmöglich von einem einmal erzeugten, begrenzten Quantum beliebig viel Elektrizität erhalten könne. Der Verfasser beantwortet die stumme Frage mit einer anderen: Was würde sich der Leser wohl vergüten lassen, wenn man ihn tagsüber anstellte, den Deckel zu berühren, abzuheben und auf irgend einen Gegenstand zu entladen? Sicherlich nicht zu wenig für seine Arbeit. Sie ist es aber, welche die elektrische Erscheinung hervorbringt, denn der auf dem Rechen ruhende Teller bleibt unelektrisch.

Von der Anfertigung einer Reibungselektrifiziermaschine. Bei einer Reibungselektrifiziermaschine wird ein Isolator in Umdrehung versetzt, wobei er sich gegen einen anderen reibt, außerdem enthält eine derartige Maschine eine Vorrichtung, welche

die erzeugte Elektrizität von dem rotierenden Körper abnimmt und sie ihrer Verwendungsstelle zuführt. Die Gestalt der Maschine kann sehr mannigfaltig sein. Wir besprechen hier nur, als zur Ausführung für uns besonders geeignet, die Scheiben- und die Zylindermaschine. In der ersteren wird eine Scheibe, in der zweiten meist ein flaschenförmiger Körper in Umdrehung versetzt.

Will man eine Scheibenmaschine bauen, so werde man sich zunächst über die Größe derselben völlig klar. Wählt man einen Scheibendurchmesser bis zu höchstens 20 cm, dann kann man wohl noch alle Holzteile aus Zigarrentistenmaterial selbst zusammenleimen, will man eine größere Scheibe, so wird man der Hilfe des Tischlers nicht mehr entbehren können. Mit der Größe wächst allerdings der Effekt der Maschine, wirksam aber ist jede. Wir beschreiben hier nur die selbst zu bauende Maschine und überlassen es unseren Lesern, sich die Verhältnisse nach Wunsch zu vergrößern.

Auf einem, mehrfach aus breitem Zigarrentistenholz zusammengeleimten, Grundbrett von 30 cm Länge und etwa 20 cm Breite (Fig. 109 a. f. S.) erheben sich zwei 18 cm hohe Stützen *B* von viereckiger nach oben verjüngter Form, welche die Achse tragen sollen. Sie werden ebenfalls doppelt geleimt und so auf dem Brette befestigt, wie es die Fig. 2 des Buches zeigt. Beide Stützen werden oben durchbohrt, so daß die Achse willig, aber ohne zu schlottern durch die Löcher paßt. Eine kurze Überiegung lehrt, daß man die Achse, welche in ihrer Mitte die große Scheibe trägt, nach Aufstellung der Lagerböcke *B* nicht in die Lagerlöcher mehr einführen kann. Um nun die Achse einschieben und auch jederzeit zu Reparaturen leicht herausnehmen zu können, muß das eine der Lager, etwa das auf der Kurbelseite der Achse befindliche, aufgeschnitten werden. Zu dem Zweck führt man einen wagerechten Schnitt mit der Säge gerade durch das Loch, so daß die eine Hälfte des Lagers dann dem Bod, die andere dem Abschnitt angehört (Darstellung 2). Man steckt die Achse auf der einen Seite durch das Loch, legt sie auf der anderen Seite in

das halbe Lager und schraubt dann von oben her mit zwei langen, dünnen Schrauben die obere Lagerschale fest.

Die Achse kann aus $\frac{3}{8}$ zölligem Rundeißen gefertigt sein;

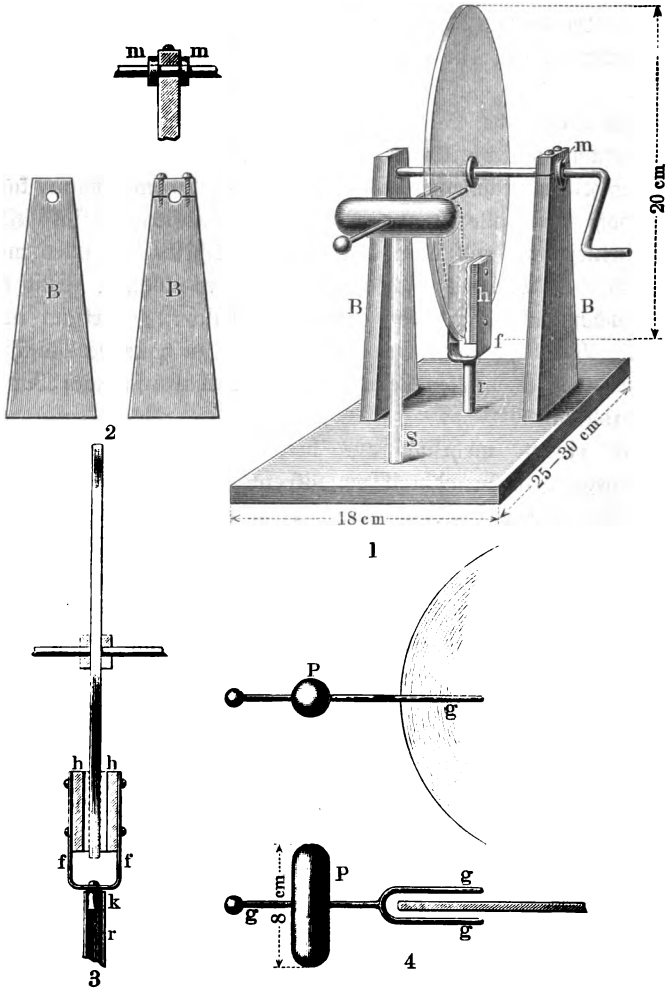


Fig. 109. Reibungselektrifiziermaschine.

man läßt sie vom Schlosser gleich auf der einen Seite zu einer Kurbel umbiegen. Sonst achte man darauf, daß sie völlig gerade ist und beim Drehen nicht schlägt. Damit sie sich seitlich nicht verschiebt, werden zwei runde, etwa 1 cm breite Holzringe *m* so auf die Achse geschoben, daß sie zu beiden Seiten des geteilten Lagers zu sitzen kommen. Die Befestigung geschieht mit Schellack folgendermaßen. Der Schellack ist käuflich in Form von flachen Blättchen. Man legt sie auf ein Blech und wälzt einen dicken heißen Draht über sie hin. Sie bleiben kleben und bilden, wenn der Vorgang öfter wiederholt wird, schließlich eine runde Schellackstange von mäßigem Querschnitt, die man wie eine Siegelackstange benutzen kann. Nachdem die Achse an der richtigen Stelle gehörig heiß gemacht ist, läßt man den Schellack gut auffließen und schiebt dann die Ringe auf. Etwa hervorquellender Schellack wird, sobald er erstarrt, mit einem Messer fortgenommen.

Die käuflichen Maschinen haben entweder eine Scheibe aus Hartgummi oder Glas. Hartgummi bearbeitet sich zwar leicht, ist aber teuer, Glas allerdings wohlfeil, aber sehr schwer rund herzurichten. Beide Materialien kommen mithin für uns nicht in Betracht und brauchen es auch nicht, da man in anderer Weise recht gute Scheiben, und zwar aus Papp, herstellen kann. Drei oder vier Pappscheiben von der erforderlichen Größe werden mit der Schellacklösung (Seite 11) dick bestrichen, genau aufeinandergelegt und unter starkem Druck getrocknet. Nach dem Trocknen gibt man auch außen noch einen Schellacküberzug, die Pappe dabei gehörig mit der Lösung tränkend, läßt wieder trocknen und bearbeitet den Rand mit einer Feile, so daß eine feste, runde, mit harziger Substanz durchtränkte Scheibe von etwa 5 mm Dicke entsteht. Sie sollte völlig eben sein und hart klingen. Genau in der Mitte läßt man ein Loch von der Stärke der Achse bohren und befestigt die Scheibe auf dieser durch Vorfittung zweier nicht zu schmaler Holzringe.

Damit wäre der Hauptbestandteil der Maschine, die Scheibe, fertiggestellt. Es handelt sich nun um die Reibvorrichtung. Sie besteht aus den beiden Holzbrettchen *h* (vergl. Darstellung 3),

welche innen mit Ragenfell gefüttert sind und durch die gabelförmige Metallfeder f stark gegen die Scheibe gepreßt werden. Man will herausgefunden haben, daß das Fell am wirksamsten ist, wenn seine Haare quer zur Drehrichtung liegen. In Ermangelung von Ragenfell können die Klötzchen auch mit Polstern aus Fensterleder versehen werden, nur muß das Leder mit Amalgam eingerieben werden. Man stellt es her, indem man etwas Quecksilber auf Zinkabfälle gießt. Sie lösen sich auf und bilden mit dem Quecksilber zusammen eine breiige Masse — das Amalgam. Da jedoch das Experimentieren mit Quecksilber immerhin nicht ungefährlich ist, sollte man das Reibzeug aus Fell vorziehen. Die Feder wird aus einem gut hart gehämmerten Streifen Messingblech gebogen, auf ein rundes Holzklötzchen k geschraubt und dieses in eine kurze, dicke Glasröhre r als Fuß gestittet. Die Röhre ihrerseits wird in eine Bohrung des Grundbrettes gesteckt und eingeleimt. Beide Reibkissen sollen fest angeedrückt sein.

Dreht man die Harzscheibe so wird sie auf ihrer ganzen Oberfläche negativ elektrisch. Zum Auffangen und Ansammeln der Elektrizität dient der „Konduktor“, der in Darstellung 4 noch einmal besonders in Seitenansicht und Draufsicht gezeichnet ist. Auf einer starken Glasröhre, deren Länge gleich der Entfernung der Achse vom Grundbrett ist, steckt ein walzenförmiger, an den Enden halbkugelförmig abgerundeter Körper P von Blech, Pappe oder Holz. Da er nur eine Länge von 8 cm und einen Durchmesser von 4 bis 5 cm hat, schnitzt man ihn am besten aus Holz, glättet ihn sauber mit der Kante einer Glasscheibe und sorgt durch Nachreiben mit Sandpapier dafür, daß keine Erde oder Kante mehr an ihm vorhanden ist. Er kann auch mit Stanniol überklebt werden, doch ist das schwierig und nicht unbedingt nötig. Es genügt, einige Stanniolstreifen in seiner Längsrichtung aufzukleben und dort, wo die horizontale Messingstange den Konduktor durchsetzt, noch einen Stanniolring umzukleben, der die Längsstreifen untereinander und mit der Stange in Verbindung setzt. Sehr gut ist dann aber ein Überzug mit Schellacklösung. Ein starker Messingdraht g durchsetzt den Konduktorkörper und endet auf der

einen Seite in eine Gabel, welche mit einem Spielraum von einigen Millimetern die Scheibe umfaßt, auf der anderen in eine kleinere Kugel (Bleikugel vom Büchsenmacher). Die Gabel *gg* wird aus einem Stück gebogen und stumpf an den Konduktordraht angelötet. Alle Unebenheiten der Lötstelle werden mit der Feile fortgenommen, dagegen können die inneren Gabelflächen mit einer Raspel rauß gefeilt werden. Leimt man dann noch an jedes Reibkissen einen Flügel aus Wachstaffet oder Seidenzeug an (in der Figur 1 punktiert), der sich beim Drehen seitlich an die Scheibe legt und den Verlust von Elektrizität auf dem Wege vom Reibzeug zur Gabel verhindert, so ist die Maschine zum Gebrauch fertig.

Die durch Reibung auf der Scheibe erzeugte Elektrizität wird von ihr bei der Drehung bis zum Konduktor mitgenommen. Hier beeinflusst sie die in letzterem vorhandenen beiden Elektrizitäten, indem sie die positive aus der Gabel zu sich herüberzieht und die Scheibe unelektrisch macht. Es bleibt daher eine Ladung von negativer Elektrizität zurück, die man unter Funkenerscheinung von dem Induktorknopf auf den Fingerringel überspringen lassen kann*). Die sich rechts drehende Scheibe ist mithin elektrisch auf dem Wege von den Reibkissen bis zur Gabel und unelektrisch auf dem größeren Wege von der Gabel nach dem Reibzeug zurück. Es ist nun aber höchst seltsam, daß man niemals eine der beiden Elektrizitäten allein erzeugen kann, ebenso wenig wie man in der Ebene ein Loch graben kann, ohne gleichzeitig einen Berg aufzuwerfen. Ist nämlich das Glas positiv elektrisch, so erweist sich das Reibzeug negativ elektrisch, und man kann aus ihm, da es durch eine Glasröhre vom Boden isoliert ist, ebenfalls Funken ziehen. So liefert denn, was sehr wichtig ist, eine Elektrifiziermaschine sowohl positive als auch negative Elektrizität. Da man jedoch gemeinhin nur mit der Elektrizität des Konduktors experimentiert, ist es angebracht, die negative Elektrizität durch ein kleines Kettschen ab-

*) Da die meisten Maschinen Glascheiben haben, liefern sie am Konduktor nicht negative, sondern positive Elektrizität. In der Folge wollen wir eine solche Maschine voraussetzen.

zuleiten, das man um die Feder des Reibzeuges schlingt und auf den Tisch oder den Fußboden hängen läßt.

Ist die Maschine im Betrieb, so fliegen die Taffetflügel als unelektrische Körper von selbst gegen die Scheibe und bleiben dort haften, während die Scheibe zwischen ihnen hindurchgeht.

Die Zylindermaschine ist in vieler Beziehung leichter herzustellen als die Scheibenmaschine. Wir geben für unsere Leser die allereinfachste Form an (Fig. 110). Der geriebene Körper ist eine Weinflasche *F* aus ganz gewöhnlichem, grünem Glase. Mit dem Kork zusammen ist auch die Kurbelachse *K* eingefittet. Die beiden Lagerböcke *B* haben die Form derjenigen der Scheibenmaschine, nur sind sie niedriger und nur der eine hat eine Durchbohrung für die Achse und kein geteiltes Lager. Auf der anderen Seite wird die Flasche nur durch eine Holzschraube *S* gehalten, die in eine Vertiefung eines in den hohlen Flaschenboden eingefitteten Holzkeiles eingreift. Mit dieser Schraube hat man es stets in der Hand, die Flasche so weit nach dem anderen Lager herüber zu drücken, daß eine Verschiebung der Achse nicht möglich ist. Wenn der Zwischenraum zwischen den Lagerböcken zu groß geraten ist, kann man auf der Kurbelseite noch einen oder mehrere Pappringe *P* einlegen.

Das Reibzeug besteht aus einem mit Fell- oder Lederpolster versehenen, etwa 4 bis 5 cm breiten Brettchen *R*, das von unten durch zwei starke Spiralfedern fest gegen die Flasche gedrückt wird. Eine Führung erreicht man leicht, wenn man in das Grundbrett zwei stärkere, in das Reibzeug zwei dünnere Glasröhren einfittet, die sich ineinander hineinschieben können.

Der Konduktor ist hier so einfach als möglich. Auf dem linken Lagerbock ist eine starkwandige Glasröhre *G* eingefittet, die mit einer Hülse *H* aus dünnem Messingblech den Konduktordraht trägt. Er ist auf der einen Seite mit einer Kugel versehen und auf der anderen so heruntergebogen, daß er sich der Flasche bis auf etwa 3 mm nähert. Messingdraht von der Stärke eines schwachen Bleistiftes läßt sich im Schraubstock noch ganz gut biegen und man sollte den Konduktor daher nicht schwächer

anfertigen. Die Hülse *H* muß durch Lötung mit dem Draht verbunden und die Lötstelle mit der Feile sauber geglättet werden. Auch ist es durchaus nötig, die Ränder der Hülse stumpf aneinander zu löten oder doch, falls das Blech übereinander greift, die Kante abzurunden. Wer die Lötstellen ganz umgehen will, kann auch den Draht mit Schellack gleich auf der Glasröhre festkitten, erhält aber dann natürlich eine sehr zerbrechliche Arbeit.

Auch bei dieser Maschine ist ein schützender Lappen aus Seidenstoff zwar nicht unbedingt nötig, aber jedenfalls sehr wirksam. Man macht ihn so lang wie das Reibzeug und eine Wenigkeit breiter als den Durchmesser der Flasche. Wird er dann am Holz des Reibzeuges befestigt, so schmiegt er sich bei der Drehung der Flasche an und deckt sie bis nahe zum Konduktor.

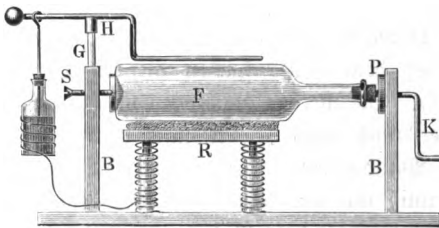


Fig. 110. Einfache Zylinderelektrifiziermaschine aus einer Weinflasche.

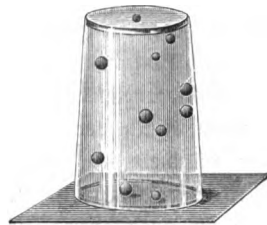


Fig. 111. Elektrischer Kugeltanz.

Eine besondere Konduktoralze ist für diese Maschine nicht vorgesehen, es wird vielmehr angenommen, daß vor den Knopf eine kleine, später zu besprechende Leydener Flasche eingehängt wird.

Der Kugeltanz. Mit Hilfe der Reibungselektrifiziermaschinen können alle Versuche über Anziehung und Abstoßung besonders eindrucksvoll gezeigt werden. Die folgenden elektrischen Spielereien beziehen sich alle auf diese Erscheinung, sie bringen zwar nichts Neues, sind aber wohl geeignet, namentlich unsere jüngeren Leser zu unterhalten.

Man hält ein gewöhnliches Becherglas und ein Stückchen Stanniol, etwas größer als die Öffnung des Glases, bereit. Das

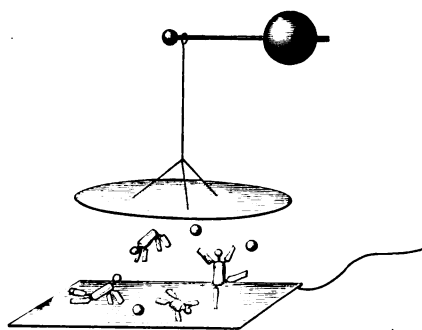
Stanniolplättchen wird flach auf den Tisch gelegt und darauf eine Anzahl kleiner Holundermarkflügelchen verschiedener Größe. Dann treibt man die Elektrifiziermaschine stark an und stülpt das Glas über den Knopf des Konduktors, so zwar, daß derselbe nacheinander möglichst mit allen Teilen der Wandung in Berührung kommt. Darauf stürzt man das Glas über die Kugeln (Fig. 111 a. v. S.) und sofort beginnen sie sich wie toll zu gebärden. Sie schnellen empor bis zum Boden des Glases, schießen wieder herab, jagen durcheinander, bleiben wohl auch eine Zeitlang an den Wandungen kleben, um dann in planlosen Zickzacklinien den Raum zu durchfliegen, kurz und gut, es entsteht eine heillose Verwirrung. Mit der Erklärung werden wir schnell bei der Hand sein. Die innere Glaswandung war an der Maschine völlig mit Elektrizität durch Mitteilung geladen worden. Da das Glas ein Nichtleiter ist, mußte jede Stelle desselben besonders mit dem Konduktor in Berührung kommen. Gegenüber dem Glase spielen die Flügelchen die Rolle unelektrischer Körper. Sie werden angezogen und fliegen zunächst nach der Seite oder nach oben — je nach ihrer Lage und Schwere — gegen die Wandungen. Dort werden sie durch Mitteilung elektrisch, gleichnamig mit der Glaswand und deshalb von ihr abgestoßen. Sie fliegen nach dem Boden, um dort ihre Elektrizität an die Erde abzugeben, und das Spiel beginnt von neuem. Es kann auch wohl der Fall eintreten, daß ein unelektrisches Flügelchen gerade aufsteigt, während ein elektrisches herabkommt. Beide ziehen sich nach dem bekannten Sage an und es entsteht nun zwischen beiden ein oft zu beobachtendes Zaudern und Hin- und Herzerren, da keines recht weiß, ob es sich besser auf seinen Kameraden oder auf die Wandung oder den Boden stürzen soll.

Tanzende Puppen. Einen dem vorigen ganz ähnlichen Scherz kann man auf folgende Weise machen. Man benutzt dabei die Elektrifiziermaschine selbst und hat dadurch den Vorteil, den Versuch so lange fortsetzen zu können als man will.

Da hierbei stärkere Kräfte zur Verfügung stehen, braucht man sich mit einfachen Kugeln nicht zu begnügen, stellt vielmehr aus

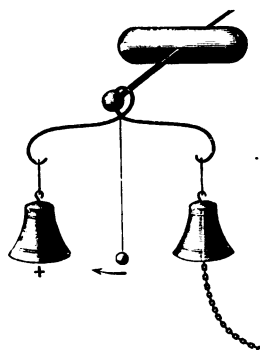
Holundermark kleine, etwa 2 bis 3 cm hohe Püppchen her, deren Körper und Glieder man durch Fäden zusammenhält. Auf große Naturtreue kommt es dabei nicht an, es genügt ein größeres Stückchen für den Körper, je zwei kleinere für die Arme und Beine und ein rundes Kugelchen für den Kopf gelten zu lassen.

An dem Konduktor der Maschine wird an dünnen Drähten eine runde Blechscheibe oder ein mit Stanniol beklebtes Pappstück (Fig. 112, links) aufgehängt, so, daß es vielleicht 5 oder 6 cm hoch über dem Tisch schwebt. Auf ein Stanniolblatt werden, gleichsam wie auf einen Teppich, unsere Akrobaten gelegt. Die über ihnen schwebende Scheibe ist der Baldachin. Es ist zwar nicht unbedingt



Tanzende Puppen.

Fig. 112.



Elektrisches Glockenspiel.

nötig, aber doch von fühlbarem Nutzen, das Stanniolblatt durch einen dünnen Draht mit dem Reibzeug der Elektrifiziermaschine zu verbinden.

Um die Vorstellung sich dramatisch abwickeln zu lassen, dreht man die Maschine anfangs nur sehr langsam. Die Akrobaten liegen noch teilnahmslos auf dem Boden, nur daß der eine oder andere vielleicht seinen Kopf etwas hebt und den Arm emporreckt, als erwache er aus tiefem Schläfe. Plötzlich richtet sich der Mutigste empor, nicht immer mit den anmutigsten Bewegungen. Eine schnellere Bewegung der Scheibe flößt ihm und vielleicht auch

den anderen mehr Lebensfreude ein. Sie heben die Arme und drehen sich dann oft auf einem Beine herum, was sehr lustig anzusehen ist. Nun ist es an der Zeit, die Maschine kräftig zu drehen, und wie auf ein Kommando beginnen die ergößlichsten Bocksprünge und Tänze. Einige Kugeln, den Figürchen hinzugefügt, erhöhen noch den Effekt, da man dann ganz den Eindruck hat, als handele es sich um eine heftige Fußballschlacht.

In Wahrheit aber haben die Männlein nur das eine Bestreben, die Elektrizitäten zwischen dem Baldachin und dem Teppich miteinander auszugleichen.

Elektrisches Glockenspiel. Kann man zwei gleich große, metallene Glöckchen beschaffen, so ist der Apparat schon so gut wie fertig. Sie werden an einem Drahtbügel, wie ihn Fig. 112 (a. v. S.) zeigt, nebeneinander und in gleicher Höhe aufgehängt. Ihr Abstand richtet sich nach der Stärke der Maschine, man mache ihn lieber geringer als zu groß. Für eine Maschine von 20 cm Scheibendurchmesser dürften 4 bis 5 cm passend sein. Die eine der Glocken ist an einer seidenen Schnur, die andere an einem Draht befestigt. An ersterer — auf unserer Abbildung rechts — ist außerdem ein Kettenchen angebracht, das bis auf den Tisch herabreicht oder mit dem Reibzeug der Maschine verbunden wird. Zwischen beiden Glocken hängt an einer dünnen, seidenen Schnur ein leichtes Metallkugeltchen (am besten Aluminium oder eine kleine Hohlkugel) herab.

Sobald die Maschine gedreht wird, sieht man sich das Pendelchen der am Draht aufgehängten Glocke nähern. Es berührt sie schließlich und eilt dann, sie zart anschlagend, zwischen beiden Kugeln hin und her. Offenbar ist nur die eine der Glocken mit dem Konduktor in leitender Verbindung. Hier ladet sich das unelektrische Kugeltchen, um dann seine Elektrizität an die andere Glocke abzugeben, von wo aus sie durch die Kette zur Erde abfließt.

Wollte man den Apparat für drei Glocken bauen, so müßte man zwei durch Seide isolierte Klöppel zwischen ihnen befestigen und die mittlere Glocke laden, während die beiden anderen zu isolieren und mit Kette zu versehen wären.

Wer Glocken nicht zur Hand hat, kann sich auch mit der elektrischen Spinne belustigen. Ihr Körper wird aus Holundermark gefertigt, außerdem gibt man ihr Beine von Wachs und vielleicht auch einen Farbenanstrich, der sie der Natur entfernt ähnlich macht. Darauf hängt man die Spinne an einem langen seidenen Faden an einem Kronleuchter, einige Zentimeter vor dem Konduktor, auf. Sie wird sofort angezogen und fliegt dann zur Hand hinüber, falls man sie ihr entgegenstreckt. Sie scheut sich aber auch nicht, einem Neugierigen ins Gesicht zu fliegen. Der Versuch gelingt bei langem Faden noch auf größere Entfernungen. Stellt man sowohl das Experiment mit den Glocken, wie dieses im dunkeln Zimmer an, so bemerkt man den elektrischen Ausgleich am Überspringen kleiner Zündchen.

Die elektrische Brettschaukel. (Fig. 113.) Auf einem Brette von etwa 20 bis 25 cm Länge ist eine Wippe aufgebaut.

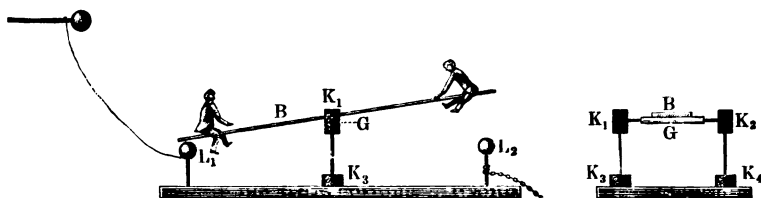


Fig. 113. Elektrische Brettschaukel.

Alles an ihr ist möglichst leicht. Ein 2 cm breiter Streifen (*B*) aus Zigarrentistenholz ist auf seiner unteren Seite mit Stanniol beklebt und stellt ein Brett dar. Quer unter seiner Mitte ist ein Glasröhrchen *G* mit Siegelack ange kittet, das auf beiden Seiten etwa 5 mm über das Brettchen hervorsteht. Es ist in der Seitenansicht deutlich zu erkennen. Durch dies Röhrchen geht die Achse in Gestalt einer Stopfnadel, die beiderseits in den Korken *K*₁ und *K*₂ befestigt wurde. Diese wieder stehen durch zwei Stopfnadeln mit den auf das Grundbrett geleimten Korken *K*₂ *K*₃ in Verbindung und bilden so mit diesen zusammen einen ausreichend festen Bod

für die Schaukel. Unter den Enden des Brettchens stellt man in gleicher Höhe, doch so, daß das Brett sich noch um 2 oder 3 cm bewegen kann, zwei Metallkugeln auf. Reihposten oder Flintenkugeln eignen sich gut dazu. Die Kugel L_1 ist jedoch vom Boden durch eine Glasröhre isoliert, die Kugel L_2 dagegen nicht, sie wird auf einen Draht gelötet.

Ist der Apparat so weit fertiggestellt, dann setzt man zwei kleine Püppchen aus Wachs auf das Brett und gleicht ihr Gewicht so ab, daß die Schaukel in jeder Stellung stehen bleibt oder doch möglichst gleich belastet ist. Kann man dies nicht erreichen, so schadet ein Übergewicht auf der Seite der isolierten Kugel weniger als auf der anderen.

Die Kugel L_1 wird mit dem Konduktor, die andere (nicht isolierte) durch eine Kette oder einen Draht mit dem Boden oder besser noch mit dem Reibzeug der Maschine verbunden. Beim Drehen der Maschine kommt die Schaukel sofort in Gang. Zuerst nämlich wird das unelektrische Brett von der elektrischen Kugel angezogen, worauf es selbst elektrisch und abgestoßen wird. Da das Brett — in Folge des Stanniolbelags — seiner ganzen Länge nach elektrisch wird, so stehen sich dann auf der anderen Seite ein elektrischer und ein unelektrischer oder negativ elektrischer Körper (die Kugel L_2) gegenüber. Es erfolgt mithin auf der einen Seite Abstoßung, auf der anderen zugleich Anziehung. Sobald jedoch das Brett die andere Kugel berührt, entlädt es sich, das Spiel beginnt von neuem und dauert so lange fort, als die Maschine gedreht wird. Sollte die Schaukel sich nicht gleich in Betrieb setzen, so darf man ihr schon einen kleinen Anstoß geben.

In ähnlicher Weise lassen sich mit der elektrischen Anziehung und Abstoßung hundert kleine Scherze ausführen. Unsere Leser mögen da einmal unter die Erfinder gehen.

Mit der Elektrifiziermaschine ein Licht auszublasen.

Das Experiment ist sehr überraschend und leicht auszuführen, da es eigentlich keiner Vorbereitungen bedarf. Man hat nur mit Wachs, doch so, daß eine Berührung stattfindet, eine Nähnael an

dem Konduktorknopf der Maschine zu befestigen. Verbindet man dann das Reibzeug gut mit der Erde und dreht die Maschine stark, so wird man an der vor die Spitze gehaltenen Handfläche einen eigentümlichen „elektrischen“ Wind verspüren, besonders wenn sie feucht ist. Man kann sich dabei der Spitze auf geringe Entfernung nähern, ohne einen Schlag, der bei den Reibungsmaschinen ohnehin kaum fühlbar ist, befürchten zu müssen.

Hält man eine brennende Kerze vor die Spitze (Fig. 114), dann wird die Wirkung des Windes auch sichtbar und man meint jeden Augenblick, die Flamme müsse verlöschen. Das tut sie jedoch nur, wenn man von vornherein den Docht so pußt, daß die Flamme klein und unsicher brennt.

Es ist nun recht erfreulich, daß unsere Kenntnisse von der Anziehung und Abstoßung völlig ausreichen, um die Erscheinung

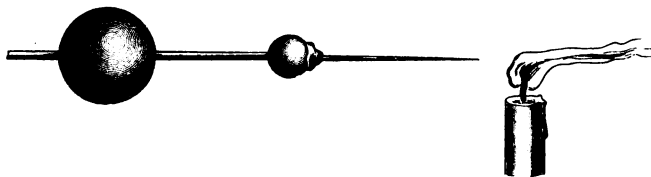


Fig. 114. Elektrischer Wind.

zu verstehen, obgleich wohl niemand gleich auf die richtige Erklärung verfallen wird. Vor allem muß einmal gesagt sein, daß man da nicht die Elektrizität leibhaftig als etwas „Windiges“ spürt. Die Sache liegt doch anders.

Legen wir uns einmal die Frage vor, wie wohl die Elektrizität in einer geladenen, sonst aber von der Erde isolierten Kugel verteilt sein mag, wobei wir zunächst annehmen, daß es sich um eine Vollkugel handele und diese mit positiven oder negativen, jedenfalls aber gleichnamigen Elektrizitätsteilchen gleichmäßig angefüllt sei. Dann ist dieser angenommene Zustand natürlich nur ein vorübergehender. Denn die Teilchen haben, als gleichnamig, den Wunsch, sich abzustößen und möglichst weit voneinander zu entfernen. Da

die Kugel aus Metall ist und leitet, steht dem nichts im Wege. Doch die Kugel hört an ihrer Oberfläche auf und dort beginnt ein Isolator, die Luft. Die Elektrizitätsteilchen, d. h. die gesamte Ladung, wird mithin nicht im Innern der Kugel, sondern stets auf der Oberfläche der Kugel sitzen, dort gleichsam — denn sie möchte ja noch weiter auseinandergehen — auf die Luft „drückend“. Es ist also für die Menge der elektrischen Ladung ganz belanglos, ob die Kugel voll oder hohl ist, und man zieht natürlich letzteres, weil es billiger ist, vor.

Wenn es sich nun nicht um eine Kugel, sondern etwa um einen langgestreckten Körper handelt, so wird auch hier die elektrische Ladung an seiner Oberfläche sitzen, aber sie wird nicht gleichmäßig verteilt sein, denn nach einer Richtung (der Längsrichtung) werden die Teilchen weiter auseinanderfliegen können als nach der anderen und daher diese bevorzugen. Es sammeln sich mithin an den Enden die meisten Teilchen an, und der „elektrische Druck“ ist hier am größten. Übertreiben wir den Fall des Längskörpers nach Möglichkeit, so erhalten wir unsere Nadel. Ihre Länge ist im Verhältnis zu ihrem Durchmesser sehr groß, und fast alle Elektrizitätsteilchen werden sich daher in der Spitze zusammenfinden müssen, um hier mit vereinten Kräften einen ungeheuer starken Druck auszuüben. Diesem Druck kann selbst der Isolator, die Luft, nicht mehr widerstehen, und es kommt zu einem Ausströmen der elektrischen Ladung aus der Spitze, freilich nicht ohne tätigen Anteil der Luft selbst, deren Teilchen gleichsam den Transport der Elektrizität übernehmen, gerade wie die Kügelchen beim Kugeltanz. Denn die Luftteilchen — die Stäubchen in der Luft ebenfalls nicht zu vergessen — sind unelektrisch, werden gegen die Spitze gezogen, dort geladen und als gleichnamig elektrisch abgestoßen. So entsteht ein Luftstrom seitlich nach der Spitze hin und in der Mitte von der Spitze fort. Diesen Luftstrom spüren wir und die Kerzenflamme.

Dieses Experiment erklärt aber auch, warum alle Teile an Elektrifiziermaschinen rund ausgeführt werden. Denn jede Unebenheit, jede Kante und Spitze bedeutet eine offene Tür für die

Elektrizität. Kann sie nicht entfliehen, so wird ihr Druck um so größer, je mehr Elektrizität die Maschine auf der Oberfläche ihrer Teile anhäuft und die Elektrizität befindet sich dort, wie man sagt, im Zustande der „Spannung“.

Das elektrische Mühlrad. Den elektrischen Wind kann man zum Betriebe von allerhand leichten Rädchen benutzen, daß aber dabei der Vorteil nicht groß ist und man nie daran denken wird, den Versuch zu praktischen Zwecken im großen zu machen, liegt auf der Hand.

Genau durch die Mitte eines guten Korkes (K_1 , Fig. 115), und zwar in der Längsrichtung, wird eine Stopfnadel als Achse

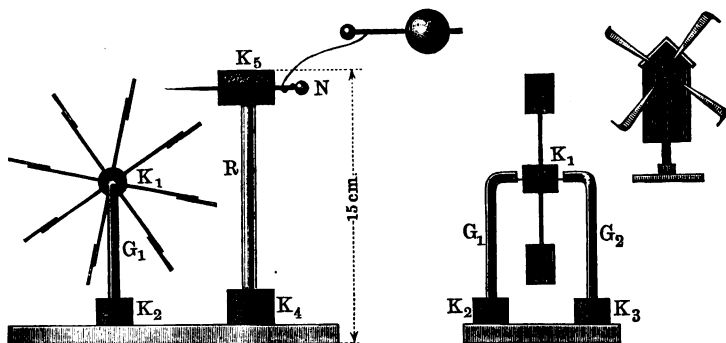


Fig. 115. Elektrische Mühle.

gestoßen. Sie läuft was besonders aus der Seitenansicht der Vorrichtung deutlich hervorgeht, rechts und links in zwei oben umgebogenen Glasröhrchen G_1 und G_2 , die jedenfalls länger sein müssen als die Stopfnadeln, welche man für das Rad verwenden will. Erstere sind unten in Kork gesteckt (K_2 und K_3) und mit diesen in senkrechter Stellung auf dem Grundbrett festgeleimt. Der bewegliche Kork ist rings in der angedeuteten Weise mit acht oder mehr Stopfnadeln symmetrisch besteckt, die wiederum an ihren Enden kleine mit Schellack befestigte Flügeln aus Papier tragen. Durch Eindrücken der Nadeln, Biegen derselben

und vorsichtiges seitliches Beschneiden der Papierflügel kann man es sehr leicht dahin bringen, daß das Rad rund läuft und in jeder Stellung stehen bleibt. Zum Anblasen dient eine Vorrichtung, die, wie fast alle die kleinen elektrischen Spielapparate, nur aus Korken, Glasröhren, Siegellack und Nadeln zusammengesetzt ist. Eine etwas stärkere Glasröhre R mit dem Fußkork K_1 trägt an ihrem oberen Ende den Kork K_2 , durch den eine Stopfnadel N gebohrt und gegen die Flügelchen gerichtet ist. Wie weit man an diese herangehen darf, ohne die Wirkung wieder abzuschwächen, lehrt die Erfahrung. Um eine Ausströmung auf der Öfenseite zu verhüten, befestigt man hier eine kleine Siegellackkugel.

Die Nadel wird mit dem Konduktor der Maschine, das Reibzeug derselben mit der Erde verbunden. Ist das Rädchen nur einigermaßen genau gebaut, so dreht es sich mit großer Geschwindigkeit.

Das elektrische Flugrad. Wir erinnern unsere jungen Leser an alles, was sie im Kapitel „Mechanik“ über den Rückstoß

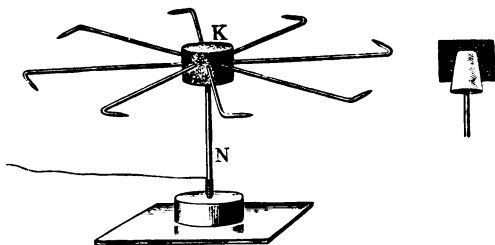


Fig. 116. Elektrisches Flugrad.

gelesen haben und an das Wasserrad wie an den kleinen Dampfer, dessen Tätigkeit auf dem Rückstoß beruhte. Eine ganz ähnliche Rückstoßwirkung übt auch der von der elektrischen Spitze herührende Luftstrom aus, er treibt die Spitze rückwärts und wenn sie diesem Antriebe nicht folgt, so liegt das lediglich an ihrer festen Aufstellung. In passender Abänderung kann man jedoch leicht für ihre Beweglichkeit oder selbst für die mehrerer Spitzen sorgen.

Man höhlt einen Korf *K* (Fig. 116) von unten her aus und befestigt in ihm einen recht kleinen Fingerhut, damit ersterer sich auf einer Nadelspitze *N* leicht drehen kann. Rings um den Korf steckt man in symmetrischer, sternförmiger Anordnung mehrere an den Enden fein zugespitzte Messingdrähte fest und biegt ihre Spitzen dann, wie die Abbildung es zeigt, alle mit einer Flachzange in demselben Sinne horizontal um. Das Rad läuft mithin auf einer senkrechten Achse und es ist nicht schwer, die Drähte so in den Korf einzudrücken, daß es horizontal schwebt. Ein Hauch muß es in Umdrehung versetzen.

Die Elektrizität wird vom Konduktor der Nadel *N* und durch diese und den Korf den Ausströmungsspitzen zugeleitet. Die ganze Vorrichtung muß von der Erde isoliert sein, was am einfachsten durch Kitten des Fußkorfes auf eine Glasplatte erreicht wird. Oft leitet auch der drehbare Korf nicht genügend. Man hilft dann dem Übelstand leicht durch einen Überzug mit unechter Goldbronze ab.

Die kleine Beifigur der Abbildung 115 deutet an, daß man mit geeigneten Vorkehrungen das Rad auch vertikal laufen lassen kann und zeigt, wie man den Speichen durch Bekleben mit Seidenpapier das Aussehen von Windmühlensflügeln gibt. Die Lagerung der Achse erfolgt in einer passenden Glasröhre. Mehr Andeutungen wollen wir nicht geben. Unsere jungen Freunde mögen sich einmal selbst darüber klar werden, wie hier die Elektrizitätszuführung zu geschehen hat, ohne daß der Körper der Mühle mit seinen vielen Ecken und Kanten selbst elektrisch wird.

Ein elektrischer Rückstoßwagen. Auf einem langen Holzbrett *B* (Fig. 117 a. f. S.) sind vier etwa 10 cm hohe, nicht zu schwache Glasröhren eingefittet. Sie bilden das feste Gerüst für zwei, etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 mm starke Eisen- oder Stahldrähte, die ähnlich wie das Seil eines Seiltänzers aufgespannt sind. Damit die Drähte nicht abgleiten, versieht man durch einige Striche mit der angefeuchteten Dreikantseile die Röhren oben mit kleinen Einkerbungen. Da die Drähte isoliert sein müssen, gehen sie nicht

bis auf das Brett herab, laufen vielmehr beiderseits in diese Seidenschnüre aus. Es kommt alles darauf an, die Drähte so straff zu haben, daß auch eine Belastung von einigen Gramm sie nicht wesentlich durchbiegt. Daher wird es kaum genügen, die Seidenschnüre über Nägel zu ziehen. Besser ist es, Wirbel oder auch nur Holzschrauben schräg einzusetzen, mit denen man durch Drehung die nötige Spannung stets wieder herstellen kann. Auf den in einer völlig horizontalen Ebene ausgespannten Drähten kann nun ein kleiner, leichter Wagen laufen, dessen Räder elektrische Flugräder sind. Je zwei Kerke werden miteinander durch ein Stricknadelstück verbunden, das die Achse bildet und etwas länger sein muß als der Zwischenraum zwischen den Drähten. Denn der Wagen läuft genau genommen nicht mit seinen Rädern, sondern mit seinen Achsen auf der Bahn. Jede Achse erhält

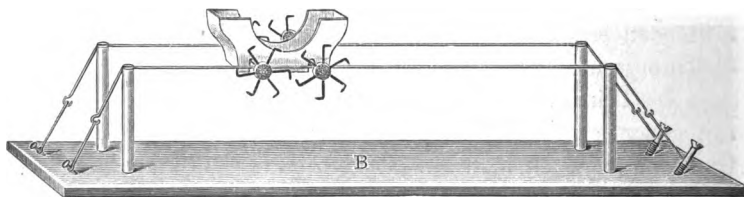


Fig. 117. Elektrischer Wagen.

zwei kleine Flugräder, deren Spitzen alle in demselben Sinne zurückgebogen sind. Auf die genaue Herstellung dieser Räder kommt sehr viel an. Sie dürfen, auf die Drähte gelegt, nicht hin und her pendeln, sondern müssen in jeder Stellung liegen bleiben. Werden die Drähte durch Verbindung mit dem Konduktor elektrisch, so laufen die Rädchen auf ihren Achsen über die ganze Bahn hin. Man klebt nun aus Papier einen kleinen, leichten Wagenkasten und setzt ihn mit seinen halbrunden Ausschnitten auf die Achsen, wodurch diese in der richtigen Lage und Entfernung voneinander festgehalten werden. Es sieht sehr niedlich aus, wenn der Wagen über die Drahtbahn dahinfließt, das Experiment mißlingt jedoch unter allen Umständen, sobald das Gefährt die geringste Ungleichförmigkeit in seinem Bau aufweist.

Elektrische Funken. Dreht sich das Flugrädchen im Dunkeln, so gewahrt man an seinen Spizen helle Pünktchen und von diesen ausgehend kleine büschelförmige Lichtausstrahlungen. Die Elektrizität entweicht unter einer Leuchterscheinung, und betrachtet man eine arbeitende Elektrifiziermaschine im finsternen Zimmer mit völlig ausgeruhtem Auge, so kann man am Konduktor, am Reibzeug, ja an der Scheibe selbst, leuchtende Büschelchen und Streifen sehen. Sie dienen dann gut dazu, um spitze und kantige Stellen an der Maschine aufzusuchen und mit Schellack zu überziehen.

Besonders groß und schön bildet sich das Bündel aus, wenn man auf den Konduktor eine kleinere Kugel aufsetzt und dieser

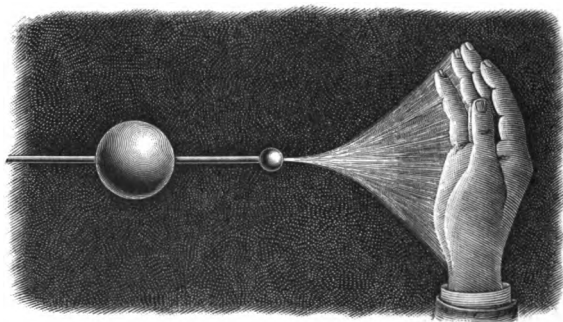


Fig. 118. Leuchtendes elektrisches Büschel.

die Hand allmählich nähert (Fig. 118). Zunächst erkennt man nur ein winziges Lichtpünktchen der Hand gegenüber, halb aber schießen wie aus einem gemeinsamen Stamme feine Lichtstrahlen und Verästelungen hervor, die schließlich mit fahlem Licht den ganzen Zwischenraum ausfüllen. Dabei hat man ein Gefühl, als habe man in Spinnweben gefaßt, und es läßt sich ein leises Summen und Säusen vernehmen, das dieser Art von elektrischen Entladungen eigen ist. Dasselbe Geräusch hört man auch von der Maschine, wenn sie kräftig erregt ist. Man sagt dann, sie „spinne“.

Der Heiligenschein. Auch an den elektrischen Zuleitungsdrähten für die Apparate kann man im Dunkeln einen leichten Lichtschimmer, hervorgerufen durch unzählig viele kleine Büschelchen, wahrnehmen und durch geeignete Formung der Drähte sogar, bei etwas kräftigen Maschinen, Buchstaben und Namenszüge darstellen, nur muß man darauf achten, daß der Draht nirgends ausliegt und mit seidenen Schnüren gehalten wird. Will man auf diese Art einen Heiligenschein über dem Haupte einer Person erscheinen lassen, so muß man den Draht rund biegen und ihn in einer Glasröhre zuführen. Die Röhre dient dann auch als Handhabe. Silbersehnur, um den Draht gewickelt, erhöht den Effekt. Dieser Heiligenschein ist insofern nicht sehr bequem, als sich die Haare unter ihm zu Berge sträuben.

Auch draußen, in freier Natur, läßt sich bei dem Ausgleich der atmosphärischen Elektrizitäten die Spigenentladung bisweilen beobachten. Sie erscheint dann besonders gern auf Blitzableitern und den Mastspitzen der Schiffe, dort dem abergläubigen Seemann als St. Elmsfeuer wohlbekannt. Nach den meteorologischen Berichten soll das Gipfelobservatorium des Montblanc bisweilen von St. Elmsfeuern überdeckt sein, was einen schönen und beängstigenden Anblick zugleich gewähren mag.

Der Isolierschemel. (Fig. 119.) Oft kommt es darauf an, nicht nur einen Apparat, sondern eine ganze Person in den

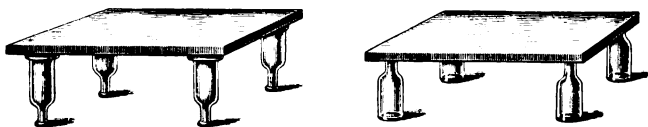


Fig. 119. Isolierschemel.

elektrischen Zustand zu versetzen, was ohne weiteres nicht möglich ist, da die Elektrizität sofort bei der Berührung des Konduktors durch den Körper zur Erde abgeleitet wird. Man muß daher die Person von der Erde isolieren.

Man läßt sich vom Drechsler vier runde, etwa 4 cm starke Scheiben aus Holz drehen, in der Mitte mit einer Vertiefung, passend für den Fuß einer starkwandigen Wein- oder Seltersflasche. In diese Vertiefungen werden die Flaschen mit einem Brei aus Leim und Schlämmtreide festgekittet, worauf man sie, den Hals nach unten, unter die vier Ecken eines starken und etwa $\frac{1}{4}$ qm großen Brettes leimt. Es entsteht so ein Schemel mit vier Glasfüßen, auf den die zu elektrisierende Person sich stellt.

Einfacher ist es, die Flaschen aufrecht zu stellen und dem Brett vier hölzerne Zapfen zu geben, mit denen es in die Flaschenhälfte eingreift. Auch hier tut man gut daran, es mit einer Kittung zu versuchen, da sonst die Bank leicht wackelig und dann gefährlicher wird als die elektrischen Schläge. In beiden Fällen aber ist es durchaus nötig, die Flaschen auf dem Herde durch Erhitzen gehörig auszutrocknen.

Hat dagegen jemand trockene Gummischuhe an, so braucht man ihn nicht erst auf den verdächtigen Schemel zu nötigen, da sie die beste Isolation bilden.

Berührt die Person auf dem Isolierschemel den Konduktor oder wird sie mit ihm durch einen Draht, der aber nirgends aufliegen darf, verbunden, so ladet sie sich mit positiver Elektrizität. Es ist aber ein durch die Größe des Objektes veranlaßter Irrtum, zu glauben, daß es sich dabei um viel Elektrizität handele. Die Aufnahmefähigkeit einer Person ist gegenüber derjenigen einer Leydener Flasche außerordentlich gering und daher sind auch die Entladungen aus dem Körper, von denen gleich die Rede sein soll, völlig harmlos und erschrecken mehr als daß sie schmerzen.

Von der Ladung merkt die Person so gut wie nichts, höchstens spürt sie ein sonderbares Gefühl in den Haaren, die das Bestreben haben, sich aufzurichten, besonders wenn eine zweite, auf der Erde stehende und mithin gegenüber der auf dem Isolierschemel befindlichen, negativ elektrische Person mit ihrer Hand in geringer Entfernung über den Kopf hinsfährt. Überhaupt ist die ganze Umgebung des Elektrisierten in Bezug auf ihn als andersnamig — in unserem Falle als negativ elektrisch — anzusehen und daher

auch fähig, sich gegen ihn zu entladen. So kann man denn je nach der Stärke der Maschine mehr oder minder lange Funken aus allen Körperteilen ziehen, wobei allerdings der auf der Erde Stehende ebenso schlecht wegstommt wie der andere, denn beide entladen sich. Im übrigen aber sind die Funken, wie auch schon angedeutet, fast schmerzlos. Man braucht sich daher nicht zu scheuen, sie der Nasenspitze oder den Ohrklappen zu entlocken, nur die Augen verschone man. Sonderbarer Weise ist der durch Kleidungsstücke gezogene Funke am unangenehmsten.

Es ist nicht schwer, für den Isolierschemel einige Späße zu erfinden. So wird niemand einer elektrisch geladenen Person ungestraft einen Fuß geben, wobei dann allemal das Kinn oder die Nasenspitze als die hervorstechendsten Teile des Gesichtes den Funken abbekommen. Ist der Experimentator selbst durch Gummischuhe isoliert und in unauffälliger Weise mit dem Konduktor verbunden, so wird auch ein elektrischer Händedruck überraschen und viel Vergnügen bereiten. Der Schmerz ist beiderseits ganz geringfügig, der Schreck aber stets auf seiten des Überraschten.

Die Sammelflaschen. (Kleist'sche oder Leydener Flaschen.)

Um unseren Lesern eine möglichst deutliche Vorstellung von der Wirkung der Sammelflaschen zu geben, wählen wir einen Vergleich, der wenigstens im großen und ganzen zutrifft. Man denke sich zwei nebeneinander liegende, nur durch eine dünne Wand getrennte Zimmer mit Fliegen angefüllt, die lustig durcheinander surren. Wenn es ihrer genug sind, so werden beide Zimmer einen völlig gefüllten Eindruck machen. Dann lasse man seiner Phantasie einmal weiter die Zügel schießen und denke sich alle Fliegen in dem einen Zimmer positiv und alle in dem anderen negativ elektrifiziert. Sofort wird eine Anziehung erfolgen, so daß alle Fliegen gegen die Scheidewand gezogen werden und sich dort neben- und übereinander ansammeln. Die Zimmer, eben noch so voll, erscheinen nun fast leer und können von neuem mit elektrischen Fliegen bevölkert werden u. s. w.

Elektrisch genommen sind die beiden Zimmer zwei Stanniolplatten *A* und *B* (Fig. 120, Darstellung 1 a. S. 395) und die Scheidewand wird dargestellt durch eine Glasscheibe *G*, die beide Stanniolbeläge voneinander trennt. Die Fliegen sind die Elektrizitätsteilchen, die von der Maschine nach dem Belag *A* herüberfließen. Sie locken auf der anderen Seite aus der Erde, oder, wenn der Belag *B* mit dem Reibzeug verbunden ist, aus diesem, negative Teilchen herbei, die sich, gleich wie die positiven, durch den leitenden Stanniolbelag verteilt, auf der Glasscheibe ansammeln und ihre andersnamigen Kameraden durch ihre Anziehungskraft festhalten. Die Elektrizitäten sind zwar durch die Glasscheibe getrennt, halten sich aber gegenseitig gebunden, so daß eine große Menge von Elektrizität angehäuft und auf den Oberflächen der Glasscheibe gleichsam aufbewahrt werden kann. Könnte man die Glasscheibe plötzlich beseitigen, so würden sich die Elektrizitäten gierig aufeinanderstürzen und sich miteinander ausgleichen. Öffnet man ihnen hierzu einen anderen Weg, etwa indem man durch einen Draht den einen Belag mit dem anderen leitend verbindet, so tritt dieser Ausgleich sofort ein und die von Franklin erfundene elektrische Tafel ist „entladen“, d. h. im ganzen ein unelektrischer Körper geworden. Berührt man dagegen den einen Belag mit der rechten, den anderen mit der linken Hand, so geht der Ausgleich durch unseren Körper vor sich und wir empfinden einen „elektrischen Schlag“, einen schmerzhaften und erschreckenden Aufschuß, der je nach der Stärke der Ladung oft bis zu den Achseln hinauf fühlbar ist. Die Aufnahmefähigkeit der Franklinschen Tafel und überhaupt aller nach der gleichen Art hergestellten Sammelvorrichtungen wächst mit der Größe ihrer Oberfläche und mit der Dünne der trennenden Schicht, was sehr erklärlich ist, da dann die bindenden Kräfte stärker aufeinander einwirken können.

Man kann allerdings die Glasoberfläche auch ohne Belag elektrifizieren, wenn man nämlich den Konduktorknopf der Maschine nacheinander mit allen ihren Teilen in Berührung bringt und so die Elektrizität auf ihr ablagert. Es ist sogar möglich, hierbei dieselbe Stärke der Ladung zu erzielen, wenn man gleichzeitig der

anderen Seite an den entsprechenden Punkten negative Elektrizität zuführt. Niemals aber wird man von einer so geladenen Platte einen Schlag verspüren, man fühlt vielmehr bei beiderseitiger Berührung kaum ein leises Prickeln. Der Grund liegt auf der Hand. Da die Glasplatte nicht leitet, kann immer nur ein kleines Stück ihrer Oberfläche — auf dem gerade der Finger liegt — und mithin die ganze Oberfläche nur nacheinander, entladen werden, wobei dann freilich nicht viel zu spüren ist. Durch Berührung der Beläge jedoch erhält man die Entladung aller Oberflächenteilchen auf einmal.

Un sich genommen ist die Franklinsche Tafel für uns der einfachste Sammelapparat, denn es hält weder schwierig, eine passende Glasscheibe zu beschaffen, noch den Stanniolbelag auf ihr zu befestigen, namentlich wenn man nur dünn mit Stärkekleister streicht und alles Überflüssige mit den Daumen nach der Seite her austreibt. Undernfalls plagt entweder der Belag nach kurzer Zeit ab, oder der Kleister, welcher zwischen Stanniol und Glas nur schwer trocknet, gerät in Fäulnis. Man kann die Tafel sowohl aufrecht stellen als legen. In ersterem Falle empfiehlt es sich, ihr Füße aus Holz zu geben und an die Beläge kleine Häkchen mit Schellack zu kitten, um die Zuführungsdrähte bequem einhängen zu können. Darstellung 1, H (Fig. 120) zeigt ein derartiges Häkchen etwa in halber natürlicher Größe. Ein Scheibchen aus sehr dünnem Blech wird an den Rändern etwas umgebogen und mit einem angelöteten oder angenieteteten Drahhäkchen versehen. Darauf tropft man auf den Belag etwas Schellack, ebenso auf das Hakenplättchen, dessen Hohlraum mit leicht geknittertem feinem Stanniol oder Goldschaum gefüllt wird, und drückt fest auf. Auf diese Art hat man dann nicht nur eine gute Kittung, sondern auch eine genügende metallische Berührung hergestellt. Liegt die Franklinsche Tafel auf dem Tisch, so bedarf es weiter keiner Vorkehrungen, denn die Leitung des einen Belages mit der Erde ist dadurch von selbst hergestellt, und auf den oberen Belag braucht man nur den Konduktordraht lose aufliegen zu lassen. Unter die Scheibe wird dann noch ein etwa 3 cm breites Stanniolstreifen

gelegt, das etwas über ihren Rand hinausragt und bei dessen Verbindung mit dem oberen Belag durch den bald zu besprechenden Auslader die Entladung unter glänzender Funkenerscheinung vor sich geht. Soll sich die Tafel selbst entladen, so wählt man den Stanniolstreifen aus etwas dickerem Material und klebt ihn um die Scheibe herum, so daß er den anderen Belag fast berührt. Zweckmäßig ist es, wenn der Streifen dazu eine Spitze erhält (linke Hälfte der Darstellung 4 zeigt diese Anordnung). Wenn

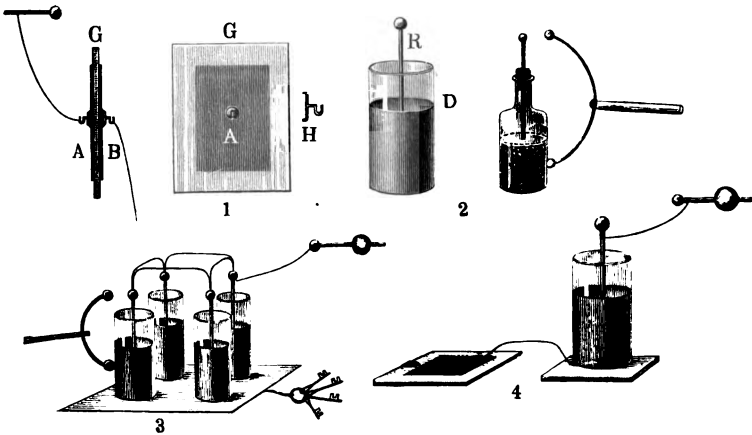


Fig. 120. Franklin'sche Tafel und Leydener Flasche.

die Maschine im Gange ist, steigt der elektrische Druck auf den Glasseiten bald so weit, daß zwischen dem Streifenende und dem Belag ein glänzendes Fünkchen überspringt. Nimmt man mit einem scharfen Messer von dem Streifen immer mehr fort, so werden die Funken seltener, aber leuchtender und länger. Durch Versuche stellt man fest, wie weit man die Funkenstrecke vergrößern kann, ohne Versager befürchten zu müssen.

Denkt man sich nun die Franklin'sche Tafel rund zusammengebogen, so entsteht aus ihr eine Leydener Flasche, ein An= sammelungsapparat, der den Vorzug besitzt, größere Elektrizitäts= mengen auf einem verhältnismäßig kleinen Raum aufspeichern zu

können. Zwei verschiedene Männer haben sie fast zugleich erfunden, der Domherr Kleist zu Cammin in Pommern, als er Wasser in einer Flasche elektrifizieren wollte (1745) und der gelehrte Cunaeus in Leyden. Man beschäftigte sich damals sehr viel mit Reibungselektrizität, und die Entdeckungen lagen sozusagen in der Luft. Die Tafel ist von Franklin, der auch die Eigenschaften der Flaschen richtig deutete, erst später angegeben worden.

Bei einer Leydener oder Kleistschen Flasche kann man natürlich nicht mehr von einem hinteren oder vorderen, von einem oberen oder unteren, sondern nur von einem äußeren oder inneren Belag reden. Unsere Leser sehen auf Fig. 120, Darstellung 2, zwei Leydener Flaschen abgebildet, von denen die erste zweckmäßiger als die andere, aber ungleich schwieriger herzustellen ist.

Ein hohes Einmacheglas wird sowohl innen wie außen bis auf einen etwa vier Finger breiten oberen Rand mit Stanniol beklebt. Außen hat das wenig Schwierigkeiten, wenn es auch nicht leicht gelingen wird, eine wirklich schöne, glatte Arbeit herzustellen, innen jedoch wird man ohne besondere Übung kaum viel ausrichten. Denn es gelingt eigentlich nur einem Buchbinder, das Stanniol ohne Fältelung einzubringen, besonders wenn das Glas eng ist. Der Stärkleister muß dünn sein, aber doch Bindekraft genug besitzen und sorgfältig von der ersten Auflagestelle nach den Seiten mit einem Falzbein herausgedrückt werden, so daß eben nicht mehr auf der Glasscheibe sitzt (als zum Kleben gerade notwendig ist). Wenn man, statt den Wandbelag auf einmal einzukleben, allmählich vorgeht und lange Streifen einbringt (also ähnlich verfährt, wie der Tapezierer beim Tapetenkleben), so erleichtert man sich die Arbeit sehr. Auf den Bodenbelag kann man schließlich schon verzichten, ohne die Wirkung der Flasche wesentlich zu beeinträchtigen. Außen und innen sollte der Belag bis zu gleicher Höhe hinaufreichen. Die Ladung der Flasche geschieht durch Verbindung des inneren Belages mit der Maschine. Man kann dazu von ihm einen Stanniolstreifen bis zum oberen Rande emporführen, bequemer und haltbarer, auch für

die Entladung zweckmäßiger ist es jedoch, durch einen lose eingepaßten Pappdeckel einen starken Metalldraht *R* bis auf den Boden in die Flasche zu stecken und oben mit einer Kugel zu versehen oder doch gut abzurunden. Um das Herabfallen des Deckels zu verhüten, kann man über die Stange einen Stork stecken. Auf jeden Fall muß die Verbindung der Stange mit dem Belag eine gute sein, was am besten durch Umwickeln mit feinen Drähten geschieht, die sich nach den Seiten hin spreizen.

Viel einfacher und eigentlich ohne Mühe herzustellen ist eine Sammelvorrichtung aus einer Flasche, bei der man von vornherein gezwungen ist, den inneren Belag durch etwas anderes zu ersetzen. Wasser könnte wohl dazu sehr geeignet sein, wenn es nicht eben — naß wäre und durch seine Dämpfe die Isolation der Glasoberfläche verdürbe. Die besten Resultate gibt dann eine Füllung mit Goldschaum — d. h. zerknitterter unechter Goldfolie — welche die Wandung an vielen Stellen berührt und die Elektrizität vom Stabe her verteilt. Der äußere Belag erleidet keine Veränderung. (Er ist in der Fig. 120, Darstellung 2, fortgelassen.)

Wer sich die Lösungen zum Versilbern (Seite 295) angeeignet hat, kann auch Silber auf der Innenwand niederschlagen. Dies ist wenigstens für kleinere Flaschen die allerbequemste und zugleich auch die vollkommenste Methode.

Um eine Leydener Flasche zu „entladen“, muß man den äußeren Belag mit dem inneren in leitende Verbindung bringen, wozu eine „Auslader“ genannte Vorrichtung sehr brauchbar ist. Sie besteht aus einem mit zwei Metallkugeln (oder auch Metallknöpfen) versehenen, halbbrunn gebogenen Draht (Fig. 120, 2), der eine isolierende Handhabe (Siegellackstange) besitzt. Zur Ladung stellt man die Flasche, deren äußerer Belag dadurch mit der Erde verbunden ist, auf den Tisch und legt einen Draht oder eine Kette von dem Knopf nach dem Konduktor herüber. Die Entladung erfolgt so, daß man zuerst den einen Knopf des Ausladers an den äußeren Belag bringt und dann den anderen dem Knopf der Flasche nähert. In einiger Entfernung wird ein heller, knallender Funke überspringen.

Eine Flasche läßt sich ungestraft nur an ihrem äußeren Belage anfassen. Berührt man gleichzeitig auch den Knopf, so erhält man durch den Körper einen Schlag, der je nach der Ladung mehr oder minder stark, jedenfalls aber immer viel fühlbarer ist, als der Schlag der Maschine. Flaschen mit Goldschaumsfüllung pflegen längere, aber weniger massige Funken zu geben als andere Flaschen, sind also dort anzuwenden, wo die Entladungen über weitere Luftstrecken gehen sollen.

Wenn unsere Leser mit Leydener Flaschen experimentieren, so mögen sie einer gebrauchten Flasche, auch wenn sie vorher entladen war, nie recht trauen. Es bildet sich nämlich nach einiger Zeit ein „Rückstand“ aus, der sich zwar an Stärke mit der eigentlichen Ladung nicht messen kann, immerhin aber für einen tüchtigen Schreck ausreicht.

Für viele Zwecke ist es sehr wünschenswert, eine Einrichtung zu besigen, mit der man die Stärke der Ladung abschätzen kann. Die Franklinsche Tafel ist in der Art, wie wir sie zuletzt beschrieben, recht wohl für den Zweck geeignet (Fig. 120, 4). Man legt sie flach auf den Tisch und verbindet ihren oberen Belag mit dem äußeren der Leydener Flasche, die man dabei auf eine isolierende Glasplatte stellt. Geht nun positive Elektrizität auf den inneren Belag über, so wird entsprechend viel negative Ladung das Bestreben haben, aus der Erde auf den äußeren Belag zu eilen. Man sieht aber leicht, daß dies nur über die Franklinsche Tafel geschehen kann, wo sie sich an kleinen, zwischen dem Stanniolfstreifen und dem oberen Belag entstehenden Funken verrät. Zählt man daher die Funken, so hat man damit auch eine Vorstellung von der Größe der Ladung gewonnen. Vor allem kann man aber immer wieder dieselbe Ladungsstärke erhalten, bezüglich sie mit anderen vergleichen.

Spielt die Art der Elektrizität eine Rolle und handelt es sich z. B. darum, eine Flasche mit positiver, eine andere aber mit negativer Elektrizität zu laden, so würde man die eine mit dem Konduktor, die zweite mit dem Reibzeug zu verbinden haben, vorausgesetzt, daß dieses von der Erde, wie bei unserer Scheiben-

maschine, isoliert ist. Wenn dies jedoch (z. B. bei der Zylinder-
 maschine) nicht der Fall ist, kann man sich eines Kunstgriffes be-
 dienen, um doch eine negative Ladung auf dem inneren Belag
 zu erhalten. Dazu ergreift man die Flasche — es muß natürlich
 eine solche mit einem Kork sein — beim Knopf und hält den
 äußeren Belag an den Konduktor. Dieser wird dann positiv und
 infolgedessen der innere Belag negativ elektrisch. Nun aber kommt
 man in die schönste Verlegenheit. Denn will man die Flasche
 auf den Tisch setzen, so tritt der äußere Belag mit dem inneren
 durch den Fußboden und den Körper in Verbindung und man er-
 hält den Entladungsschlag. Faßt man die Flasche am äußeren
 Belag ebenfalls an, so ist die Sache fast noch schlimmer, und auf
 den Tisch fallen lassen will man sie doch auch nicht. In allen
 anderen Fällen muß man aber den äußeren und inneren Belag
 gleichzeitig berühren. Da hilft dann eine kleine List. Man wirft
 die Flasche beim Knopf etwas in die Höhe und fängt sie dann
 mit beiden Händen beim äußeren Belag auf, worauf man sie,
 ohne die Ladung zu verlieren, auf den Tisch stellen kann.
 Probatum est!

Batterien aus Leydener Flaschen. Oft reicht eine
 Flasche allein, falls sie nicht unformig groß ist, für die beabsichtigte
 Wirkung nicht aus und man muß dann mehrere von ihnen zu
 Batterien zusammensetzen (Fig. 120, 3). Ein Blatt Stanniol
 oder Silberpapier wird auf den Tisch gelegt und dient den
 Flaschen als leitende Unterlage. Sie macht gleichsam aus allen
 äußeren Belägen eine einzige Fläche. Ebenso werden alle inneren
 Beläge durch umgewickelte Drähte verbunden. Haben die Kugeln
 oben Löcher, so ist es besser, wie es auch die Abbildung darstellt,
 die Drähte in sie einzuführen, da so alle Spitzen, aus denen
 Elektrizität entströmen könnte, vermieden werden. Es genügt dann,
 bei der Ladung eine der Flaschen mit der Maschine in Verbindung
 zu setzen. Daß die Unterlage, die ja mit einer großen Fläche
 aufliegt, noch besonders mit der Erde verbunden werde, ist nicht
 unbedingt nötig. Immerhin kann man ein Schlüsselbund an ihr

befestigen und während der Ladung in die Hand nehmen. Wenn man eine Flasche mit dem Auslader berührt, so entladet man gleichzeitig die ganze Batterie. Die Wirkung der Batterie hängt von der Größe und Anzahl der angewandten Flaschen ab, die Länge der Funken wird dadurch jedoch nicht gesteigert. Die Entladung einer großen Batterie macht immer einen imposanten Eindruck, da sie unter starker Lichtentwicklung und unter einer schußähnlichen Detonation vor sich geht. Aber selbst kleinere Batterien können schon einen recht artigen Effekt hervorrufen, und ihre Schläge sollte man zarten Personen nicht mehr zumuten.

An dieser Stelle wollen wir noch als besonders wichtig darauf hinweisen, daß auch der Elektrophor sich sehr wohl dazu eignet, kleinere Leydener Flaschen zu laden und daß man daher für alle mit ihnen angestellten Versuche der Elektrifiziermaschine entbehren kann.

Lichtenbergsche Figuren. Die Elektrizität in einer Leydener Flasche hat Druck (Spannung) genug, um nicht zu dicke Halbisolatoren oder selbst Isolatoren zu durchschlagen. Hält man vor den oberen Knopf des Ausladers eine Bisitenkarte und nähert beides der Flasche, so schlägt durch den Karton ein Funke hindurch. Das Loch zeigt beiderseits aufgeworfene Ränder, ein Beweis, daß es sich nicht bei der Entladung um ein Fließen der Elektrizität nur in einem Sinne, sondern um einen Ausgleich in beiden Richtungen handelt.

Ist die Isolation jedoch gut und dick genug, so macht wenigstens die Elektrizität den Versuch, sich auf ihm zu verteilen und eine Verbindung mit ihrer andersnamigen Schwester zu erreichen. Ergreift man eine stark geladene Leydener Flasche bei dem äußeren Belag und drückt sie mit dem Knopf auf die Mitte einer isolierenden Fläche, etwa auf den Harzflecken des Elektrophors oder ein, Quadratdezimeter großes, Stück Hartgummi, so strahlt die Elektrizität über die Fläche nach allen Seiten hin aus. Diese Strahlung verläuft meist still und ungesehen, kann jedoch, wie es

Lichtenberg gezeigt hat, auf folgende Weise nachträglich sichtbar gemacht werden.

Wo der Ausgleich vor sich gegangen ist, wird das Harz elektrisch und fähig, leichte Körperchen heranzuziehen. Nur müssen sie sehr leicht sein. Gut eignen sich hierzu trockene Mennige und Schwefelblumen, am besten aber der überaus leichte und

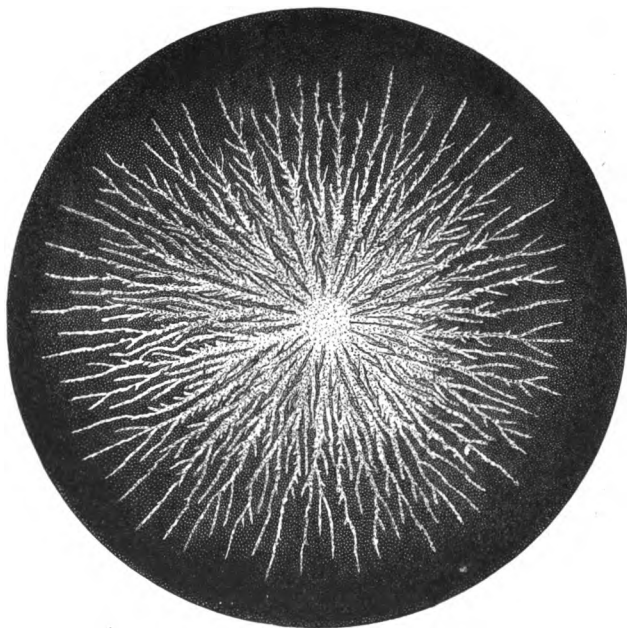


Fig. 121. Lichtenbergsche Figur.

feine Samen des Bärlappes (semen lycopodii). Man füllt ihn in ein leinenes Beutelchen, schlägt dieses über die andere Hand und stäubt so aus ihm den Samen aus einiger Höhe über die Platte. Fig. 121 zeigt, wie zart strahlenförmig er sich auf dieser ansetzt. Doch nur, wenn es sich um eine positive Entladung handelt. War sie negativ, so entstehen rundliche Flecken.

Befinden sich beiderlei Entladungen auf derselben Fläche, so kann man sie ebenfalls unterschiedlich voneinander und zugleich sichtbar machen. Man füllt dann in das Säckchen ein inniges, trockenes Gemenge von Schwefelblumen und Mennige. Indem die kleinen Teilchen durch die Poren der Leinwand stäuben, werden sie durch Reibung elektrisch, und zwar die Mennige positiv und der Schwefel negativ. So setzen sich denn die Mennigeteilchen nur auf den negativen und die Schwefelblumen nur auf den positiven Entladungen fest. Erstere erscheinen dann rötlich, letztere gelb.

Da Mennige eine giftige Verbindung des Bleies ist, hüte man sich sehr, die allerfeinsten und als Wolke eine Zeitlang in der Luft schwebenden Teilchen einzuatmen. Wenn man sich mit dem Rücken gegen den Zugwind stellt, so hat man den besten Schutz. Auch ein um den Mund gebundenes Tuch leistet gute Dienste.

Entladung der Leydener Flasche durch eine Kette von Menschen. Die nun mitzuteilenden kleinen Scherze mit der Leydener Flasche beruhen fast sämtlich darauf, irgend einem guten Freunde unversehens einen elektrischen Schlag zu versetzen. Das will denn heutzutage, wo die Leydener Flasche überall bekannt ist und stets Mißtrauen erregt, schon recht schlau angefangen sein. Der Schlag erschreckt fast stets ein wenig, wird auch bei stärkeren Ladungen unangenehm, ja schmerzhaft empfunden, schadet aber durchaus nicht. Nur nervösen Personen gebe man die Flasche nicht selbst in die Hand, da sie bei ihnen unter dem Einfluß des Schrecks nicht gerade gut aufgehoben ist. Sehr starke Schläge versetze man aber nur Personen, die darauf vorbereitet sind, und treibe überhaupt den Spaß nicht zu weit.

Soll eine ganze Kette von Menschen elektrifiziert werden, so müssen sie sich die Hände reichen. Man selbst bildet den Anfang der Kette, hält die geladene Flasche beim äußeren Belag in der Hand und läßt die letzte Person ihren Knopf berühren. So erhält man den Schlag freilich ebenfalls, doch ist dies das beste Mittel, die anderen Teilnehmer vor zu starken Ladungen zu schützen.

Sollte aber ein Experimentator für seine eigene Person den

nötigen Mut nicht besitzen, so kann er auf folgende Weise selbst dem Schlage entgehen. Er wählt ein Stück unechter Gold- oder Silberlize, wie sie in den Puzgeschäften käuflich ist, und schneidet sie so lang, als er von Fingerspitze zu Fingerspitze bei ausgestreckten Armen klastert. Dann legt er den Rock ab, zieht die Lize durch die Armlöcher der Weste, so daß sie auf beiden Seiten heraushängt, faßt in jede Hand ein Ende und schlüpft wieder in den Rock. Auf diese Weise hat er von einer Hand zur anderen eine metallische Leitung hergestellt und braucht nun nur das eine Ende der Lize an den äußeren Belag der Flasche zu drücken und mit dem anderen zugleich die Hand der zu elektrifizierenden Person zu erfassen. So werden auch die stärksten Schläge spurlos an ihm vorübergehen.

Man kann jedoch dem Experiment auch eine Form geben, an der etwas Neues zu lernen ist. Es mögen sich um einen runden Tisch so viel Personen stellen, als Platz haben, ohne sich mit den Ellenbogen zu berühren. Auf den Tisch stellt man rings herum eine Anzahl mit Wasser gefüllter Weingläser (eines weniger als Teilnehmer vorhanden sind) und läßt je zwei Nachbarn ihre Finger in ein und dasselbe Glas stecken. Hält jeder rechts und links einen Finger in ein Glas, so ist eine Kette geschlossen, denn der Schlag wird allen deutlich fühlbar, auch wenn sich die Finger in der Flüssigkeit nicht berühren. Damit ist denn auch zugleich der Beweis geführt, daß sich die Elektrizität nicht nur in gewissen festen Körpern, sondern auch in Flüssigkeiten ausbreitet.

Die elektrische Weinflasche. Wir haben schon gesagt, daß heute jemand auf die Leydener Flasche so leicht nicht mehr hereinfällt, man muß schon zu arger List seine Zuflucht nehmen. Zum Beispiel:

Eine Weinflasche wird den meisten Leuten noch unverdächtig vorkommen. Man füllt sie bis an den Hals mit Wasser und führt ein feines Drähtchen durch den Kork und zwar von seiner oberen Fläche bis ins Wasser hinein. Um die Flasche, bis zu zwei Drittel ihrer Höhe, klebt man Silberpapier, das dann den äußeren Belag darstellt, während das Wasser die Rolle des inneren

spielt. Darauf ladet man die Flasche, indem man sie ergreift und mit dem Kork gegen den Konduktor hält. Dann stellt man sie auf den Tisch und bittet eine Person aus der Gesellschaft, sie mit dem Korkzieher zu öffnen. Sobald der Korkzieher mit dem Drähtchen in Berührung kommt, und dies ist schließlich gar nicht zu vermeiden, so erfolgt der Schlag. Sollte aber jemand, von einer dunkeln Ahnung ergriffen, die Flasche oberhalb des Belages beim Halse ergreifen wollen, so bittet man ihn, sich an diesem nicht zu beschmugen.

Eine Waschküffel als Geldschrank. Man überzieht eine irdene Schüssel äußerlich, an ihrem Boden, und bis etwa drei Finger breit unter den Rand mehrfach mit der käuflichen Bronze-tinktur und stellt sie auf ein Blatt Stanniol, unter dem man vielleicht auch noch den Tisch etwas anfeuchtet. Darauf gießt man Wasser in die Schüssel bis zur Höhe des äußeren Bronzebelages und wirft allerhand Geldstücke hinein. Der Rand und die Außenseite der Schüssel dürfen jedoch bei den Vorbereitungen keinesfalls feucht werden. Man elektrifiziert das Wasser dann stark, indem man vom Konduktor der Maschine einen Draht oder ein Kettchen hineinhängen läßt. Darauf wird die Maschine entfernt, und man bittet einen der Anwesenden, nur zuzulangen, er dürfe das aus dem Wasser geholte Geld behalten, jedoch nur ein einziges Mal zufassen. Man tut zwar gut daran, die Ladung um so stärker zu nehmen, je wertvoller die Geldstücke sind, kann aber überzeugt sein, daß der durch den Schlag Erschreckte seine Hand stets zurückziehen wird, obgleich er ebenso gut — denn die Vorrichtung ist ja entladen — nur zugugreifen brauchte. Um ganz sicher zu gehen, stellt man die Schüssel etwas vom Tischrande zurück, so daß das Opfer des Scherzes gezwungen ist, sich mit der einen Hand auf ihn zu stützen und so eine gute Verbindung mit dem äußeren Belag herzustellen.

Der elektrische Bitterfisch. Unsere Leser werden gewiß schon einmal von elektrischen Fischen gehört haben. Besonders der

Kochen und, aus der Familie der Aale, der in den Landseen Südamerikas lebende Wels, zeichnen sich durch ihre den Leydener Flaschen ähnliche Eigenschaften aus. Wenn man nämlich mit der einen Hand den Rücken, mit der anderen den Bauch des Tieres berührt, so spürt man eine heftige Erschütterung und zweifelt heute nicht mehr daran, es wirklich mit einem elektrischen Vorgang zu tun zu haben.

Während man von diesen merkwürdigen Geschöpfen erzählt, zeigt man einen kleinen, in einem Wasserglase schwimmenden Blechfisch vor und bittet einen guten Bekannten, eine bereit gehaltene Angel nach ihm auszuwerfen. Vorausgesetzt, daß man es versteht, dem Freunde das Glas in die Hand zu nötigen, wird er einen Schlag erhalten, sobald die Angel das Wasser berührt.

Zur Ausführung des Experimentes sei folgendes gesagt: Aus einer kleinen Weidenrute wird das Mark mit einem feinen Draht gestoßen und durch die Höhlung ein feines Drähtchen, gleichgültig aus welchem Material, gezogen, darauf einige Male um den Handgriff geschlungen und durch eine Lage von Band dem Blick entzogen. An dem vorderen Ende hängt, in leitender Verbindung mit dem Griff, die Angelschnur aus einem Silberfädchen. Statt des Angelhatens trägt sie einen ösenförmig in sich zurückgebogenen Draht.

Man elektrifiziert das Gefäß, indem man etwas Silberpapier fest umwickelt und in das Wasser vom Konduktor der Maschine einen Draht hängen läßt. Dieser sowie der äußere Belag werden nach der Ladung entfernt.

Die elektrifizierte Türklinke. Verbindet man eine Türklinke vom Zimmer aus mit dem Knopf der Leydener Flasche und den Fußboden mit dem äußeren Belag, so müßte, sollte man meinen, der Ankömmling beim Berühren der Klinke unvermutet einen Schlag erhalten. Dem ist jedoch nicht so. Denn das Holz der Tür leitet, auch wenn es trocken ist, die Elektrizität immerhin noch gut genug, um sogleich den Ausgleich nach dem Boden hin zu bewirken. Man muß die Flasche so einrichten, daß die Ent-

ladung erst durch den besseren Leiter des Körpers erfolgen kann. Die Franklin'sche Tafel (Seite 394), besonders wenn sie etwas groß ist, ist dazu wie geschaffen. Sie muß die Einrichtung mit dem über den Rand geklebten Stanniolstreifen haben, der eine Verbindung zwischen dem unteren und oberen Belag bis auf einen kleinen Zwischenraum (die Funkenstrecke) herstellt.

Die Tafel legt man im Zimmer nahe bei der Tür auf den Fußboden, doch so, daß die Funkenstrecke oben ist, verbindet die Türklinke durch ein feines Drähtchen mit dem äußeren Belag und zieht von dem unteren ein zweites Drähtchen durch die untere Türzarge nach außen. Damit die Füße des Eintretenden sicher mit dem Draht in Berührung kommen, zieht man ihn mehrere Male durch eine Strohmatte, die man vielleicht noch anfeuchtet. Den oberen Belag läßt man mit der Maschine in Berührung und dreht sie, wenn man den Bekannten kommen hört.

Durch die fortdauernde Ladung wird der durch den Nebenschluß der Tür veranlaßte Verlust meist so weit gedeckt, daß der Besuch doch noch einen tüchtigen Schlag erhält. Die Funkenstrecke darf nur klein sein und dient dazu, die Isolation der Anlage zu untersuchen. Springen keine Entladungsfünktchen über, dann erfolgt der Ausgleich eben schon durch das Holz der Tür und man braucht auf einen Erfolg des Versuches nicht erst zu hoffen.

Das elektrische Blasrohr. Eine der hinterlistigsten Arten, jemand unversehens einen Schlag beizubringen, ist folgende:

Man überzieht eine kleine Holzscheibe mit Stanniol und malt Scheibenringe und Zentrum darauf. Dann hängt man sie, etwa von dem vorspringenden Sims eines Schrankes herab, an Seidenfäden auf und verbindet ihr Metall unauffällig durch ein feines Drähtchen mit dem Knopf der Leydener Flasche. Zur Befestigung kann man durch das Stanniol ein kleines Nägelchen in das Brett schlagen. Der Verbindungsdraht darf mit keinem anderen Gegenstand in Berührung kommen. Die Flasche steht auf dem Fußboden und es führt von ihrem äußeren Belag ein Draht bis unter

die FüÙe des anzuführenden GlasrohrschüÙen. Es wird nicht schwer sein, ihn auf die richtige Stelle zu nötigen, sonst hilft hier auch wieder die mit Drähten durchzogene feuchte Strohmatte aus.

Das Pustrohr ist nun besonders vorbereitet. Es ist sowohl an seinem unteren wie oberen Rande mit Blech beschlagen, und diese Bleche sind wiederum außen durch ein feines Drähtchen miteinander verbunden. Das Geschos — der bekannte Nagel mit den Wollfransen — hängt an einem feinen Fädchen aus Silberlitze und dieses, etwas länger als die Entfernung der Glasrohrspitze von der Scheibe, ist vorn am Metallring der Mündung befestigt. Man schieÙt zunächst das Geschos, mit der Spitze nach dem Mundstück zu, verkehrt durch das Rohr, fängt es auf, zieht den Silberfaden etwas straff und steckt es dann wieder, als wollte man schieÙen, richtig in das Glasrohr. Den etwa noch heraushängenden Faden schiebt man in das Mundstück nach.

Es versteht sich von selbst, daß der SchüÙe einen Schlag erhält, sobald das Geschos die Scheibe berührt.

Der elektrische Rechenmeister. Ein 3 bis 4 cm hohes Pappkästchen von der Größe etwa dieses Buches (Fig. 122, K a. f. S.) erhält an seinem einen Ende den schliÙförmigen, 3 cm breiten Ausschnitt *A*, der von der Vorderseite mit einem etwas größeren Streifen von festem Pauspapier verklebt wird. Wir betrachten nun den Deckel von innen und bemerken eine Anzahl nebeneinander geklebter Stanniolfstreifen (*a, b, c, d* u. f. w.), die noch über den Ausschnitt hinwegreichen und hier kleine Zacken aufweisen, mit denen sie sich bis auf etwa 1 mm nähern. Sonst mag der Abstand der Streifen voneinander 3 mm betragen. Die Breite der Streifen richtet sich nach ihrer Anzahl und diese wiederum hängt von der Menge der Aufgaben ab, die der Apparat lösen soll. Darauf werden, und zwar von der Rückseite her, so daß sie immer je zwei benachbarte Streifen fassen, die Löcher *l* mit einem geschärfsten Messingrohr durchgestanzt. Der erste und letzte Stanniolfstreifen wird mit dem Knopf beziehungsweise mit

dem äußeren Belag einer kleinen Leydener Flasche verbunden, die bei dem Experiment von der Maschine ständig geladen wird. Steckt man dann kleine Metallplättchen in die Löcher, so wird sich dauernd die Flasche durch die Streifen und über die Plättchen hin entladen. Zieht man jedoch einen der letzteren heraus, so ist die

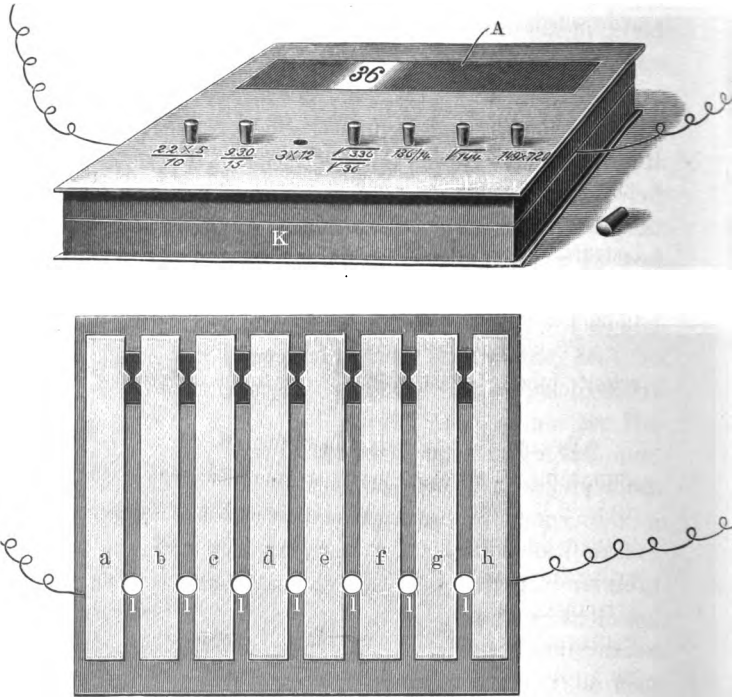


Fig. 122. Elektrische Rechenmaschine.

Elektrizität gezwungen, einen Umweg zu machen und zwar, im Streifen aufwärts laufend, über den kleinen Zwischenraum, wo sich dann ein leuchtendes Fünkchen zeigt, nach dem anderen Streifen. Dieses Fünkchen soll später, wenn der Kasten geschlossen ist, von innen heraus eine Zahl beleuchten, die man in Spiegelschrift auf den Pauspapierstreifen zeichnet. Sie ist von außen nicht zu er-

kennen, bildet jedoch das Resultat eines unterhalb des herausgenommenen Metallpflockes auf den Deckel geschriebenen Rechenexempels.

Ist der Kasten geschlossen, wie es auch die Abbildung zeigt, so bemerkt man nur die Reihe der Pflocke, unter jedem Pflock eine mathematische Aufgabe und darüber den Streifen von Hauspapier, auf dem, da die Lösungen auf der Rückseite stehen, nichts zu sehen ist.

Man bittet nun jemand, zu bestimmen, welche der notierten Aufgaben der Apparat lösen soll. Dann dreht man die Maschine und zieht den betreffenden Stöpsel heraus. Sofort wird dann das Resultat transparent erscheinen. Sollte der Funke der Maschine allein nicht hell genug leuchten, so kann man dauernd eine sehr kleine Leydener Flasche laden und diese mit Knopf und äußerem Belag an den Rechenapparat schalten. Es ist wichtig, nur solche Aufgaben zu wählen, deren Resultat der Fragesteller durch eine einfache Kopfrechnung auf seine Richtigkeit prüfen kann.

Gewitter im kleinen. Selbst als Benjamin Franklin im Jahre 1752 zu Philadelphia seinen Drachen in eine Gewitterwolke emporsteigen ließ und einen Funken aus ihr auf die Erde herabholte, wollte man sich an den Gedanken nicht gewöhnen, es im Gewitter wirklich mit derselben Elektrizität zu tun zu haben, die auch die Elektrifiziermaschine erzeugt. Erst im Laufe eines Jahrhunderts ist dieser Gedanke zum Gemeingut der Gebildeten geworden, aber wir dürfen nicht verkennen, daß seine Befestigung auch durch die moderne Darstellung elektrischer Vorgänge wesentlich unterstützt wird. Man kennt heute künstliche elektrische Entladungen von einer Kraft, einer so blendenden Erscheinung und Zerstörungswut, daß der Vergleich mit den atmosphärischen Vorgängen eher herausgefordert wird, als zu einer Zeit, wo man, um das Fünkchen der Elektrifiziermaschine zu sehen, das Zimmer verdunkeln mußte.

Wir wollen hier nicht untersuchen, welche Vorgänge eine über der Erde schwebende Wolke elektrisch gemacht haben, darüber sind

sich die Gelehrten nicht einmal einig. So viel aber können wir sagen, daß sich der elektrische Einfluß der Wolke auf der Erdoberfläche zeigen muß, wie auch immer sie geladen sein mag. Ist sie positiv, was wohl meistens zutreffen wird, so zeigt sich die Erdoberfläche negativ. Beide Elektrizitäten haben das Verlangen, sich miteinander auszugleichen und werden hieran nur durch die zwischen Wolke und Erde lagernde Luftschicht gehindert. Aber wenn es so auch zunächst zu einem lauten und für einige Zeit Erleichterung schaffenden Ausgleich nicht kommt, so besteht doch dauernd ein unmerklich leiser Austausch. Wir wissen, daß die Elektrizität leicht aus Spizen ausströmt und deren gibt es in der Natur genug. Jedes Grashälmdchen, jedes Blatt, jede Lannennadel vermittelt einen Verkehr nach der elektrischen Wolke und umgekehrt, und ohne Frage wird ein guter Teil der Gewitterelektrizität durch diesen Vorgang ausgeglichen und so seiner vernichtenden Wirkung beraubt. Auch den Blitzableitern hat man deshalb Spizen gegeben, aber sie sind doch gar zu gering an Zahl, um einen wirkfamen, stillen Ausgleich herbeizuführen. Der Blitzableiter dient nur zur Ableitung des einschlagenden Blitzes und dieser kommt immer zu stande, wenn alle anderen still entladenden Mittel nichts mehr ausrichten. Der Ausgleich braucht aber nicht immer nach der Erde zu erfolgen, denn auch die Wolkenschichten untereinander können verschiedenartig in Bezug auf ihren elektrischen Zustand sein.

In neuester Zeit hat die Photographie Aufschluß über die Form des Blitzes gegeben, und wir haben in diesem Buche auch unseren Lesern eine Anweisung gegeben, selbst Blitze aufzunehmen. Ein Versuch nach dieser Richtung läßt erkennen, daß der Blitz denn doch nicht zickzackförmig ist, wie er so oft von den Malern gezeichnet wird. Er gleicht vielmehr einem Flußlauf mit vielen Biegungen und Nebenadern, fast auch einer riesigen Spinne, die mit tausend glühenden Tangarmen nach der Erde herübergreift. Immer aber dauert der Blitz nur einen Augenblick, ja die Erscheinung währt noch viel kürzer als man meint, da das geblendete Auge den Eindruck noch eine Zeitlang festhält. Selbst ein vorüberflausender Expresszug scheint in der Beleuchtung eines Blitzes völlig

still zu stehen, man erkennt sogar die einzelnen Speichen der Lokomotivräder, ja eine Kanonenkugel würde in der Luft festgenagelt erscheinen. Wenn trotz alledem die photographische Platte den Blitz deutlich verzeichnet, so muß seine Lichtentwidelung wohl eine gewaltige sein.

Wir wollen nun daran gehen, ein Gewitter in unserem Zimmer darzustellen und auch ein kleines Haus mit einer Blitzableiteranlage bauen. Der Verfasser erinnert sich, die photographische Abbildung eines Soldaten gesehen zu haben, der beim Exerzieren vom Blitz getroffen wurde, ohne aber getötet zu werden. Das Bild war in vieler Beziehung sehr lehrreich. Der Blitz war in die Helmspitze gefahren, dann weiter am blanken Helmbeschlag heruntergegangen und auf den Hals übergesprungen. Hier und am Rücken bis zur Hüfte herab hatte er die Kleidungsstücke aufgerissen und zugleich eine böse Brandspur hinterlassen. Dann aber verlor man seine Spur bis zur Höhe des linken Schaftstiefels, den er bis zur Erde aufgeschlitzt hatte. Offenbar hatte zwischen Hüfte und Knie das Seitengewehr seine Schuldigkeit getan, jedenfalls überall dort, wo eine gute metallische Leitung vorhanden war, der Blitz den bequemeren Weg benutzt und dem Körper nicht geschadet. Eine bessere Anleitung zum Bau eines Blitzableiters kann es gar nicht geben. Die einfache Regel lautet: man setze auch dem Hause eine Helmspitze auf und verbinde sie durch ein Drahttau möglichst gut leitend mit der Erde. Wir lassen uns dies gesagt sein beim Bau unseres Blitzhäuschens.

Die Gestalt dieses Blitzhäuschens ist natürlich völlig gleichgültig, ebenso sein Material, wenn es nur nicht aus Metall ist. Für uns ist Pappe oder Kartonpapier völlig geeignet und die aus den bekannten Klebebogen hergestellten Häuschchen erfüllen ganz ihren Zweck (Fig. 123 a. f. S.). Ein zugespitzter Draht, der durch ein Glasröhrchen gesteckt und auf der höchsten Spitze des Hauses angebracht wird, vertritt die Stelle des Blitzableiters. Er sollte eigentlich durch eine Leitung mit der Erde verbunden sein, die auf Stützen über das Dach und längs der Seitenwände herunterführt. Wir begnügen uns damit, den Draht durch das Haus bis auf

den Boden heruntergehen zu lassen. Er endigt in einer kleinen Kugel. Bei den Blitzableitern der Pragis sorgt man für eine ganz besonders gute Verbindung mit der Erde, indem man das Drahttau bis zu einer großen, in einen Brunnen oder doch in feuchtes Erdreich versenkten Kupferplatte führt. Wir deuten die gute Erdverbindung an, indem wir unter das Kugelchen ein kleines Näpfschen aus Blech stellen und die Stange bis auf dieses herunterstoßen.

Nun kommt es darauf an, einen Blitz in die Schutzvorrichtung schlagen zu lassen, womöglich auch aus einer Wolke. Freilich wird

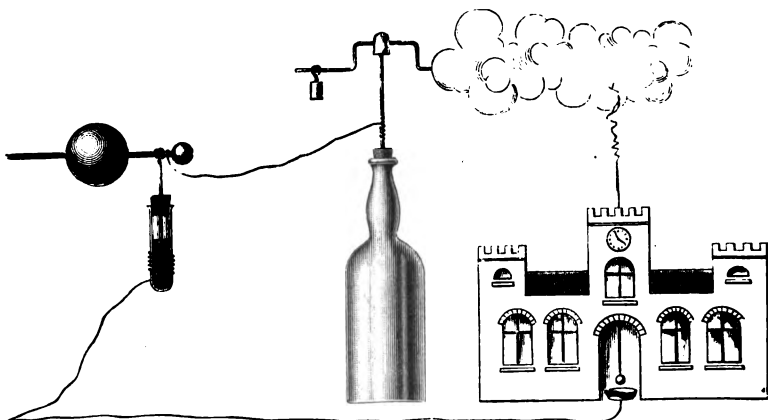


Fig. 123. Künstliches Gewitter.

niemand von ihr verlangen können, daß sie aus Wassertropfchen und Nebeldünsten gewebt sei. Wir begnügen uns damit, ihre Formen aus dünnem Blech auszuschnneiden und vielleicht etwas zu bemalen. Dann wird sie an der in der Abbildung ebenfalls veranschaulichten Drehvorrichtung befestigt. Diese besteht aus einem Fingerhut, dem beiderseits starke, etwas herabgebogene Drähte angelötet sind. Die ganze Vorrichtung schwebt drehbar auf einer Stricknadel, die fest im Kork einer Weinflasche steckt. Sie trägt einerseits die Wolke, andererseits ein kleines Gegengewicht

daß dem Gewicht des Bleches die Wage hält. Die ganze Einrichtung muß zu dem Hause in richtigem Verhältnis stehen und zwar so, daß die Wolke einige Zentimeter über der Blitzableiterspitze schwebt.

Will man die Wolke laden, so hat man nur die Stricknadel mit dem Konduktor zu verbinden. Da die Erde andersnamig elektrisch sein soll, stellt man dann noch eine Drahtverbindung zwischen dem Reibzeug und dem Blechschälchen im Hause her. Gibt man dann der Wolke mit einem Glasstabe einen Stoß, so wird sie sich dem Blitzableiter nähern, und wenn der Abstand gering genug geworden ist, einen Blitz nach ihm entsenden. Allerdings ist dieser Blitz nicht sehr glänzend und man kann daher noch eine kleine Bendener Flasche an die Maschine schalten, obgleich die Funkenlänge immer darunter leidet und um so mehr verringert wird, je größer die Flasche ist. Oft ist aber ein kleines Reagenzgläschen, innen mit Goldschaum gefüllt und außen bis höchstens zur Hälfte mit Stanniol überzogen, als Flasche für diesen besonderen Zweck völlig ausreichend. Man verbindet den äußeren Belag durch ein mehrfach umgeschlungenes, feines Drähtchen mit dem Reibzeug der Maschine und hängt das Gläschen mit einem Drahthafen am Konduktor auf. Unsere Abbildung zeigt eine derartige Anordnung, auch finden sie unsere Leser, wenn sie zurückblättern wollen, bei der Zylindermaschine.

Soll der Blitz zünden, so muß der Blitzableiter beschädigt werden, d. h. man muß irgendwo die gute Leitung nach der Erde auf eine Strecke unterbrechen, bei unserem Häuschen, indem man den Blitzableiter emporzieht und die Kugel einige Millimeter von dem Schälchen entfernt. In letzteres gießt man eine Wenigkeit von sehr starkem Spiritus (Alkohol), den man vorsichtig in dem Schälchen, nicht in der Flasche, über einer Kerze etwas erwärmen kann. Schlägt nun der Blitz ein, so springt ein Fünkchen nach dem Spiritus über, dessen Flamme dann von innen heraus das Gebäude magisch erleuchtet.

Fehlt die Funkenstrecke im Innern des Hauses, d. h. stößt die Kugel auf das Schälchen, so kann man im dunkeln Zimmer

auf der Spitze des Bligableiters auch das St. Elmsfeuer erblicken. Man hat dann die Flasche nur so hoch zu stellen, daß die Entladung eben nicht mehr überschlagen kann. In der That beobachtet man die gleiche Lichterscheinung auch bisweilen auf den Spitzen der Bligableiter, wo sie den fruchtlosen Versuch darstellt, die Gewitterelektrizität der Wolke durch stillen Ausgleich zu vernichten (Seite 390).

Die Blizt tafel. Man wird sagen müssen, daß der Funke einer Leydener Flasche zwar an Kraft und Glanz wenig mehr zu wünschen übrig läßt, daß er aber an Ausdehnung und Form mit dem Blize kaum eine Ähnlichkeit hat. Die Funken der Maschine allein wiederum sind wohl länger und bisweilen auch gezackt, jedenfalls blizähnlicher, entbehren aber wiederum der Leucht kraft. Man muß aber auch bedenken, daß der Bliz selbst unter wesentlich anderen Verhältnissen zu stande kommt. Die Luft ist stets angefüllt mit ungezählten Millionen feiner Wassertügelchen, die sich meist bei einem Gewitter zu größeren Regentropfchen zusammenfinden. Über diese Tröpfchen hin geht der Weg des Blizes, so daß er denn eine bei weitem nicht so große Luftstrecke durchschlägt, als man nach seiner Länge vermuten sollte. Indem er aber die Tropfen verdampft, ist er fort dauernd gezwungen, sich einen neuen, je nach der Dichtigkeit der Tropfen oft gewundenen, Weg zu suchen, woraus man sich dann wohl seine unstäte Bahn erklären kann. Unser Experiment vermag diese Vermutung zu unterstützen.

Wir bieten ebenfalls der Entladung einen Weg von wechselnder Leitfähigkeit dar, indem wir Feilspäne von Messing oder Eisen auf eine Glasplatte streuen und den Schlag über sie hinleiten. Offenbar soll das Feilicht die Ansammlung von Wassertropfchen in der Atmosphäre vertreten. Das Material spielt hierbei für die Länge des künstlichen Blizes kaum eine Rolle, nur seine Farbe wechselt mit ihm. Bei Eisenfeilspänen ist er hochgelb, bei Messingspänen gelbgrün, bei Kupferspänen blaugrün, bei Zinkspänen blendend weiß gefärbt. Diese Erscheinung ist in vieler Hinsicht lehrreich, denn sie zeigt, daß der Funke nicht ein Ding an sich ist,

vielleicht gar die äußere Form der Elektrizität, sondern nur eine Wirkung derselben, welche sich in der Abstäubung und Erhizung, ja vielleicht Verdampfung, winziger Metallteilchen darstellt. Es muß sich mithin durch die Entladung, deren Dauer nur nach Bruchteilen von tausendstel Sekunden zählt, jene Wärmemenge entwickeln, die ein allerdings winziges Metallteilchen bis zu seinem Schmelzpunkt; ja bis zum Siedepunkt treibt. Das ist eine Temperatur von Tausenden von Celsiusgraden, eine Temperatur, wie wir sie sonst nur auf dem Sonnenball antreffen, dort allerdings begleitet von Wärmemengen, denen gegenüber unsere Vorstellungskraft erlahmt.

Mit den Größenverhältnissen der Glasplatte braucht man nicht allzu ängstlich zu sein. Sie kann eine Höhe von 30 bis 40 cm und eine Breite von 15 bis 20 cm haben. Man bestreicht sie einerseits bis auf einen zweifingerbreiten Rand mit Firnis und schiebt die Metallspäne recht gleichmäßig auf. Wie dicht sie liegen müssen, lehrt die Erfahrung. Ein zu dichter Belag macht die Blitze zwar lang, aber auch weniger glänzend. Die linke Hälfte der Fig. 124 (a. f. S.) stellt eine Blizt tafel dar. Man gibt ihr am besten ein Stativ, aus Holzbrett und Siegelackstange *G* bestehend. Um den Fuß der Platte ist ein dicker Stanniolstreifen *S* geklebt und seitwärts mit einem Drahthäkchen versehen, durch das er mit dem Reibzeug der Maschine oder zunächst auch mit dem äußeren Belag einer kleinen Leydener Flasche in Verbindung steht. Am Kopfende der Platte berührt eine Metallklammer die Späne und ist durch einen Draht mit dem Konduktor der Maschine verbunden. Sobald diese gedreht wird, sucht sich die Entladung einen Weg über die Metallteilchen, und schön verästelte Blitze zucken an der Tafel nieder.

Man kann, wie schon angedeutet, die Tafel mit der Maschine allein betreiben, erhöht aber durch eine Leydener Flasche den Glanz der Blitze allerdings auf Kosten ihrer Häufigkeit nicht unbeträchtlich. Nur sollte die Flasche nicht zu groß und für lange Funken gebaut sein. Unsere Leser wissen bereits aus einem etwas weiten Reagenzglas eine derartige Flasche herzustellen. Man füllt

sie innen bis zur Hälfte oder etwas mehr mit Goldschaum und bringt auch außen bis zur gleichen Höhe einen Belag von Blattgold an, indem man dieses mit einem Wattebausch gegen die mit Kleister bestrichene Glaswand drückt.

Besitzt man keine Elektrifiziermaschine, dann kann man auch einen Blitz mit dem Elektrophor hervorbringen. Man wählt als Sammelvorrichtung eine kleine Medizinflasche, die in der eben angegebenen Weise mit Gold belegt wird, stellt sie auf den Tisch und verbindet den oben abgerundeten Draht, welcher mit dem Innern in Verbindung steht, mit dem Kopf-, den äußeren Belag mit dem Fußende der Blitztafel. Führt man hierauf in schneller

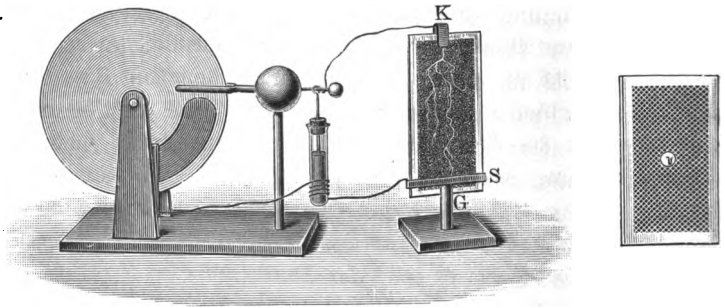


Fig. 124. Blitztafeln.

Folge mit dem Elektrophordeckel Elektrizität an den Drahtstab der Flasche heran, so wird von Zeit zu Zeit ein Blitz über die Tafel springen.

Eine andere Form der Blitztafel ist in ihrem Betriebe womöglich noch einfacher. Man überzieht eine Glastafel der gedachten Größe auf der einen Seite, doch so, daß ein 5 cm breiter Rand stehen bleibt, mit Stanniol. Auf der anderen Seite streicht man mit Firnis und streut in der beschriebenen Weise Feilspäne auf. Wenn die Tafel völlig trocken ist, lehnt man die Rückseite an den Konduktor und ladet. Gleichzeitig berührt man die Feilspäne mit der Hand nacheinander an verschiedenen Stellen. Überall

werden sich unter den Fingerspizen kleine, sternförmig verästelte und — den ängstlichen Gemüthern sei's gesagt — gänzlich ungefährliche Blige ausbilden. Denn die auf der Rückseite sich ansammelnde Elektrizität wird ihre andersnamige Schwester aus der Erde und durch unsere Fingerspizen gegen die Feilspäne ziehen, zwischen denen wir sie sich in kleinen Fünfchen verteilen sehen. Hierdurch wird die Tafel eigentlich erst geladen. Nähert sie sich dem Zustande völliger Ladung, was man an dem spärlicheren Auftreten der Funken bemerkt, so legt man den Auslader (Seite 395) auf den Konduktor und nähert seine zweite Kugel dem oberen Rande der mit Feillicht bestreuten Seite.

Mit einem lauten Knall vereinigen sich die beiden Elektrizitäten, und da alle Metalltheilchen an der Entladung teilnehmen wollen, so sieht man von dem Berührungspunkt einen feurigen, lebhaft glänzenden Blitz ausgehen, der, einem breit verzweigten Baume gleichend, in einem Augenblick blendend die ganze Tafel überfliegt und noch lange, nachdem er verschwunden, seinen Eindruck im Auge zurückläßt.

Schließlich wollen wir noch einer dritten Form der Tafel Erwähnung thun, weil sie ohne Metallspäne herzustellen ist und zu den Bligröhren überleitet. Man belegt eine Glascheibe beiderseits, bis auf einen dreifingerbreiten Rand, mit Stanniol, gerade als wollte man eine Franklinsche Tafel herstellen. Mit einem scharfen Messer versieht man darauf den einen Belag mit zwei Reihen sich schräg kreuzender Schnittlinien, so daß das Stanniol in eine große Anzahl unzusammenhängender, schiefer Vierecke zerlegt wird (Fig. 124, rechte Seite). Auf diese Fläche wird eine kleine Messingplatte mit einem Metallhäkchen gefittet.

Zum Gebrauch lehnt man die Tafel mit der unzerschnittenen Rückseite gegen den Konduktor und verbindet die vordere Fläche mit dem Reibzeug. Man bemerkt dann, wie sich die Ladung auf der vorderen Fläche durch die kleinen Stanniolrauten bligartig verteilt. Gegen Ende der Ladung werden die Blige schwächer und man kann dann so verfahren, wie bei der vorigen Tafel angegeben, d. h. den Konduktor durch einen Auslader mit dem Häkchen des

vorderen Belages verbinden. Der Blitzschlag ist dann allerdings nicht so schön verzweigt, wie bei der Feilichttafel, dafür aber äußerst glänzend.

Soll die Entladung von selbst erfolgen, so braucht man nur einen Stanniolstreifen von dem hinteren Belag über den oberen Rand der Glasaufgabe bis nahe an den vorderen Belag heranzuführen, wo man ihn in eine Spitze oder Rundung auslaufen läßt. Die Funkenstrecke kann bis 1 cm betragen. Die Verbindung mit der Maschine bleibt dieselbe, nur empfiehlt es sich in diesem Falle, das Messinghättchen nicht in der Mitte, sondern unten an der Hautenfläche anzubringen. Jedesmal, wenn die Scheibe ganz geladen ist, wird eine starke Funkenerscheinung eintreten.

Funkenröhren. Über die eben beschriebene, gewürfelte Fläche breitet sich die Entladung nach Belieben aus. Es ist aber

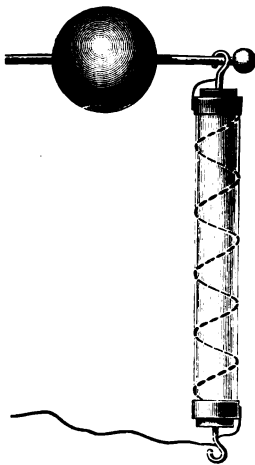
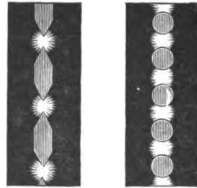


Fig. 125. Blitzröhre.

auch möglich, ihr durch eine andere Vorrichtung einen bestimmten Weg vorzuschreiben.



Wir nehmen eine ziemlich weite Glasröhre, so lang, daß sie, mit einem Stork und Messinghättchen am Konduktor hängend, den Tisch nicht berührt (Fig. 125) und kleben mit gutem Kleister zu-

nächst an ihren Enden je einen Stanniolring um sie, der durch ein untergeschobenes Drähtchen mit den Messinghaken in Verbindung steht, von denen die Röhre an ihrem unteren Ende ebenfalls einen besitzt. Dann schneidet man aus einem $\frac{1}{2}$ cm breiten Stanniol-

streifen eine größere Anzahl etwa $\frac{1}{2}$ cm langer und beiderseits zugespitzter Rechtecke, die man mit einem kleinen, in Kleister getauchten, Hölzchen aufgreift und in einer Spirallinie, wie es die Figur zeigt, auf die Glasröhre aufdrückt. Der Abstand, welchen die Stanniolstückchen voneinander haben dürfen, richtet sich nach ihrer Anzahl und der Stärke der Maschine. Je mehr es sind, desto geringer muß bei sonst gleichen Verhältnissen ihre Entfernung voneinander sein. Man sollte überhaupt nicht über einen Abstand von $\frac{1}{2}$ mm hinausgehen. Statt der Rechtecke können auch kleine kreisförmige Plättchen, die mit einem scharfen Rohr auf einer harten Unterlage ausgestanzt sind, mit Vorteil zur Verwendung kommen. Das erste Plättchen muß jedenfalls den oberen, das letzte den unteren Stanniolring leitend berühren.

Setzt man die Maschine in Umdrehung, so springen die Funken in Gestalt einer feurigen Schlangenlinie über, was einen sehr hübschen Anblick gewährt. Selbstverständlich hat man den unteren Stanniolring mit dem Reibzeug zu verbinden.

Leuchtende Buchstaben. Auf ähnliche Weise kann man auch leuchtende Buchstaben und Namenszüge bilden. Fig. 126 zeigt die Anordnung für den Buchstaben R. Wollte man das untere Ende des stehenden Hauptbalkens und das rechte Auslaufende des Buchstabens je mit dem Konduktor und dem Reibzeug der Maschine verbinden, so würde die Entladung sogleich vom oberen Ende des Balkens nach dem oberen, geschwungenen Bogen überspringen, ohne daß der links oberhalb befindliche Anstrich mitkäme. Man zerlegt den Buchstaben daher gleichsam in zwei Teile, den aufrecht stehenden

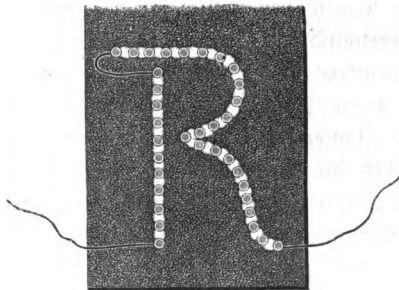


Fig. 126.

Elektrisch leuchtender Buchstabe.

nach dem oberen, geschwungenen Bogen überspringen, ohne daß der links oberhalb befindliche Anstrich mitkäme. Man zerlegt den Buchstaben daher gleichsam in zwei Teile, den aufrecht stehenden

Balken und die doppelt geschwungene Linie und stellt in der angedeuteten Weise eine Verbindung beider Teile durch ein Drähtchen her. Die Zuführung geschieht ebenfalls durch Drähte oder durch Stanniolstreifen. Auch hier wird die Leuchtwirkung durch Anwendung einer Leydener Flasche wesentlich erhöht.

Bei einiger Phantasie kann man so die schönsten Figuren herstellen. Es sollen nur einige von ihnen hier näher beschrieben werden.

Die Funkenspirale. Man klebt die kleinen Stanniolrauten, innen beginnend, spiralförmig auf eine Glasplatte und setzt auf die Mitte eine Messingplatte mit einer Öse, um die Elektrizität zuzuführen. Das Reibzeug verbindet man mit dem Endpunkt der spiralförmigen Linie am Umfang der Scheibe. Selbstredend darf der Zuführungsdraht die Rauten nirgends berühren, außer in der Mitte. Man kann daher hier auch vorteilhaft ein kleines Garnröllchen aufkitten und durch seine Öffnung ein Metallstäbchen bis auf das Stanniol hindurchgehen lassen. Damit die Entladung schön der Reihe nach die Rauten durchläuft und nicht von der einen Reihe nach der anderen überspringt, müssen die Abstände der Reihen beträchtlich größer sein als diejenigen der Rauten untereinander. Denn der elektrische Ausgleich wählt stets den bequemeren Weg und würde sicher quer über die Reihen gehen, wenn die Summe ihrer Abstände geringer wäre als die Summe aller Rautenabstände. Da nun die Anzahl der Rauten viel größer ist als die Anzahl der Reihen, so folgt daraus, daß man bei diesem Versuch den Zwischenraum zwischen den Rauten sehr klein wählen muß.

Die Funkenfäule. Das Material zu diesem Versuch besteht aus einer nicht zu engen Glasröhre und zwei Fläschchen mit weitem Halse (sog. Pulverflaschen). Die Glasröhre (etwa 15 cm lang) darf nur so weit sein, daß sie sich noch mit Korken an den Fläschchen feststecken läßt. Es befindet sich dann an jedem Ende der Röhre ein Fläschchen, und die ganze Vorrichtung kann so,

eine Säule mit Sockel und Kapital versinnlichend, aufrecht auf den Tisch gestellt werden.

Man beginnt nun, wiederum mit ganz geringen Zwischenräumen, — denn die Bahn wird sehr lang — Stanniolrauten auf das Glas zu kleben, und zwar führt man die Linie in Schlangenwindungen um die obere Flasche, bis man an die Glasröhre kommt, auf die die Elektrizität mit einem Stanniolstreifen übergeleitet wird. Darauf führt man an der Röhre eine Linie gerade herab, dann, unten durch ein Streifen verbunden und 1 cm davon entfernt, eine zweite Linie wieder gerade hinauf, noch 1 cm weiter eine ebensolche gerade herab u. s. w., bis man die letzte herab (nicht hinauf) führt und sie mit den Schlangelinien verbindet, die ebenfalls auf die untere Flasche geklebt werden.

Wenn nun der ganze Apparat sorgfältig beklebt ist — was recht viel Geduld erfordert — und die Spiralen mit den geraden Linien hintereinander eine Leitung bilden, so wird der Konduktor mit dem Anfang, das Reibzeug mit dem Ende der Raute Linie verbunden und die Maschine gedreht. Man glaubt dann im Dunkeln eine prachtvoll schimmernde Säule zu sehen.

Unsere Leser mögen sich einmal ausdenken, wie man auf ähnliche Art aus einer gewöhnlichen Käseglocke einen strahlenden, von Säulen getragenen Tempel machen kann.

Batterie leuchtender Gläser. Unsere Fig. 127 (a. f. S.) zeigt eine Anzahl im Kreise angeordneter Champagnerkelche, deren Füße abgebrochen sind. Natürlich wird man diesen Zustand nicht an guten Gläsern gewaltfam herbeiführen, sondern sich in den Glashandlungen umschauen, die oft mehr Bruch haben als ihnen lieb ist und gern derartig beschädigte Ware umsonst abgeben. Je mehr Gläser man anwendet, desto schöner wird der Anblick. In unserer Figur sind acht gezeichnet, doch kommt man auch schon mit dreien aus. Ebenso selbstverständlich brauchen es nicht gerade Champagnergläser zu sein. Reagenzgläser, Flaschen, dicke Glasröhren tun es auch.

Um jedes der Gläser wird eine Schlangelinie aus Stanniolrauten geklebt, von der Spitze bis zum Fuß. Die Gläser stehen sämtlich auf einem Ringstreifen aus Silberpapier — besser ist Stanniol — und sind hierdurch untereinander und mit dem Reibzeug der Elektrifiziermaschine oder mit dem äußeren Belag einer kleinen Leydener Flasche verbunden. Von der untersten Kante muß ein Stanniolstreifen, der unter den Glasrand geklemmt wird, herabreichen und für eine gute Verbindung mit dem Stanniolring sorgen.

Die Elektrizität des Konduktors wird den Spitzen der Gläser durch eine einfache Drehvorrichtung mitgeteilt. Im Zentrum des

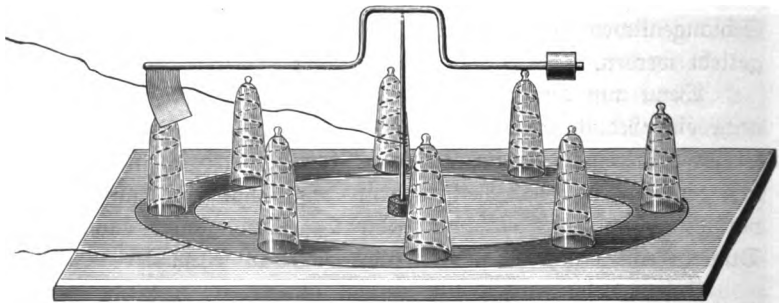


Fig. 127. Batterie leuchtender Gläser.

Kreises ist ein starker, oben zugespitzter Draht auf einem Korke befestigt, der die Gläser fast um das Doppelte überragt und auf seiner Spitze einen Drahtbügel trägt, wie ihn die Abbildung zeigt. Der Bügel ist in der Mitte mit einem Drillbohrer etwas vertieft, so daß er von der Spitze nicht herabgleiten kann. Einerseits trägt der Draht eine leichte Fahne aus Stanniol, Kausch- oder Blattgold, am anderen Ende ein verschiebbares Gewicht (Kork oder Kartoffel), das dem längeren Ende und der Fahne gerade das Gleichgewicht hält. Stößt man den Bügel an, so streicht die Fahne nacheinander über die Gläser hin, bewirkt in ihnen den elektrischen Ausgleich und zaubert so ein Funkenpiel hervor, das im Kreise herumläuft und prächtig aussieht, prächtiger und größer

als es eigentlich ist, denn es leuchtet gleichzeitig immer nur ein Glas; unser Auge, das den Eindrücken nicht so schnell folgen kann, wähnt jedoch, mehrere Gläser, ja vielleicht alle zugleich aufblitzen zu sehen, wenn der Bügel sich nur schnell genug umdreht.

Elektrisch leuchtende Landschaften. Keine Frage, daß es sehr mühsam ist, die kleinen Stannioltrauten auszuschneiden und aufzukleben. Besonders wenn es sich darum handelt, verwickelte Figuren, wie Namenszüge oder auch Umrisse von Blumen, Tempeln, Landschaften herzustellen, wird mancher an seiner Aufgabe verzweifeln. Deshalb sei hier noch ein Verfahren angegeben, das schneller zum Ziel führt und sich jedenfalls für größere Darstellungen eignet.

Man schneidet mit einem sehr scharfen Messer eine größere Zahl etwa 1 bis 2 mm breiter Stanniolstreifen und klebt sie parallel zueinander in Abständen von 1 cm auf eine Glasscheibe. Darauf verbindet man die bei aufgerichteter Scheibe senkrecht verlaufenden Streifen oben und unten durch Stanniolstückchen so miteinander, daß z. B. Streifen 1 und 2 unten, 2 und 3 oben, 3 und 4 wieder unten miteinander verbunden sind u. s. w. und das ganze Linienwerk eine fortlaufende Leitung wird. Später wird dann der Konduktor mit dem einen, das Reibzeug mit dem anderen Ende verbunden. Zunächst jedoch läßt man den Kleister gut trocknen und entwirft über die Streifen mit feingespitzter, sehr weicher Kreide irgend eine grobe Umrißzeichnung, etwa einen Altar, eine Vase, einen feuerspeienden Berg oder etwas dergleichen. Dann fährt man mit einem Federmesser den vorgezeichneten Linien so nach, daß überall die Stanniolstreifen völlig durchschnitten werden. Stücke dürfen natürlich nicht dabei herausfallen, vielmehr muß der Schnitt die einzige Unterbrechung bilden.

Schaltet man dann die Maschine in der besprochenen Weise an die Tafel, vielleicht noch, wenn sie stark genug ist, unter Benutzung einer kleinen Leydener Flasche, so sieht man ein Heer von Fünfkün die Umrisse der Zeichnung sichtbar machen.

Der Scheibenschuß. Man überzieht eine Glasplatte, die länger ist als hoch, mit Eiweiß und malt mit Wasserfarben auf sie einen Schützen, der eben im Begriffe ist, seine Flinte auf eine Scheibe abzurücken. Auf die Rückseite der Glasplatte, und zwar der ganzen Länge nach, klebt man einen geraden Stanniolstreifen, der sowohl durch die Mündung der Flinte, wie durch das Zentrum der Scheibe geht. Zwischen diesen beiden Punkten durchschneidet man ihn in Abständen von 1 bis 2 mm quer mit dem Federmesser, so daß eine Reihe von Unterbrechungen entsteht. Man lehnt die Tafel dann gegen einen Bücherstoß und verbindet durch Aufsetzen einer Metallklammer das eine Ende des Streifens mit dem Reibzeug und hält gegen das andere einen Draht, der vom Konduktor kommt. Freilich darf man ihn nicht mit der Hand berühren, sondern muß ihn um eine Glasröhre wickeln oder an eine Siegellackstange heften, die man als Griff benutzt. Bei jeder Berührung fährt ein feuriger Streif von der Büchse nach der Scheibe, was sich recht gut ausnimmt, da die Wasserfarbe gut genug deckt, um den Stanniolbelag unsichtbar zu machen. Auch hier erhöht eine kleine Leydener Flasche den Effekt.

Die elektrische Seeschlacht. Dieser Versuch bedarf nach dem vorigen eigentlich kaum noch einer Erklärung. Man entwirft auf der Eiweißschicht die Darstellung einer Seeschlacht, wobei man recht wohl mangelndes zeichnerisches Geschick durch eine reichliche Menge von Rauch- und Dampfwolken ersetzen kann, welche die Panzerschiffe zum größten Teile einhüllen. Auf die Rückseite klebt man eine Anzahl von Stanniolstreifen, die, von den Geschosslöchern ausgehend, die krummlinige Bahn eines Geschosses bezeichnen. Weiter verfährt man dann gerade so, wie im vorigen Paragraphen angegeben, nur hat man hier mehrere Funkenstrecken, die man an ihrem Ende durch einen Stanniolstreifen verbindet, der mit der Erde oder dem Reibzeug verbunden, die gemeinsame Rückleitung übernimmt. Auf der anderen Seite dagegen befestigt man so viel Klammern, als Geschosßbahnen vorhanden sind und berührt diese nacheinander mit dem isolierten Draht. Sollen zwei Schüsse

zugleich aufleuchten, so verbindet man zwei Streifen auch zu Anfang miteinander. Um jeden Verlust durch Ausstrahlung zu verhindern, wird man den Berührungsdraht zu einer Ose umbiegen müssen.

Am eindrucksvollsten ist das Experiment in der Dämmerung, da man dann die Funken schon deutlich sieht, die Zeichnung aber nicht mehr recht genau, was für sie meist von Vorteil ist.

Eine elektrische Knallgaskanone. In den größeren Eisenhandlungen erhält man gezogene Messingröhren in allen Längen und Weiten. Man wählt eine Rohrweite von der Stärke eines Wein- oder Champagnerkorles und läßt sich von dieser Sorte ein zweifingerlanges Stück absägen. Aus diesem Rohr soll die elektrische Kanone gebaut werden. Man durchbohrt dann — oder läßt durchbohren — das Rohr in der Mitte an zwei gegenüberliegenden Punkten, so, daß man, wie es auch die Fig. 128 (a. f. S.) zeigt, zwei Glasröhrenstückchen *a* einführen und mit Siegellack festkitten kann. Bevor dies jedoch geschieht, kittet man in beide Röhren einen Draht ein, der beiderseits in eine kleine Metallkugel (angeldtetes Schrotkorn) endet. Im Innern des Rohres stehen die Kugeln etwa 2 mm auseinander und bilden hier eine Funkenstrecke. Darauf wird das Rohr einerseits durch einen mit Schellack fest eingekitteten Holzpflöpsen fest verschlossen.

Eine Lafette für dieses kleine Kanonenrohr ist aus Zigarrenkisten- oder Laubsägeholz schnell hergestellt. Die Glasröhren dienen als Achse. Man hat darauf zu achten, daß keinerlei Metallteile mit der Lafette in Berührung kommen.

Die Kanone wird mit Knallgas, d. h. mit einer Mischung aus Wasserstoff (dessen Bereitung die Leser späterhin kennen lernen werden) und Sauerstoff gefüllt. Es ist nicht nötig, ja bei der großen Menge, um die es sich handelt, gefährlich, das Knallgas in wirklich reiner Mischung zu verwenden. Es genügt vielmehr, das Rohr abwärts zu neigen und etwas Wasserstoffgas hineinsteigen zu lassen, worauf man mit einem guten Kork nicht allzu fest verschließt. Der in der Luft vorhandene Sauerstoff sorgt

schon dafür, daß immer eine mehr oder weniger explosive Mischung zu stande kommt.

Die so hergerichtete Kanone wird folgender Art losgeschossen. Man lädt eine Leydener Flasche und verbindet, wie es auch die Zeichnung veranschaulicht, ihren äußeren Belag mit dem einen

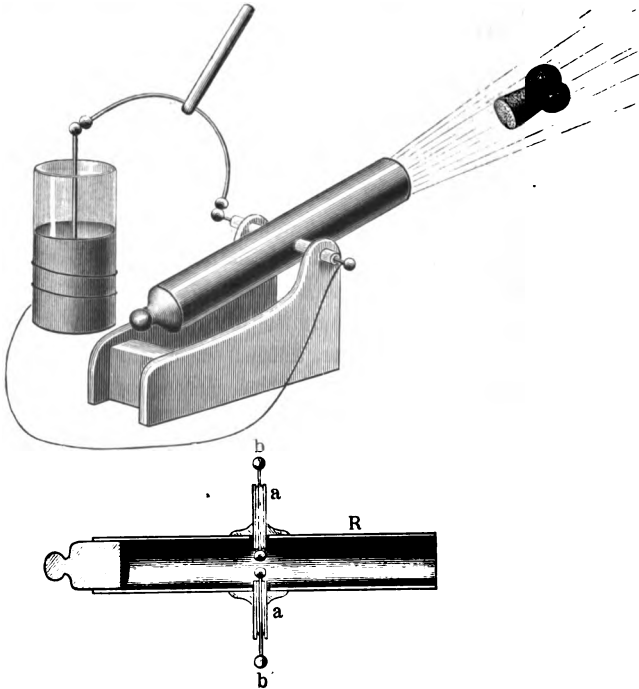


Fig. 128. Elektrische Knallgaskanone.

Knopf der Kanone, während man den Knopf der Leydener Flasche mit dem anderen in Berührung bringt. Sofort erfolgt eine Explosion, die an Kraft oft nichts zu wünschen übrig läßt und den Pfropfen mit großer Gewalt aus dem Rohre treibt. Im Augenblicke der Berührung springt nämlich im Innern des Rohres ein Fünktchen über, welches das Gasgemenge entzündet. Statt

mit der Leydener Flasche selbst zu operieren, kann man auch den inneren Belag der Flasche durch den bekannten Auslader mit der Kanone in Verbindung bringen.

In Ermangelung von Wasserstoff kann man den Versuch mit gewöhnlichem Leuchtgas fast ebenso gut anstellen. Man hat dann nur das Rohr einen Augenblick über einen geöffneten Gas- hahn zu halten, bevor man es, mit der Mündung nach unten, verschließt. Die Erfahrung lehrt bald, das richtige Mischungs- verhältnis zu treffen. Zu viel Gas sowohl wie zu viel Luft macht die Explosion flau oder läßt sie gar nicht zu stande kommen. Ein Teil Gas auf fünf bis sieben Teile Luft gibt den ärgsten Knall.

Dieses Mischungsverhältnis genau zu kennen, ist für die Technik von größtem Wert, denn sie baut in großer Anzahl fried- liche Kanonen, bei denen die Triebkraft des entzündeten Gas- gemisches für gewerbliche Zwecke ausgenutzt wird. Wir meinen hiermit die Gasmotore, bei denen der herausgeschleuderte Pfropfen durch einen Kolben ersetzt ist, der, in einem Zylinder hin und her gehend, ein Schwungrad antreibt. In der That wickelt der laufende Gasmotor alle die Prozeduren automatisch ab, welche wir nacheinander an der Kanone vornahmen. Der hin und her gehende Kolben saugt zunächst Luft in den Zylinder; darauf ge- rade so viel Gas, als zu einer guten Explosion nötig ist, drückt darauf zurückgehend das Gemenge zusammen und entzündet es durch einen kleinen elektrischen Funken, worauf er wiederum durch die Ausdehnung der Gase nach vorne getrieben wird und die Kraft der Explosion auf das Schwungrad überträgt. Darauf wiederholt sich das eben geschilderte Spiel von neuem.

Vom Magnetismus.

Aus den Tiefen der Bergwerke von Magnesia wird ein dunkles Erz heraufgeholt, dessen wunderbare Eigenschaften schon im grauen Altertum bekannt waren. Es teilt die Eigenschaft der

Anziehung mit dem Bernstein, nur daß es seine eigentümliche Kraft aus dem Schoße der Erde mit heraufbringt und nicht wie dieser erst gerieben zu werden braucht. Auch erstrecken sich die Kräfte des Erzes — es handelt sich um einen Eisenstein — keineswegs auf alle Körper. Nur wenige werden von ihm angezogen, insonderheit Stahl und Eisen und diese wiederum verhalten sich verschieden. Denn während Stahl, einmal vom Eisenerz berührt, die gleichen Eigenschaften — man nennt sie nach dem Fundort des Steines magnetische — annimmt und beibehält, zeigt sich Eisen nur bei Berührung mit dem Erz selbst magnetisch und verliert diese Eigenschaft nach der Trennung sofort.

Stahlstücke, denen man durch Berührung magnetische Kräfte verliehen hat, nennt man, im Gegensatz zu dem Erz, künstliche Magnete.

Künstliche Magnete kommen für uns allein in Betracht. Vor hundert Jahren noch war es kein leichtes, einen guten Stahlmagneten zu erhalten, und in den physikalischen Lehrbüchern jener Zeit sind die verschiedensten, geheimnisvollen Rezepte zu ihrer Herstellung angegeben. Heute liefert eines der einfachsten elektrischen Experimente den besten Magnet. Wir beschreiben seine Anfertigung nach dieser Art auf Seite 478 des Buches und setzen hier voraus, daß sich unsere Leser so in den Besitz von Magnetstäben zu setzen wissen.

Nur über den brauchbarsten Stahl mag hier einiges gesagt sein. Ist er zu weich, dann verschwindet sein Magnetismus schon nach wenigen Tagen, ist er dagegen zu hart, dann zerbricht er leicht bei unachtsamer Behandlung. Man kauft den Stahl ebenso wie das Eisen beim Eisenhändler in Stangen von rundem oder quadratischem Querschnitt, und wir empfehlen unseren Lesern sehr, sich einige Stücke von der Dicke eines kleinen Fingers und der Länge eines Bleistiftes zur Anlage einer Magnetsammlung anzuschaffen. Doch ist ihr Härtegrad meist nicht der richtige. Man erwärmt sie daher in einem Kohlenfeuer, bis sie über und über gleichmäßig in dunkelrote Glut kommen und wirkt sie dann plötz-

lich in kaltes Wasser. Sie sind dann glashart und zerbrechen, läßt man sie auf einen Stein fallen, sofort in einige Stücke. Um dies zu vermeiden, schleift man sie mit Sand- oder Schmirgelpapier blank und hält sie dann mit einer Zange über ein breites, offenes Kohlenfeuer. Bei der Erwärmung verändern sie ihre Farbe und nun heißt es aufpassen. Zuerst tritt eine strohgelbe, dann eine braungelbe, zuletzt eine schön purpurrote Farbe ein. In diesem Augenblick taucht man den Stahl wieder in kaltes Wasser und er wird dann neben bedeutender Härte doch diejenige Zähigkeit haben, welche ihn vor dem Bruch sichert.

Es ist immerhin interessant, einmal ein Stahlstück länger als nötig über dem Feuer zu lassen. Die rote Färbung geht dann sofort in eine prächtig blaue über und diese zeigt bereits einen Härtegrad an, der für dauerhafte Magnete nicht mehr genügt. Noch weiter erhitzt, verliert der Stahl auch seine strahlende blaue Farbe. Sie macht einem unansehnlichen Blaugrau Platz und das Stück hat fast die hervorragenden Eigenschaften des Stahles verloren, es ähnelt dem Schmiedeeisen, läßt sich biegen und befeilen, zum Magneten aber ist es völlig untauglich geworden.

Will man einmal die Klinge eines breiten Messers für den Versuch opfern, so kann man alle diese Anlaßfarben — man nennt nämlich in der Technik das allmähliche Erhitzen spröden Stahles das „Anlassen“ — auch nebeneinander sehen. Die Klinge ist sehr hart und fähig, alle Farben anzunehmen. Man hält sie ruhig über den Zylinder einer brennenden Lampe und beobachtet dann nach kurzer Zeit das Auftreten von Farben und zwar von Farbenringen. Das kann nicht überraschen, denn vom Zylinder aus nimmt die Temperatur nach allen Seiten hin ab. Unterbricht man den Vorgang in dem Augenblick, wo über der Zylinderöffnung das stumpfe Graublau erscheint, so hat man in der Tat alle Anlaßfarben und der Reihe nach in demselben Stahlstück auch alle Härtegrade. Auf das Grau folgt ein blauer Ring, dann ein kirschroter, darauf ein hellbrauner und dann ein gelber. Dieser Vorgang ist vielen bekannt und doch, wollte man jemand die Aufgabe stellen, auf einem blanken Stück Stahl die genannten

Farbenringe ohne Farbe herzustellen, er würde auf das einfache Mittel kaum verfallen.

Doch nach dieser kleinen Abschweifung zurück zu unseren wohlgehärteten Stahlstäben. Wie man sie auf elektrischem Wege in kräftige Magnete verwandelt, finden, wie schon gesagt, unsere Leser auf Seite 478 angegeben. Hat man einmal einen guten Magneten, dann kann man seinen Magnetismus auch auf folgende Art anderen Stahlstäben mitteilen und sich so auch auf diesem Wege so viel Magnete anfertigen, als man will.

Wir werden später noch besonders auseinanderlegen und bemerken es an dieser Stelle vorgreifend, daß sich ein Magnet an seinen beiden Enden verschiedenartig magnetisch zeigt, er hat, wie man sagt, einen Nord- und einen Südpol. Wir nehmen an, daß diese Pole bei unserem Stabe nach der später angegebenen Art schon bestimmt sind. Um nun einen anderen Stab zu magnetisieren, bestreicht man ihn, wenn er dünn ist und es sich z. B. um eine Stricknadel — übrigens ein vortreffliches magnetisches Material — handelt, einfach seiner ganzen Länge nach mehrfach, aber immer in der gleichen Richtung mit einem der Pole. Größere Stücke legt man auf den Tisch und bestreicht die eine Hälfte, von der Mitte aus nach dem Ende hinziehend mit dem Süd-, die andere mit dem Nordpol. Nach einiger Zeit wird der Stab so magnetisch geworden sein, daß er weiter nichts mehr annimmt. Es wäre daher zwecklos, die Arbeit weiter fortsetzen zu wollen. Nicht zweckmäßig ist es jedoch, den zu magnetisierenden Stahl während des Streichens mit einem Holzstückchen leicht zu klopfen.

Wir sind nun mit einer Anzahl kleiner Magnetstäbe versehen und stellen mit ihnen einige leichte Experimente an, die uns das Verständnis für alle kommenden Versuche erschließen.

1. Eisen (ein Nagel) sowohl wie Stahl (eine Nadel) werden von einem Magneten angezogen.

2. Wir erinnern uns der zu den ersten elektrischen Versuchen gebrauchten Glasstative und hängen an einem derselben einen Magnetstab bei seiner Mitte drehbar auf. Selbstverständlich kann die Aufhängung auch sonst an irgend einem Gegenstande erfolgen.

Fig. 129 A zeigt, wie man dabei den Stab durch einen Kork steckt und diesen wiederum mit einer Drahtschlinge an dem Faden befestigt. Der Magnet dreht sich einigemal taumelnd herum, dann aber beginnt er in immer kleineren Bogen hin und her zu schwingen, als suche er eine bestimmte Richtung. Schließlich nimmt er eine bestimmte Lage ein und kehrt immer wieder in diese zurück, so oft man ihn auch herausbringt, und bald finden wir ein Gesetz heraus, denn wir bemerken, daß es stets die Rich-

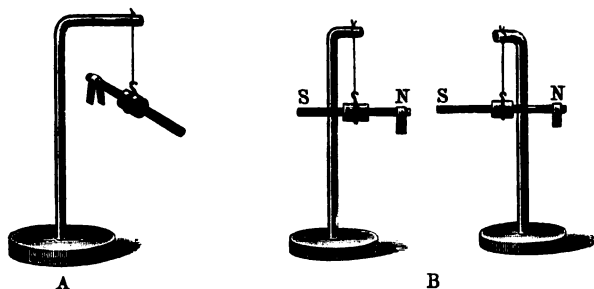


Fig. 129. Verhalten frei aufgehängter Magnete.

tung von Nord nach Süd ist. Wir notieren uns den zweiten Satz: Ein frei aufgehängter Magnet stellt sich von Nord nach Süd.

3. Wir hängen zwei Magnetstäbe in größerer Entfernung voneinander auf. Sie stellen sich beide von Nord nach Süd und wir bezeichnen das nach Norden gekehrte Ende bei beiden Stäben auf irgend eine Art zum Unterschied gegen das andere etwa mit einem übergehängten Papierfähnchen. Darauf nähern wir beide Stäbe einander vorsichtig, was mit Hilfe der Glasstative sehr leicht geschieht. Sofort ändern sie ihr Benehmen. Sie verlassen die alte Richtung mehr und mehr und kehren sich einander zu, wobei sie das Bestreben zeigen, in eine Linie aufzumarschieren (Fig. 129 B). Aber es ist kein Zufall, daß sich dabei der Nordpol des einen Stabes dem Südpol des anderen zuwendet, denn so oft man auch durch Anstoß die Stäbe zur Umdrehung zwingt, immer

stellt sich nach einiger Zeit das alte Verhältnis wieder her. Wir nehmen nun den einen Stab ab und halten ihn nacheinander mit seinem Nordpol gegen den Nordpol, mit seinem Südpol gegen den Südpol des schwingenden Magneten. In beiden Fällen erfolgt eine Abstoßung. Nähert man jedoch einen Nordpol dem Südpol, so findet Anziehung statt, woraus man den Schluß ziehen muß: Gleichnamige Magnetpole stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.

4. Wir halten einen Magnetstab wagerecht unter den drehbaren und sofort wird sich dieser in die gleiche Richtung einstellen, so zwar, daß der Nordpol sich über dem Südpol, der Südpol über dem Nordpol befindet. Liegt der „Nichtmagnet“ gerade in der astronomischen Nord-Südrichtung, dann wird auch der bewegliche Magnet die gleiche Richtung haben. Entfernt man den Nichtmagneten in dieser Lage, so tritt keine Veränderung ein, wohl aber in jeder anderen, wenn er z. B. die Ostwestrichtung hatte. Die Erde wirkt also selbst wie ein Magnet, dessen Pole im Norden und im Süden liegen.

Ungeachtet dieser Sätze drängt sich unwillkürlich der Vergleich mit dem Verhalten elektrisch geladener Körper auf. Ganz zufällig kann die Ähnlichkeit beider Erscheinungen sicher nicht sein.

Von der Anfertigung eines Kompasses. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß die Eigenschaften eines drehbar aufgehängten Magneten zur Auffindung der Himmelsgegenden und damit zur Orientierung dienen können, auch wenn die Gestirne durch Wolken verhüllt sind. Man darf annehmen, daß der Gebrauch der Magnetnadel schon sehr lange und wahrscheinlich zuerst den Chinesen bekannt war. Alte Darstellungen weisen darauf hin. Mit Hilfe der Magnetnadel konnte die Schifffahrt es wagen, die Küsten zu verlassen und ohne Gefahr über das Meer zu gehen, wenn ihr nur überall die Abweichung des Schiffskurses gegen die Magnetnadel bekannt war. Und doch würde ein Schiff, das immer der Weisung der Nadel folgte, niemals an den Nordpol kommen, denn, wohlgemerkt, der astronomische Nordpol und der

magnetische sind zwei verschiedene Dinge und wenn wir sagten, die Magnetnadel zeige nach Norden, so ist dies nur mit einer Einschränkung richtig. Die wahre Nord-Südrichtung ist nur bekannt, wenn auch die Abweichung der Magnetnadel von ihr bekannt ist. Darüber ist nun der Seefahrer wohl unterrichtet und wenn wir einen Kompaß, d. h. einen Apparat bauen wollen, der mit Hilfe der Magnetnadel die Himmelsrichtungen jederzeit finden läßt, so haben wir uns diese Verhältnisse ebenfalls vor Augen zu halten.

Ein am Faden aufgehängter Magnetstab ist stets die vollkommenste Magnetnadel, da keine andere Vorrichtung eine so leichte Drehung gestattet. Will man einen Kompaß daraus machen, so braucht man nur ein Kartonblatt rund zu schneiden, darauf die Windrose zu malen und diese, indem man den Faden durch ein Loch in der Mitte zieht, horizontal auf den Stab oder den Magnetstab selbst zu kitten. Die Scheibe folgt dann allen Bewegungen des Stabes. Wollte man die Befestigung so vornehmen, daß die Nord-Südrichtung der Rose gerade über den Magneteten käme, so würde man wohl die magnetischen, aber nicht die astronomischen Himmelsgegenden erhalten und unsere Orientierung würde dann, wie der Seefahrer sagt, einer „Mißweisung“ unterliegen. Dreht man dagegen die Rose um so viel gegen den Stab, als die Mißweisung, d. h. die Abweichung gegen die wahre Nord-Südrichtung beträgt, dann wird der Kompaß „rechtweisend“. Diese Abweichung ist nun auf vielen Punkten der Erde ganz voneinander verschieden, sie kann gleich Null sein oder ebenso gut östlich, wie westlich. Selbst in kleineren Ländergebieten, wie Deutschland, ist sie von Punkt zu Punkt verschieden, weicht jedoch nicht allzu viel von einem bestimmten Mittelwert ab. Diesen zu wissen, genügt für uns vollständig, wenn der Kompaß für Deutschland richtig hergestellt werden soll. Die Abweichung ist westlich und wir werden keinen großen Fehler machen, wenn wir sie zu 12 Grad, d. h. den 30. Teil des Kreisumfangs annehmen. Stellen wir uns so vor die Kompaßrose, daß Norden oben vor uns liegt, dann haben wir den genannten Winkel nur nach links abzutragen, um so gleich die Richtung zu erhalten, mit welcher der Magnetstab über-

einstimmen muß. Hängt man eine derartige Kompaßrose auf, dann sind ihre Angaben die astronomisch richtigen. Fig. 130 zeigt eine Kompaßrose für Deutschland mit der erforderlichen Magnetstellung.

Begreiflicherweise kann eine derartige Aufhängung nur im Zimmer vorgenommen werden, wo kein Luftzug und keine Erschütterung die Kompaßrose beeinflusst. Man macht sie überhaupt nicht allzu groß und begnügt sich mit einer starken Stricknadel als Magnet, die in irgend einer der angegebenen Weisen magnetisiert wurde. Soll der Kompaß dagegen, was doch vorwiegend der Fall

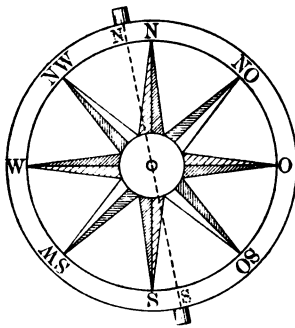


Fig. 130. Kompaßrose.

ist, für die Reise dienen, so muß man den Magneten in einem runden Kästchen auf einer Spitze spielen lassen. Die künstlichen Magnetnadeln, aus einem flachen, an den Enden zugespitzten Stahlstück bestehend, sind deshalb in der Mitte durchbohrt und mit einem kleinen Hütchen, meist aus Messing und Achat, versehen, mit welchem sie auf eine feine Nadelspitze aufgesetzt werden können. Magnetnadeln selbst fertigen zu wollen, hat wirklich keinen Zweck,

da man doch etwas Vollkommenes nicht erreichen wird und sie außerdem billig genug bekommt. Man nimmt die Nadel so groß, daß sie bequem in einem der bekannten, runden Pillenschächtelchen spielen kann. Der Deckel wird rund bis auf einen kleinen Rand ausgeschnitten und von innen mit einer Glasscheibe vertittet, welche der Glaser schneiden muß. Durch sie beobachtet man das Spiel der Nadel. In den Boden der Schachtel wird eine sauber gezeichnete Kompaßrose geklebt, auf der bereits durch einen besonderen Strich, der durch den Mittelpunkt führt, die besprochene Abweichung der Nadel angegeben ist. Auf den Mittelpunkt wird ein kleines Storkstückchen mit einer Nähnadelspitze gefittet. Man wählt die Nadel so lang — durch Abbrechen oder Abkneifen mit

der Zange kann man leicht jede gewünschte Länge herstellen —, daß bei aufgesetztem Deckel die auf ihr spielende Magnetenadel wohl sich frei bewegen, nicht aber herunterfallen kann, wenn man das Schächtelchen umkehrt.

Bei dieser Kompaßeinrichtung bewegt sich also die Nadel nicht mit, sondern über der Rose. Zum Gebrauch dreht man das horizontal gehaltene Schächtelchen so lange, bis die Nadel mit der, durch die Linie der Abweichung gegebenen, Richtung übereinstimmt. Dann zeigen die Striche der Rose die wahren Himmelsrichtungen an. Das Ende der Nadel, welches sich nördlich richtet, wird von dem Händler meist durch dunklere Färbung bezeichnet. Aus begreiflichen Gründen darf an einem Kompaß außer der Magnetenadel nichts von Stahl oder Eisen sein.

Ein magnetisches Roulettespiel. Man verschafft sich eine möglichst flache, runde Billenschachtel und kittet innen auf ihren Boden einen flachen Stahlmagneten von dem Durchmesser der Schachtel. Er kann aus einer breiten, ausgeglühten, gerade geklopften und darauf wieder gehärteten Uhrfeder hergestellt werden. Auf den Magneten klebt man ein genau passendes rundes Pappstück, das nun den Boden der Schachtel zu bilden scheint und so den Gedanken an einen verborgenen Magneten gar nicht aufkommen läßt. Dort, wo der Nordpol liegt, den man mit einer Magnetenadel sofort herausfindet, macht man außen in den Bodenrand eine winzige, nur dem Eingeweihten bemerkbare Kerbe. Das ganze Kästchen muß den Anschein erwecken, als diene es nur zur Aufbewahrung der gleich zu besprechenden Nadel.

Auf dem oberen Deckel werden, ähnlich wie bei einer Kompaßrose die Buchstaben, hier die Zahlen von eins bis zehn im Kreise herumgeschrieben; in der Mitte des Deckels befindet sich ein Stift, auf dem sich eine kräftige Magnetenadel drehen kann. Doch darf sie durch nichts ihre wahre Natur verraten. Man überklebt sie daher beiderseits mit Papier, das man pfeilartig zuschneidet. Die Spitze des Pfeiles muß mit dem Südpol übereinstimmen.

Weiterhin gehören zu diesem magnetischen Scherz drei äußerlich ganz gleiche Willenschächtelchen, die jedoch für den Experimentator durch kleine Kerbschnitte im Rande oder Siegellacktröpfchen einzeln kenntlich sind, auch wenn er sie in der Tasche hat.

In das eine Schächtelchen legt man zehn runde und einzeln in Papier gewickelte Pappscheibchen. Auf allen steht ein und dieselbe Zahl, beispielsweise 4. In das zweite Schächtelchen kommen ebenfalls zehn Pappscheiben mit irgend einer anderen Zahl zwischen eins und zehn, sagen wir 7. Das dritte Schächtelchen enthält dagegen acht Scheibchen, beschrieben mit allen Zahlen von eins bis zehn, außer den genannten, also 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10. Alle Zahlenscheibchen sind eingewickelt.

Man bringt nun aus der Tasche beispielsweise das Schächtelchen hervor, welches nur die Zahlen 4 enthält, schüttet den Inhalt auf den Tisch und bittet einen der Anwesenden, ein beliebiges Pappscheibchen zu wählen, aufzuwickeln und sich heimlich die Zahl zu merken. Währenddessen holt man den Pfeil aus der Dose, seinem gewöhnlichen Aufbewahrungsort, und dreht dabei unbemerkt den Deckel so, daß die Zahl 4 über den Kerb im Boden, also über die Stelle, wo der verborgene Nordpol liegt, zu stehen kommt. Dann legt man den Pfeil auf die Spitze und bittet dieselbe Person, ihm einen Anstoß zu geben. Er wird dann nach einigen Umläufen und pendelförmigen Schwingungen richtig auf der Zahl 4 zur Ruhe kommen.

Inzwischen hat man die übrigen Scheibchen schnell wieder gesammelt, in das Kästchen getan und dieses in die Tasche gesteckt. Wird man veranlaßt, dasselbe Experiment noch einmal zu wiederholen, dann nimmt man dazu die Schachtel mit der 7 und stellt die Kerbe auf die Zahl 7. Dann wird niemand mehr glauben, daß es sich nur um einen Zufall gehandelt habe. Die dritte Schachtel dient nun dazu, jeden Zweifel zu zerstreuen. Man zieht sie zum Schluß hervor — doch, wohlgemerkt, nicht eher, als man die vorige eingesteckt hat — und sagt: „Damit nicht etwa jemand glaubt, daß ich nur die Nummern 4 und 7 in einem Schächtelchen habe — dann wäre ja das Experiment sehr

leicht — schütte ich hier die übrigen Nummern noch einmal aus und bitte nachzusehen.“ In der Tat finden sich alle Zahlen vor, mit Ausnahme der Nummern 4 und 7, die sich noch in den Händen der Zuschauer befinden.

Haben sich alle weidlich darüber den Kopf zerbrochen, dann klärt man das Experiment als ein magnetisches auf und auch den kleinen Betrug mit den drei Schachteln.

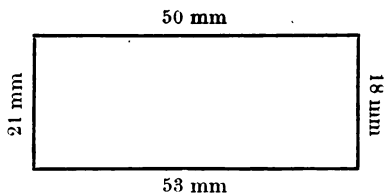
Ein angebliches Röntgenperspektiv. Unser kleiner Scherz hat mit den Röntgenstrahlen, die unter dem Einfluß elektrischer Entladungen von fast luftleer gemachten Glasröhren ausgehen, nicht das geringste zu tun. Der Versuch ist ein rein magnetischer. Da aber die Röntgenstrahlen durch Körper wie Pappe und Holz hindurchdringen, so geben wir vor, mit ihrer Hilfe auch durch ein Pappschächtelchen sehen zu können. An diesem wird nichts vorbereitet, wohl aber an einem Papprohr, das wir scherzhaft als „Röntgenröhre“ bezeichnen. Es mag eine Länge von 15 cm haben und einen Durchmesser von 4 cm. Beiderseits verschließen es Deckel, von denen der eine ein Guckloch hat. Der andere ist innen mit weißem Papier überzogen und hat in der Mitte einen mit Kork aufgeleimten Stift, auf dem eine kleine Magnetnadel spielt. Um sie auch bei schiefer Lage des Rohres am Herabfallen zu hindern, klebt man im Rohr, dicht über ihrem Hüftchen, einen schmalen Steg aus Pappe ein. Einige Löcher in der Seitenwand des Rohres sorgen für eine genügende Beleuchtung der Nadel.

Vorher hat man in einige Gegenstände, wie kleine Äpfel, Wollknäule, geöffnete und wieder verklebte Wallnüsse u. s. w., die man den Zuschauern zur Auswahl in die Hände spielt, kurze Stücker stark magnetisierter Stricknadeln untergebracht. Man verpflichtet sich zu sagen, ob einer dieser Gegenstände in ein beliebiges Pappschächtelchen gelegt wurde, das man verspricht, weder vom Tisch aufzunehmen noch in der Hand zu wägen. Man setzt darauf das Perspektiv auf das Kästchen und sieht hindurch. Die Magnetnadel richtet sich für gewöhnlich nach Nord und es müßte schon ein eigenes Mißgeschick obwalten, wenn der verborgene Magnet

zufällig dieselbe Richtung hätte. In allen anderen Fällen deutet die Magnetnadel durch eine Bewegung das Vorhandensein eines Körpers an. Unter allen Umständen kann man Gewißheit erlangen, wenn man das Kästchen etwas dreht — nicht hebt. Folgt die Nadel der Drehung nicht, so kann man gewiß sein, eine leere Schachtel vor sich zu haben.

Schmale Gegenstände eignen sich natürlich am besten, da sie nur flache Schachteln erfordern und die Nadel dem Nichtmagneten näher ist. Auch ist es ausgeschlossen, daß der Magnet darn in eine senkrechte Stellung kommt.

Farben in einer Pappschachtel zu erkennen. Es handelt sich hierbei eigentlich um dasselbe Experiment. Die Form ist vielleicht überraschender. Erforderlich ist wiederum das magnetische Perspektiv, das nun ein Fernrohr von absonderlichen Fähigkeiten vorstellen kann, und eine kleine Pappschachtel von rechteckigem Aussehen. Wir sagen ausdrücklich, daß sie nur so aussieht, in Wahrheit sind ihre Seitenpaare ungleich lang. Um ein Beispiel zu wählen, können wir der Schachtel folgende Abmessungen geben:



Die kleine Abweichung von der genauen Gestalt wird niemand bemerken.

Darauf sägt man fünf Brettchen aus Zigarrentistenholz und befeilt sie so, daß sie genau in den Kästen passen. Es ist dann leicht einzusehen, daß sie in keiner anderen Lage als in eben dieser in den Kästen hineingehen. Sie müssen auch stets dieselbe Seite nach oben wenden. Auf diese Brettchen kittet man Stücke von magnetisierten Uhrfedern, und zwar auf jedes in einer

anderen Lage, etwa von oben nach unten, von rechts nach links, diagonal u. s. w., doch nur bei vierten, das fünfte bleibt ohne Magnet. Darauf klebt man bunte Pappstücke über die Federn, so daß etwa die Brettchen nacheinander rot, gelb, grün, blau und weiß gefärbt erscheinen. Das weiße enthält keinen Magneten.

Man versichert dann, nach Betrachtung mit dem Rohr, angeben zu können, von welcher Farbe das in dem flachen Schächtelchen verborgene Holzbrett sei. Die Magnetnadel gibt durch ihre Stellung sofort an, um welches Objekt es sich handelt. Läßt sie sich auch durch eine Drehung des Schächtelchens nicht beeinflussen, so hat man auf Weiß zu raten.

Ein Umstand könnte freilich recht störend wirken, wenn die Zuschauer nämlich flüchtig geworden wären und gar nichts in das Schächtelchen getan hätten, doch wird man sich auch dann mit Geschick aus der Schlinge ziehen, indem man sagt, man erblicke nur etwas Weißes, könne aber nicht mit Bestimmtheit angeben, ob es das weiße Brettchen oder nur das Papier der Schachtel sei.

Der magnetische Stundenzeiger. Dieser Scherz ist zwar etwas umständlich vorzubereiten, aber unterhaltend genug.

Bekommt man beim Uhrmacher eine alte Weckeruhr, so ist die Hauptsache schon vorhanden. Derartige Werke haben die Uhrmacher stets umherliegen und geben sie zu einem ganz geringen Preise ab, nur um sie los zu sein. Es braucht weder ein Gehäuse noch ein Zifferblatt zu besitzen.

Auf den Stift des Minutenzeigers, desjenigen Zeigers also, der in einer Stunde einmal über das Zifferblatt läuft, kittet man einen kleinen Holzstift und auf diesen wiederum in horizontaler Lage einen kräftigen, nicht zu langen Stabmagnet. Legt man die Uhr in den Tischkasten und unterbaut sie, wenn nötig, noch mit Büchern, so wird sich der Magnet dicht unter der Tischplatte befinden und dort seine Pole im Lauf einer Stunde einmal herum-drehen.

Die Stelle, unter welcher die Achse sich befindet, muß man sich auf der Tischplatte genau merken. Gerade auf diesen Punkt

stellt man eine flache Schüssel, die nur so viel Wasser enthält, daß ein kleiner hölzerner Pfeil auf ihr schwimmen kann. Er ist doppelt zusammengeleimt und schließt zwischen seinen Teilen ein flaches, stark magnetisiertes Uhrfederstück, etwas kürzer als der Magnet der Uhr, ein. Den Spalt rings herum kittet man mit Wachs zu und streicht das Ganze rot an. Ist der Pfeil richtig auf das Wasser gelegt, d. h. so, daß sein verborgener Nordpol sich über dem ebenfalls verborgenen Südpol auf der Uhr befindet, dann wird er der Bewegung des Nichtmagneten folgen und die Rolle eines Stundenzeigers spielen. Man klebt an den inneren Rand der Schüssel einen Papierstreifen und teilt diesen rings herum in 60 Teile ein, denen die Minutenbezeichnung beigelegt wird.

Wählt man statt der Minutenachse die Stundenachse der Uhr zu dem Versuch, so kann man die Vorrichtung mit einer gewissen Genauigkeit zur Zeitangabe benutzen, zum Vorführen wird jedoch das Experiment dadurch weniger geeignet, da die Bewegung zu langsam fortschreitet.

Hat man zwei Werke zur Verfügung, dann kann man zwei Schüsseln aufstellen und den einen Zeiger die Stunden, den anderen die zugehörigen Minuten zeigen lassen. Will man den Zeiger während des Versuches aus dem Wasser nehmen, etwa um zu zeigen, daß sich keinerlei Mechanismus an ihm befindet, so hat man sich genau die Ziffer zu merken, auf der er stand, damit er beim Einsetzen nicht hin und her pendelt und sich dadurch als Magnetnadel verdächtig macht. Hebt man von Zeit zu Zeit die Schüssel etwas hoch, um zu beweisen, daß keinerlei Verbindung mit dem Tisch besteht, so werden sich die meisten die Erscheinung nicht erklären können.

Recht fatal ist allerdings das laute Ticken der Uhr. Man hilft sich da, indem man das Werk mehrfach in wollene Tücher wickelt, aus denen nur die Achse mit dem Magneten hervorguckt.

Der magnetische Tisch. Wenn man einmal Gefallen daran findet, den wirkenden Mechanismus zu verbergen und also nicht

unterhaltende physikalische Versuche, sondern Zauberkunststücke anzustellen, so kann man sich auf folgende Art leicht einen magnetischen Tisch herstellen, der dann zu allen möglichen Scherzentauglich ist. Wenn man einen Stabmagnet U-förmig zusammenbiegt, so entsteht ein Hufeisenmagnet, der seine Pole dicht beieinander hat. Es wäre zwecklos, sich einen Hufeisenmagnet selbst herstellen zu wollen, da er bei jedem Mechaniker oder Optiker für ein geringes Geld in bester Ausführung zu haben ist. Wir wählen einen solchen, bei dem die Pole nicht gar so dicht zusammenstehen.

Es handelt sich nun darum, den Hufeisenmagnet, von außen drehbar, in einem Tischkasten unterzubringen. Dazu höhlt man ein Garnröllchen auf der einen Seite etwas aus, so daß der Kopf eines Nagels in der Höhlung Platz hat und befestigt es an einer passenden Stelle im Tischkasten (Fig. 131). Auf das Garnröllchen kittet man dann mit Siegellack den Hufeisenmagnet mit den Polen fest. Um ihn zu drehen, ist es dann nur noch nötig, eine leichte Schnur einmal um die Garnrolle zu legen und diese durch zwei seitlich in den Tischkasten gebohrte Löcher nach außen zu führen. Durch Ziehen an dem einen oder anderen Schnurende können dann die Pole nach Belieben rechts oder links herum in Bewegung gesetzt werden.

Wie diese Einrichtung zu benutzen ist, braucht kaum gesagt zu werden. Eine Kompaßnadel, genau über den Drehpunkt des Magneten auf die Tischplatte gesetzt, wird dem Magneten nach jeder Drehrichtung folgen, vorausgesetzt, daß seine Pole nicht zu weit von der Tischplatte entfernt sind. Man kann auf die Kompaßrose Zahlen oder Buchstaben setzen und mit ihrer Hilfe die

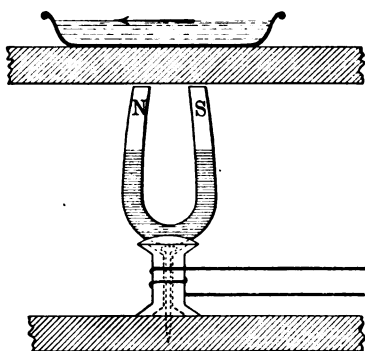


Fig. 131. Magnetische Einrichtung im Tischkasten.

Nadel, welche dann natürlich als Magnetenadel nicht kenntlich sein darf und womöglich, um jeden Zusammenhang mit dem Tisch unwahrscheinlich zu machen, in der auf Seite 440 geschilderten Weise auf Wasser schwimmen muß, Antworten auf allerhand Fragen geben. Anweisungen, solche Fragen geschickt zu stellen, gezogene Karten, das Alter einer Person und anderes mehr zu erraten, findet man in jedem Buch, welches Zauberkunststücke beschreibt. Um unseren Lesern einen Fingerzeig zu geben, in welcher Richtung sie hierbei etwa ihre Phantasie spielen lassen können, lassen wir nur die Beschreibung eines „Kunststückes“ folgen:

Es handelt sich darum, Zahlen, welche beliebig viele Personen aus einem Sack gezogen haben, oder auch ihre Summe, ihr Produkt u. s. w. zu erraten. Der Rand der Schüssel wird hierzu in zwölf mit den fortlaufenden Zahlen bezeichnete Teile geteilt. Mutter oder Schwester werden gern bereit sein, eine sackartige Tasche aus schwarzem, leichtem Zeug zu nähen, inwendig mit mehreren Abteilungen versehen, die ebenso tief sind, als die Tasche selbst, so daß jeder, der hineingreift, immer die ganze Tasche offen zu sehen glaubt. In jede Abteilung legt man vier-eckige in Papier gewickelte Pappstücke, die man mit einzelnen Zahlen beschreibt. Jede Abteilung enthält nur eine Art Zahlen und wenn man, den Beutel mit beiden Händen festhaltend, um Auswahl eines Pappstückchens bittet, so weiß man stets, welche Zahl gezogen werden muß. Läßt man von mehreren Personen verschiedene Zahlen ziehen, so kennt man sie sowohl einzeln als auch ihre Summe, ihre Differenz, ihr Produkt u. s. w. und kann die Antworten des geheimnisvollen Pfeiles danach einrichten. Es braucht nicht immer ein Pfeil zu sein, man kann auch eine kleine schwimmende Schildkröte mit einem Magnetstäbchen versehen, eine Figur, einen Zauberer darstellend, auf einen breiten Kork setzen, unter dem die Magnetenadel verborgen ist u. s. w. Es ist unseren Lesern unbenommen, sich ein Duzend schöner Abänderungen desselben Versuches oder auch ein ganz neues magnetisches Zauberkunststück auszudenken. Bemerkten wollen wir noch, daß der Stuf-eisenmagnet auch durch einen horizontal gelagerten, um seine Mitte

drehbaren Stabmagnet ersetzt werden kann, nur muß dieser dann sehr stark sein und sich dicht unter der Tischplatte bewegen. Letzteres ist leicht durch Unterleimen von Holzklößchen unter das Garnröllchen zu erreichen.

Auf der magnetischen Anziehung und Abstoßung beruhen folgende, recht niedliche Späße.

Die klugen Fische. Jedermann kennt das unter dem Namen der magnetischen Fische bekannte Kinderspielzeug. Es besteht aus einer Anzahl kleiner, im Wasser schwimmender Blechfischchen, die in ihrem Maule einen kleinen Stabmagnet tragen. Ein stärkerer Magnetstab dient dazu, die Fischchen im Wasser zu dirigieren. Wir geben dem Spiel eine etwas andere Form.

Man schneidet aus Laubsägeholz eine Anzahl kleiner Fischchen und rundet die Ranten ein wenig mit der Feile oder einem Messer ab. Darauf stößt man mit einer glühenden Stricknadel ein Loch längs durch den ganzen Körper des Fisches und schiebt in dieses ein Stück einer stark magnetisierten Stricknadel ein, so lang, als der Fisch selbst. Die Löcher werden mit Wachs verkittet. Ein Anstrich mit Farbe vollendet das kleine Kunstwerk. Hat man die Vorsicht gebraucht, die Nadel etwas unterhalb der Mitte anzubringen, so schwimmt das Fischchen schön aufrecht.

Drei Fischchen genügen schon, doch machen mehr den Versuch amüsanter. Bei allen sorgt man dafür, daß der nämliche Pol, etwa der Nordpol, sich im Kopfe befindet.

Soll das Experiment seine Wirkung auch auf schon gewitztere Zuschauer nicht verfehlen, so darf der Richtmagnet seinen Charakter äußerlich nicht verraten. Man schließt daher eine stark magnetisierte Stricknadel in irgend eine Hülle ein, die magnetisch völlig unverdächtig ist. Recht gut eignet sich dazu ein Stückchen Rohr. Man versiegelt es beiderseits und setzt kleine aus Holz geschnitzte Knöpfchen auf, die so weit voneinander verschieden sind, daß sich der Experimentator an ihnen die dahinter verborgenen Pole merken kann.

Auf das Südende steckt man etwas Brot und läßt dieses

von einem der Anwesenden den Fischen darbiehen. Sofort drehen sie sich und kommen herbeigeschwommen, was allerliebste aussieht. Doch sind die Tierchen viel zu klug, um sich anführen zu lassen. Denn dreht man den Stab um und zeigt die leere Seite, so wenden sie sich enttäuscht und verächtlich ab. In diesem Augenblick nimmt man dem Freunde das Stäbchen fort, denn noch länger gewillt, und das ganze Geheimnis wäre verraten. Warum wohl, lieber Leser?

Bedenke doch. Den Fischen wird ein Nordpol zugetehrt und sie tragen in ihrem Schwanz einen Südpol. Sie würden also, gleich nachdem sie sich abgewandt haben, mit ihrem Schwanzende voraus, auf den Stab zuschwimmen. Was sollte man aber zu einem solchen Benehmen bei „klugen“ Fischen sagen!

Der eigenstünige Vogel. Dasselbe Experiment in anderer Form. Man stellt einen ausgestopften oder auch nur aus Ton oder Wachs gekneteten Vogel auf den Tisch und behauptet von ihm, daß er nur Kirschchen, aber keine Birnen oder sonst eine Frucht, wie sie die Jahreszeit gerade bietet, fräße. Hält man ihm dann auf dem bewußten Stabe eine oder die andere Frucht vor, so wird er bei den Kirschchen sich neigen, um sie anzupicken, bei den Birnen sich abwenden.

Der Apparat ist verhältnismäßig sehr leicht zu machen. Man bringt in der Längsachse des Vogelkörpers einen starken Stabmagneten unter, so daß er vom Kopf bis zur Schwanzwurzel reicht. Zwischen die Füße gibt man ein Stückchen Holz, das in der Mitte eine kleine, senkrechte und möglichst glatte Öffnung hat (Fig. 132), die mit einem etwas eingebohrten Messingstückchen ausgefüllt ist. In Ermangelung eines solchen, kann man auch über die Öffnung ein kleines Messingblechstück kitten.

Dann steckt man eine Nähnadel durch den Kork einer Weinflasche und stellt auf die Spitze den Vogel, so daß er mit dem Hölzchen, welches seine Füße halten und zwar mit der in demselben angebrachten Vertiefung, auf ihr ruht. Natürlich würde er umfallen, wenn man nicht dagegen Vorforge trafe. Man befestigt

daher an dem Hölzchen zwei starke Messingdrähte und biegt sie beiderseits ein Stück herab, worauf man als Gewichte Kartoffelkugeln an ihnen befestigt. Diese drücken den Schwerpunkt des Ganzen unter den Unterstützungspunkt herab und der Vogel bleibt aufrecht sitzen. Da die leichte Beweglichkeit der Vorrichtung unter den Gewichten nicht leiden darf, so macht man sie so leicht und die Drähte so kurz, als eben gerade nötig.

Das Spiel des Apparates brauchen wir unseren Lesern kaum noch auseinanderzusetzen. Angenommen, der Vogel habe in seinem

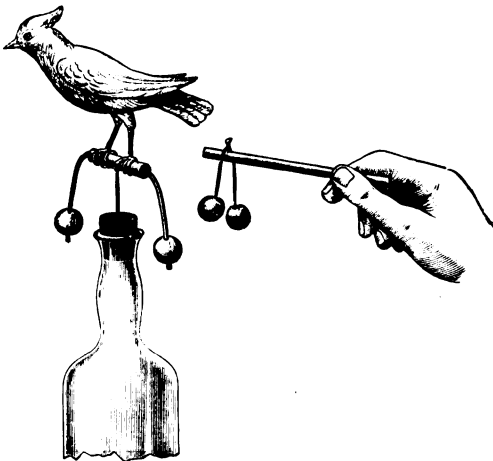


Fig. 132. Der eigenfinnige Vogel.

Kopf einen Nordpol, dann wird man die beliebte Frucht auf den Südpol, die andere auf den Nordpol des Stabes legen. Bei der Annäherung des Südpoles wendet dann der Vogel sofort seinen Schnabel der Frucht zu und man kann leicht durch abwechselndes Annähern und Entfernen dafür sorgen, daß der Vogel in sie hineinhackt, was ihn besonders gierig erscheinen läßt. Dreht man dagegen den Stab um, so stößt ein Nordpol den anderen ab und der Vogel wendet sich fort. Auch hier ist es ratsam, den Stab beizeiten zu entfernen, da es einen durchaus komischen Anblick

gewährt, den Vogel ebenso gierig mit dem Schwanz nach dem Stab wackeln zu sehen, wie er es vorher mit dem Schnabel getan hat.

Ein magnetischer Taucher. Dieses Experiment hat viel Ähnlichkeit mit dem auf Seite 96 des Buches beschriebenen kartesianischen Taucher. Aber nur ganz äußerlich. In Wahrheit sind es doch ganz andere Kräfte, die hier scheinbar dasselbe bewirken.

Man knetet um ein Magnetstäbchen von vielleicht 5 cm Länge eine grimmige Teufelsfigur aus Wachs, sorgt aber dafür, daß ein Teil der Brust hohl bleibt und die Figur daher auf dem Wasser schwimmt. Sie soll jedoch aufrecht schwimmen und daher befestigt man so viel Schrotkörner an den Füßen, daß der Teufel eben noch mit dem Haarschopf aus dem Wasser sieht und schon der leiseste Anstoß genügt, ihn untertauchen zu lassen.

Die Figur setzt man dann in einen hohen, mit Wasser angefüllten Standzylinder, wie er in Fig. 27 gezeichnet ist und bindet das fast bis an den Rand gefüllte Glas mit Papier zu oder verschließt es mit einem Holzdeckel.

Es gilt nun, den Teufel auf magnetischem Wege unter Wasser zu treiben. Dazu bedarf man eines ziemlich kräftigen Magnetstabes, der wiederum in der schon beschriebenen Weise in einer Papphülse oder einem hohlen Holzstab verborgen wird. Hat der Teufel den Nordpol im Kopf und nähert man das Nordende des (Zauber!-)Stabes dem Verschuß, so stoßen sich beide Pole ab und der Teufel sinkt unter. Will man, wie es wohl bisweilen auf Jahrmärkten geschieht, mit dieser Vorrichtung orakeln, so braucht man nur sein Verschwinden als „ja“, sein Bleiben als „nein“ zu deuten. Beides hat man in der Hand. Sitzt eine im Einverständnis befindliche Person unter dem Tisch, der natürlich dann verhängt sein muß, so kann die Beeinflussung auch von unten erfolgen, nur muß der Magnet dazu sehr stark und das Gefäß nicht zu hoch sein. Elektromagnete, wie wir sie später kennen lernen werden, sind leicht in der erforderlichen Stärke herzustellen, man kann sie im Tischkasten unterbringen, braucht dann den Tisch nicht

zu verhängen und kann der Hilfe einer zweiten Person ganz entbehren. Der Strom läßt sich leicht mit dünnen Drähten unbemerkt zuführen, und da mit dem Wechsel der Stromrichtung auch die Pole des Elektromagneten wechseln, hat man weiter nichts mehr zu wünschen (Seite 477). Alle hier angeführten Experimente lassen sich auch mit dem Elektromagneten anstellen.

Aber der eben geschilderte Versuch ist nicht nur amüſant, er ist auch lehrreich. Warum sinkt denn der Teufel überhaupt? Nun, weil sich die beiden gleichnamigen Pole abstoßen. Ganz recht, aber die Figur hat auch noch einen anderen Pol, und während der eine nach unten abgestoßen wird, wird der andere nach oben angezogen. Man sollte doch meinen, daß beide Kräfte sich in ihrer Wirkung aufheben. Der Widerspruch zwischen Überlegung und Versuch löst sich leicht. Wohl wirken beide Kräfte, aber die eine Kraft stärker als die andere, denn auch die magnetischen Wirkungen nehmen, wie alle anderen, mit der Entfernung ab und die beiden gleichnamigen Pole sind einander näher als die ungleichnamigen, daher überwiegt die Abstoßung.

Da die Kraft der Einwirkung sehr schnell abnimmt, geht der Teufel auch nicht bis auf den Grund, es müßte sich denn schon um einen sehr starken Magneten handeln. Er bleibt irgendwo im Wasser schweben. An dieser Stelle halten die abstoßende Kraft des Magnetpols und die auftreibende Kraft des Wassers einander die Wage. Der Teufel wird um so tiefer gehen, je stärker der Magnet ist. Welch einfaches und sicheres Mittel bietet sich uns hier, die Kraft unserer Magnete miteinander zu vergleichen!

Ein anderes kommt noch hinzu. Je weiter sich der sinkende Magnet von dem anderen entfernt, desto mehr verschwindet, dieser Entfernung gegenüber, die überwiegende Kraft des oberen abgestoßenen Poles. Der untere angezogene Pol kommt im Verhältnis immer mehr zur Geltung, so daß auch aus diesem Grunde mit der Entfernung die Einwirkung des genäherten Magnetstabes abnimmt. Ist nur diese Entfernung groß genug, dann kann man sagen, daß der eine Pol des schwimmenden Magneten mit derselben Kraft angezogen wird, wie der andere abgestoßen. Bei

unserem Glase tritt freilich dieser Fall nicht ein, wohl aber auf der Erde, denn sonst müßte ja eine auf einem Kork schwimmende Magnetnadel auf der nördlichen Halbkugel dem Nordpol auf der südlichen dem Südpol zuweilen.

Die überempfindliche Wage. Es gelingt leicht, einen starken Magneten so in einem Tischkasten nahe der Tischplatte unterzubringen, daß er sich an zwei Schnüren unbemerkt hin und her bewegen läßt. Nimmt man einen Elektromagneten, so kann man sich den Bewegungsmechanismus ersparen, da man dann bei dem zu beschreibenden Versuch den Strom nur zu öffnen oder zu schließen braucht.

Bei feineren doppelarmigen Wagen (nicht Federwagen) pflegen die Schalen nahe bis auf das Grundbrett herabzuhängen. Eine solche sucht man sich zu beschaffen und befestigt unter der einen Wagschale mit Wachs ein kleines Eisenstückchen. Unter die andere klebt man so viel Schrotkörner, daß völliges Gleichgewicht entsteht. Darauf rückt man die Wage so, daß die Schale mit dem Eisenstück gerade über den verborgenen Magneten zu stehen kommt, zieht jedoch dann den Magneten einstreifen beiseite.

Man ersucht nun einen der Zuschauer, irgend einen Gegenstand, etwa einen Ring, auf die eine Schale zu legen und eine zweite Person, auf die andere so viel Streuzucker zu sieben, daß beide Schalen genau im Gleichgewicht stehen. Zugleich versichert man, daß bei der hohen Empfindlichkeit der Wage niemals ein Unerfahrener dies erreichen könne. Man läßt es sogar auf eine Wette ankommen.

Sobald sich das Maß des aufgeschütteten Zuckers der Schwere des Ringes nähert, bringt man den Magneten unter die Schale und sofort entsteht ein scheinbares Übergewicht. Nun wird der Überraschte von dem Zucker etwas abnehmen. In diesem Augenblick zieht man den Magneten wieder fort und die Wage schnellt in die Höhe. So wird er nie mit seinem Ausgleich zu stande kommen.

Auch die Mühe jedes anderen, der vielleicht etwas klüger sein

will, kann man auf diese Art zu schanden machen, bis man schließlich sagt, es gehöre nur etwas Ruhe und eine geübte Hand dazu, um die Wägung auszuführen. Man entfernt darauf den Magneten und stellt das Gleichgewicht mit Leichtigkeit her.

Spiel mit schwimmenden Magnetpolen. Drei, besser aber noch mehr, sagen wir fünf oder sechs ganz gleiche Korken werden mit ebenso viel gleich langen Stopfnadeln durchstochen (Fig. 133), die man vorher magnetisiert hat und zwar so, daß die Öhre sämtlich gleichnamig magnetisch, etwa nordmagnetisch

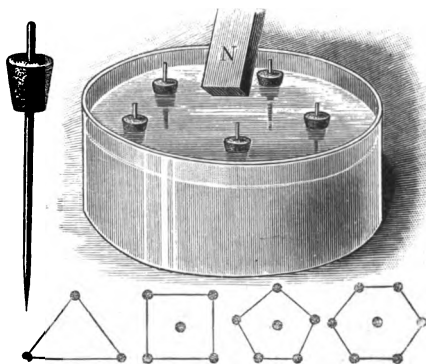


Fig. 133. Schwimmende Magnetpole.

werden. Man läßt die Nadeln mit dem Öhr nur wenig über den Kork hervorsehen und setzt sie in ein Waschbecken, wo sie mit der Spitze nach unten aufrecht schwimmen werden.

Nun tritt eine eigentümliche Erscheinung ein. Drängt man die Korken zusammen, so stoßen sich die Nordpole der Nadeln untereinander ebenso ab wie die Südpole der Spitzen und die Nadeln fahren auseinander. Darum ist aber nicht gesagt, daß sie sich bis an den Rand der großen Schüssel entfernen müßten, denn es bestehen natürlich auch Kräfte in schräger Richtung zwischen den Nord- und Südpolen. In einer bestimmten Entfernung tritt dann, was zu beweisen uns hier zu weit führen würde, ein Gleichgewicht

der Erscheinung ein, so daß sich die Nadeln bis über eine gewisse Zone hinaus nicht voneinander entfernen. Immer aber stehen sie unter dem Zwange einer gesetzmäßigen Wirkung und bilden eine symmetrische Figur. Recht lehrreich ist es, einen Magnetstab mit einem seiner Pole mitten in die Figur hineinzuhalten. Sind die Ösen nordmagnetisch und der Pol ebenfalls, so findet eine Abstoßung statt, die Nadeln fahren auseinander und die Figur erweitert sich, ohne aber dabei ihre Regelmäßigkeit zu verlieren. Allerdings werden hierbei auch die Südpole an den Nadelspitzen beeinflusst und zwar anziehend, die Kraft auf die Nordpole überwiegt jedoch, da sie sich dem Magnetstab näher befinden. Bei Entfernung desselben zieht sich die Figur wieder auf ihr ursprüngliches Maß zusammen, was ganz absonderlich aussieht und durchaus den Eindruck hervorrufen, als hätte man es mit elastischen Kräften zwischen den Nadeln zu tun. Bei der Annäherung eines Südpoles geschieht das Umgekehrte, die Figur zieht sich etwas zusammen, um nach Entfernung des Magneten wieder die alte Größe anzunehmen.

Nimmt man schnell eine der Nadeln hinweg, so ist das Gleichgewicht der Kräfte gestört und es ist dann sonderbar zu sehen, wie sofort alle Nadeln in Bewegung geraten, um sich neue Plätze zu suchen und wieder eine Figur völliger Symmetrie zu bilden.

Merkwürdige Liniengebilde unter dem Einfluß des Magnetismus. Ein seltsames Ding ist es doch um den Magnetismus. Hier auf dem Tisch liegt ein Magnet und in einiger Entfernung davon hängt eine Magnetnadel, die sich mit einem ihrer Pole auf den Magneten zudreht und offenbar von ihm beeinflusst wird. Es ist gerade so, als ob sich ein straffes, elastisches, doch unsichtbares Gummiband zwischen Pol und Pol ausspannte. Aber wir entdecken nichts in dem Zwischenraum, wir können nichts sehen, nichts greifen, ein Holzbrett hält die einwirkende Kraft nicht auf. Und doch muß der Raum auf irgend eine Art die Einwirkung vermitteln. Jedenfalls sind auch in ihm magnetische Kräfte vorhanden, das beweist

eine dritte Magnetnadel, die man in den Zwischenraum bringt. Sie schwingt hin und her, stellt sich dann aber so, daß ihre Achse in der Verbindungslinie der beiden Pole steht. Denkt man sich den Raum mit Tausenden von kleinen Magnetnadeln ausgefüllt, so werden sie im allgemeinen nicht alle die gleiche Lage haben, immer aber zeigen, wie die Richtung der magnetischen Kraft in jedem Punkt des Raumes beschaffen ist, auf dem sie sich gerade befinden. Auf gleiche Weise kann man die magnetische Beschaffenheit des Raumes um einen Magnetpol und zwischen den Polen eines Hufeisenmagnets untersuchen, nur werden unsere Leser nicht bereit sein, um ein vollständiges Bild vom Verhalten der Pole auf einmal zu erhalten, Tausende von winzigen Magnetnadeln anzufertigen und in der Nähe des Magneten anzubringen.

Da kommt uns denn der große englische Physiker Faraday, ein Findergenie, wie es in Jahrhunderten nur einmal geboren wird, zu Hilfe und zeigt, daß kleine Eisenfeilspänchen zu unserer größten Zufriedenheit die Rolle der kleinen Nadeln spielen können. Wir verfahren mit ihnen folgendermaßen.

Ein Magnetstab wird mit Wachs auf den Tisch geklebt oder zwischen Büchern so eingeklemmt, daß er senkrecht steht. Darauf heftet man mit Wachs auf ihn eine kleine quadratische Glasplatte oder ein ebenso großes Stück Kartonpapier. Auf dieses streut man dann durch ein gröberes Sieb Eisenfeilspäne. So wie sie von einer gewöhnlichen Handfeile abfallen, nicht zu grob, aber auch nicht zu fein, sind sie gerade gut. Wenn man sich bei einem Schlosser gut Freund macht und ihn bittet, den Feilichtabfall zu sammeln, wird man bald genügendes Material haben. Man streut nur eine Wenigkeit auf, klopft dann mit dem Finger leicht auf das Kartonblatt und wird sofort die kleinen Eisenteilchen marschieren sehen, um sich dann zu Linien anzuordnen, die vom Pol strahlensförmig nach allen Seiten auseinanderlaufen. (Fig. 134 A, a. f. S.) Man kann das Aufstreuen und Klopfen ein- bis zweimal wiederholen, wird aber finden, daß durch dickere Lagen die Figur nicht immer schöner wird. Die Eisenfeilspäne deuten an, wie in diesen Linien die magnetische Kraft eines Poles nach

allen Seiten in den Raum ausstrahlt. Faraday nannte sie daher die „Linien magnetischer Kraft“.

Untersucht man dieserart die Eigenschaften zweier Pole nebeneinander (einen Hufeisenmagnet), so kann man schon im voraus erwarten, daß sich die Pole gegenseitig in der Ausbildung ihrer Linien beeinflussen werden. So ist es auch. Fig. 134 B zeigt, wie sich die Linien zum Teil in brückenartigen Bogen von einem Pol zum anderen ausspannen und wie sie immer weitere Umwege

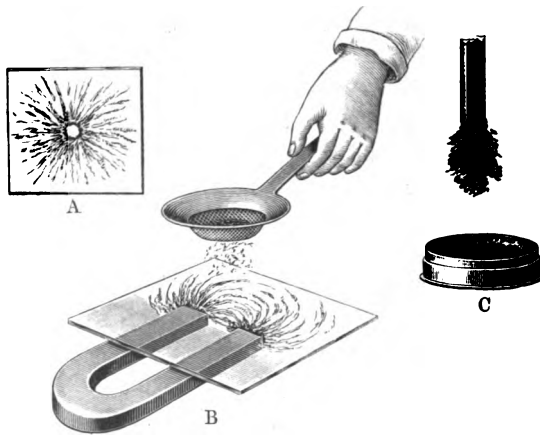


Fig. 134. Gebilde magnetischer Linien.

machen, je weiter nach rechts und links sie am Magneten angreifen.

Da die Experimente keinerlei Mühe machen, empfehlen wir unseren Lesern sehr, Magnete in allen möglichen Lagen, z. B. auch einen Stabmagnet liegend, zwei Hufeisenmagnete, mit gleichen oder ungleichen Polen einander gegenüberstehend, zu untersuchen und sich eine kleine Sammlung von Kartonblättern mit magnetischen Kraftlinien anzulegen. Aber, werden sie einwerfen, die garten Gebilde sind leider vergänglich und fallen beim Aufrichten des Kartons zusammen. Auch hier wissen wir Rat. Man löse ein Stückchen Stearinzerze in einem Rößel über dem Zylinder

einer Lampe auf, gieße den Inhalt auf den in Aussicht genommenen Karton und verteile ihn mit einer Visitenkarte schnell gleichmäßig über die ganze Fläche. Sollte das Stearin zu schnell erkalten und nicht mehr fließen wollen, so legt man den Karton auf eine warme Ofenplatte und vertreibt das flüssige Stearin weiterhin mit einem Papierstreifen. Darauf läßt man trocknen und bewahrt mehrere so vorbereitete Kartonblätter, damit sie flach liegen, in einem Buch unter Druck auf. Dann stellt man auf ihnen Kraftlinienbilder recht genau und sauber her, hebt das Ganze vorsichtig ab — natürlich darf man bei diesem Verfahren das Blatt nicht auf den Magnetpol kleben — und bringt es in eine nicht zu heiße Ofenröhre, wo das Stearin schmilzt und beim Erstarren die Eisenteilchen an den Karton heftet. Die Pole, welche das Bild hervorgerufen haben, schreibt man mit *N* oder *S* in die Figur hinein und fügt auch am Fußrande eine knappe Beschreibung der Magnetform bei.

Wir haben die magnetische Figur auf einer Ebene aufgefangen, dürfen uns jedoch nicht zu dem Glauben verleiten lassen, als wirke die magnetische Kraft eben nur in dieser. Sie greift nach allen Seiten in den Raum hinaus, und tauchen wir einen Magnetpol in das Kästchen mit Eisenfeile, so bleibt eine ganze Traube von kleinen Spänchen an diesem hängen (Fig. 134 C). Sehr schön werden mit einiger Vorsicht diese körperlichen Kraftliniengebilde bei Hufeisenmagneten, deren Pole nicht gar so nahe beieinander stehen. Geschickte Experimentatoren können sie auch dauernd erhalten und ihrer Sammlung einverleiben. Man klemmt dazu einen starken Hufeisenmagnet in irgend eine Vorrichtung so ein, daß seine Pole nach unten zeigen und heftet lose an sie ein kleineres mit Stearin präpariertes Pappblättchen. Nähert man darauf vorsichtig die Schachtel mit Eisenfeile, so werden bereits viele Eisenspänchen an dem Karton hängen bleiben, in noch unvollkommenen Formen zwei Büschel zeigend, die sich in der Mitte zu einem Tor oder einer Laube zusammenschließen. Sobald der Magnet entfernt wird, fällt das Gebilde herab. Geht man darauf aus, es dauernd zu erhalten, so schabt man von einer Kerze

feine Spänchen von Stearin ab und mischt diese — doch nicht allzu viel davon — recht gut unter die Eisenfeilspäne. Hat man dann die Schachtel zurückgezogen, so kann man das Gebilde noch vollkommener machen, wenn man ein wenig Eisenfeile auf ein hölzernes Löffelchen nimmt und dieses denjenigen Stellen des Gebildes nähert, wo man glaubt, noch mehr Teilchen ansetzen zu können. So baut man gewissermaßen das Kraftlinienbild zurecht. Nun kommt der bedeutlichste Augenblick der Prozedur. Man hat nämlich den ganzen Aufbau mit samt dem Magnet ohne Erschütterung

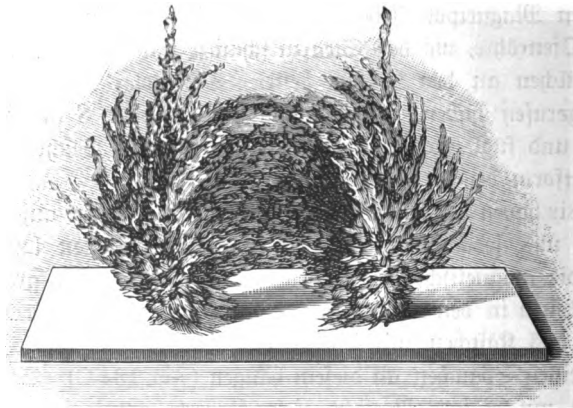


Fig. 135. Magnetische Laube.

in eine warme Ofenröhre zu befördern. Hier schmilzt das Stearin, dringt zwischen alle Teilchen ein und verklebt sie miteinander. Ist dies geschehen, so nimmt man die Vorrichtung ebenso vorsichtig aus der Röhre wieder heraus, läßt die Masse erstarren und kann dann behutsam das Kartonblatt von den Magnetpolen ablösen und umdrehen. Fig. 135 zeigt ein auf diese Art gewonnenes magnetisches Kraftgebilde.

Vom galvanischen Strom.

Von diesem kleinen Streifzug ins Gebiet der magnetischen Kräfte lehren wir zu den elektrischen Erscheinungen zurück. Wir haben die Elektrizität bisher erzeugt durch Reibung von Glas oder Harz und dabei gesehen, daß sie bei ihrem Ausgleich von Funken begleitet ist, die oft auf große Strecken durch die Luft überschlagen. Man könnte diese Funken mit Wasserstrahlen vergleichen, welche aus einem Spritzenstück hervorschießen. Je höher der Druck der Spritze ist, d. h. je stärker das Wasser gespannt wird, desto weiter wird der Strahl gehen. Man spricht auch bei der Elektrizität von einer Spannung und hält sie für um so höher, je länger die Funken werden. Aber je höher die Spannung, desto schlechter läßt sich begreiflicherweise die Elektrizität in den Drähten fangen und führen. Alle unsere Leser werden schon einmal einen Gartenschlauch gesehen haben, der unter hohem Druck stand, und auch bemerkt haben, wie überall dort, wo er auch nur ein wenig schadhast war, das Wasser in feinen Strahlen seitlich herausdrang. Gerade so geht es bei der hochgespannten Elektrizität der Elektrifiziermaschinen, deren Drähte im Dunkeln nach allen Seiten hin Ausstrahlungen zeigen.

So kann man freilich die Elektrizität nicht gebrauchen, wenn man sie auf große Entfernungen fortleiten will. Hochgespannt darf sie nicht sein, wohl aber kann ihre Menge so groß sein wie sie will — man wird dann einfach dickere Drähte nehmen, gerade so, wie man für einen großen Wasserbedarf Rohrleitungen von großem Durchmesser anwendet. Es ist das Verdienst Alexander Voltas, Professor der Physik in Pavia, Vorrichtungen angegeben zu haben, die große Mengen von Elektrizität in einfachster Weise liefern.

Schon vor Volta hatte ein Arzt, Ludwig Galvani in Bologna, in Gemeinschaft mit seiner Frau eine eigentümliche Beobachtung gemacht, sie aber falsch gedeutet. Er bemerkte nämlich, daß ge-

tötete Frösche in der Nähe einer Elektrifiziermaschine jedesmal zuckten, sobald ein Funke übersprang. Die gleiche Erscheinung zeigte sich später, als er die Froschschenkel mit einem Kupferdraht zum Trocknen an ein Balkongitter hing, so oft als der Wind das Präparat gegen das Eisen trieb. Galvani deutete das Zucken ganz richtig als eine elektrische Erscheinung, nur verlegte er fälschlich den Sitz der elektrischen Kraft in den Frosch selbst.

Volta, der wissenschaftlicher verfuhr, wiederholte die Versuche mit großem Ernst und fand sehr bald, daß der Frosch nicht zuckte, wenn er mit einem eisernen Haken an ein eisernes Geländer gehängt wurde. Immer waren zwei verschiedene Metalle zur Hervorrufung der Erscheinung nötig, und Volta schloß daraus ganz richtig, daß die Erzeugungsstelle der elektrischen Kräfte dort sei, wo die beiden verschiedenen Metalle einander berührten.

Auf die Richtigkeit seiner Ansichten fußend, baute er aus aufeinandergeschichteten Metallplatten eine Säule, die sich an ihrem einen Ende elektropositiv, an dem anderen elektronegativ erwies und alle bekannten elektrischen Erscheinungen zeigte. Nur die Funken hielten, obgleich sie glänzend waren, an Länge gar keinen Vergleich mit den durch Reibungselektrizität erzeugten aus, ein Beweis, daß die Elektrizität hier unter niedriger Spannung auftrat.

Volta legte zwischen je zwei Blättchen verschiedenartiger Metalle ein mit Säure getränktes Filzstückchen, wodurch er die Wirkung wesentlich erhöhte. Dabei griff die Säure die Metalle an und verzehrte sie. Wir sehen auch hierin wieder den Aufwand, der immer nötig ist, um elektrische Erscheinungen hervorzurufen.

Die Elektrizität, durch eine derartige Einrichtung erzeugt, nennt man, im Gegensatz zu der durch Reibung gewonnenen, die galvanische. Niemand wird glauben, es handele sich um eine andere, ganz neuartige Elektrizität, nur ihre Erzeugungsart ist eine andere geworden und sie erscheint hier unter der Form geringerer Spannung.

Galvanische Elemente und Battereien aus Wassergläsern. Zur Erzeugung des galvanischen Stromes — das für uns neue Wort „elektrischer Strom“ soll gleich erklärt werden — wählen wir eine etwas andere Anordnung als Volta. Wir packen die Metallplatten nicht übereinander, sondern nebeneinander und ersetzen die Filzstücke durch angesäuertes Wasser. Im Prinzip wird also nichts geändert.

Ein Wasserglas (Fig. 136 A, a. f. S.) wird bis 2 cm breit unter den Rand mit Wasser gefüllt, dem man unter Umrühren mit einem Glasstäbchen den dreißigsten Teil Schwefelsäure hinzufügt. Es mag gleich hier wiederum und für alle künftigen Versuche, bei denen es sich um Mischung von Säure und Wasser handelt, gesagt sein, daß man immer die Säure in das Wasser gießt und niemals umgekehrt, da andernfalls eine heftige Dampsentwicklung die Säure umherschleudern würde. Man denke daran, daß auch bei größerer Verdünnung Schwefelsäure immer noch Flecke auf dem Anzug macht, die sich bald durch ihre rötliche Farbe verraten. Ist das Gewebe noch nicht allzu stark angegriffen, so kann man die Flecke beseitigen, wenn man sie mit Salmiakgeist oder mit Ammoniakflüssigkeit betupft. Es empfiehlt sich daher durchaus, immer eine der beiden Flüssigkeiten zur Stelle zu haben.

In das angesäuerte Wasser stellt man Streifen zweier verschiedener Metalle. Man kann deren sehr viele wählen, doch eignen sich für uns keine so gut als Kupfer und Zink. Den Zinkstreifen lasse man sich, etwa 4 cm breit, aus einem etwas dickeren Bleche schneiden, da er von der Säure stark angegriffen wird. Als Hauptregel merke man sich, daß sich die Metalle in einem elektrischen Element — so nennt man die ganze Vorrichtung — niemals berühren dürfen. Es ist daher gut, sie entweder über den Rand herumzubiegen oder sie durch ein mit Stearin oder Paraffin angefülltes Holzklötzchen unten auseinander zu halten.

Unsere Leser wollen sich nun an unsere ersten Versuche über Reibungselektrizität erinnern. Als wir einen Glasstab mit einem Seidenlappen rieben, wurde durch unseren Arbeitsaufwand das

Glas positiv, die Seide negativ elektrisch. Hier arbeitet die Säure an den Metallen, und durch diese chemische Arbeit wird das Kupfer positiv und das Zink negativ elektrisch. Beide Elektrizitäten haben als ungleichnamig das Bestreben, sich miteinander zu vereinigen. Durch das gesäuerte Wasser hindurch, obgleich dieses ein Leiter ist, kann der Ausgleich nicht geschehen, da die chemische Arbeit immer wieder die Elektrizitäten auseinandertreibt. Bietet man ihnen dagegen einen anderen Weg, etwa indem man außerhalb des Glases die beiden Platten durch einen Draht verbindet, so tritt durch diesen Draht eine Entladung ein, gerade so, wie bei einer Leydener Flasche, wenn man den äußeren und inneren Belag miteinander verbindet.

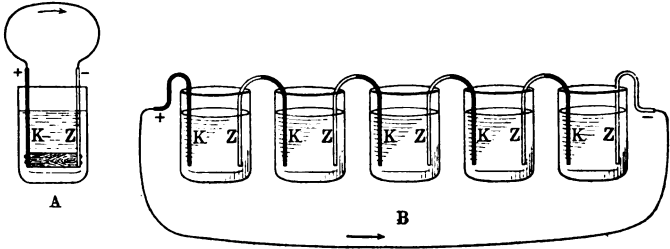


Fig. 136. Galvanische Batterie aus Wassergläsern.

Nur ist diese Entladung in vieler Hinsicht doch eine etwas andere, denn einmal handelt es sich dabei um eine ganz geringe Spannung, die kaum ein winziges Fünkchen an der Berührungsstelle hervorbringt. Sie ist auch nicht eine einmalige, schlagartige Entladung, sondern eine dauernde, da die chemischen Kräfte in dem Element fortwährend tätig sind. Man kann daher sagen, daß die Elektrizität in dem Schließungsdraht stromartig fließt. Dieser „elektrische Strom“ muß eine gewisse Richtung haben, oder es ist doch gut, für viele Experimente eine solche anzunehmen. Man hat sich dahin geeinigt, den Strom vom positiven Metall nach dem negativen durch den Draht herüberfließen zu lassen, in unserem Fall also vom Kupfer zum Zink, sehr leicht

an der alphabetischen Reihenfolge zu merken. Die Spannung eines solchen Elementes beträgt etwa nur den hunderttausendsten Teil derjenigen, welche man an der Elektrifiziermaschine erzeugt, jedoch ist die Stärke des Stromes — auch durch die Drähte bei unseren Reibungsversuchen „floß“ die Elektrizität — des Elementes so ungeheuer viel größer, daß, wenn wir die abfließende Reibungselektrizität mit einem aus großer Höhe im Gebirge niedergehenden Staubfall vergleichen wollen, wir dem Element die Erzeugung eines Stromes zuschreiben müssen, der wie der Rhein in der Ebene majestätisch dahinfließt.

Man hat es jedoch in der Hand, die Spannung galvanischer Vorrichtungen zu erhöhen, ohne dabei an Stromstärke einzubüßen, indem man nämlich die Elemente zu einer Batterie zusammenschaltet, wie Fig. 136 B es zeigt. Man stellt so viel Gläser in eine Reihe nebeneinander, als man Elemente in der Batterie haben will und verbindet stets den Kupferstreifen des einen Elementes mit dem Zinkstreifen des anderen am besten so, daß man sie, wie es auch die Figur zeigt, oben zusammenlötet und U-förmig herumbiegt. Am Ende der Batterie oder „Kette“ bleibt je ein Kupferstreifen und ein Zinkstreifen übrig, von denen der erstere positiv, der andere negativ elektrisch wird, aber nun befaßt mit einer Spannung, welche der Summe aller Elemente entspricht. Wollte man hunderttausend solcher Elemente hintereinander schalten, so würde man alle Erscheinungen der Reibungselektrizität sehen, die beiden Enden der Batterie — ihre „Pole“, wie man sagt — würden im Dunkeln leuchten, ihre Drähte würden, einander genähert, Funken überschlagen lassen, man könnte Leydener Flaschen laden, kurz alles würde darauf hindeuten, daß man es mit einer hochgespannten Elektrizität zu tun habe.

Verbindet man den Kupferpol einer Batterie mit dem Zinkpol durch einen Draht, der dort, wo er die Pole berührt, immer blank gepuzt sein muß, so fließt ein galvanischer Strom, wie es auch die Abbildung andeutet, in der Richtung des Pfeiles vom Kupfer (+) zum Zink (—). Um die Drähte bequem an den Polen befestigen zu können, lötet man an die Blechstreifen Drahtstücke an und

setzt auf diese die bekannten Polklemmen aus Messing, welche für geringes Geld bei jedem Mechaniker oder Schlosser zu haben sind, der sich mit der Ausführung von elektrischen Klingelleitungsanlagen beschäftigt.

Hat man eine Batterie von zehn bis zwanzig Elementen zur Verfügung, klemmt an die Batteriepole zwei Drähte und stößt ihre Enden reibend gegeneinander, so kann man zwischen ihnen schon ein kleines Fünkchen bemerken. Wickelt man jedes Ende an einen Löffelstiel und ergreift die Löffel mit angefeuchteten Händen, so spürt man allemal beim Zufassen und Loslassen eine kleine Erschütterung. Behält man sie fest in der Hand, so fühlt man dagegen nichts, und erst bei fünfzig Elementen und mehr tritt ein eigentümliches Gefühl belebender Wärme auf.

Wir merken uns für alle folgenden Experimente, daß beide Batteriepole mit Drähten versehen werden müssen, die zu dem jeweilig in Betrieb zu setzenden Apparat führen, für gewöhnlich einander aber nicht metallisch berühren dürfen, da sonst der Stromkreis geschlossen ist und die Elemente sich verzehren. Mit zwei bis vier Elementen kommt man für alle Versuche aus. Benutzt man sie nicht, so nimmt man die Metallplatten heraus und spült sie unter laufendem Wasser ab.

Man kann, wenn man nicht starke Wirkungen verlangt, die Elemente auch mit anderen Flüssigkeiten füllen, z. B. dem Wasser für jedes Glas ein bis zwei Löffel Kochsalz oder ebenso viel Salmiak zugeben.

Käufliche elektrische Elemente, welche etwa in die Hände unserer Leser kommen könnten, sind folgende:

Das Flaschenelement, zum Experimentieren sehr geeignet, bestehend aus Platten von Kohle und Zink, die nur während des Gebrauches durch eine besondere Vorrichtung in die Flüssigkeit gesenkt werden. Füllung ist eine Lösung von doppelt chromsaurem Kali mit Schwefelsäurezusatz.

Das Dunfenelement, sehr stark in der Wirkung, wegen der umständlichen und unsaubereren Zusammensetzung jedoch für uns wenig geeignet. Zink und Kohle voneinander durch einen durch-

lässigen Longylinder getrennt. Füllung auf der Zinkseite verdünnte Schwefelsäure, auf der Kohleseite Salpetersäure.

Das Leclanchéelement, zu Klingelanlagen viel gebraucht, auch für uns wohl geeignet. Zinkstab und Braunstein in einem Longylinder. Füllung Salmiaklösung. Dieses Element wird nach dem Gebrauch nicht auseinandergenommen.

Das Trockenelement, im Handel zu haben, ist völlig verschlossen, so daß es in allen Stellungen gebraucht werden kann. Füllung verschieden. Recht geeignet für kleinere Versuche. Preis im Durchschnitt 2 Mark.

Wie auch immer die Elemente im einzelnen beschaffen sein mögen, sie haben stets zwei verschiedene Pole und man schaltet sie immer so zu einer Batterie hintereinander, daß man die ungleichnamigen Pole miteinander verbindet.

Drähte. Die Zuleitung des galvanischen Stromes zu den Apparaten geschieht durch Drähte von beiden Polen aus. Denn wir müssen annehmen, daß der Strom vom positiven Pole kommt, durch den Apparat läuft und zum negativen Pole der Batterie zurückkehrt. Jedes Metall ist als Draht geeignet, doch ist Kupfer bei verhältnismäßig hoher Leitfähigkeit am billigsten. Fast alle zu elektrischen Zwecken verwendeten Drähte sind aus Kupfer gezogen und je nach den Stromstärken, welche sie führen sollen, verschieden dick. Für uns genügt es, Drähte von 0,7 bis 1 mm Durchmesser zu besitzen. Da sie einander an keiner Stelle leitend berühren dürfen, weil sonst der Strom außer über den Apparat noch einen Nebenweg offen finden würde, so kauft man doppelt mit Baumwolle umspinnene und gewachste Drähte. Sogenannter Klingelleitungsdraht ist für unsere Zwecke ganz ausreichend und empfehlenswert.

Überall dort, wo die Stromführungsdrähte mit der Batterie in Verbindung stehen, müssen sie von der isolierenden Hülle befreit und blank gepuzt werden. Will man zwei Drahtenden miteinander verbinden, so benutzt man dazu eine Klemme oder wickelt die blanken Enden fest umeinander. Besteres Verfahren

verdickt jedoch die Drähte bald. Bei jeder Leitung, welche dauernd liegen bleiben soll, werden die Verbindungsstellen verlötet und mit Isolierband — käuflich in den elektrotechnischen Geschäften — umwickelt.

Der elektrische Strom zerlegt das Wasser in zwei Gase. Jede Straße unterliegt durch den über sie gehenden Verkehr der Abnutzung und Veränderung. Für den elektrischen Strom ist der Draht der Weg, über den er mit für uns unsagbarer Geschwindigkeit dahineilt. Ist es nun nicht merkwürdig, daß man an einem solchen Draht keinerlei Abnutzung nachweisen kann, daß er nach dem Gebrauch genau so aussieht wie vor ihm, daß er Jahrzehnte lang den gleichen Zwecken dient und es sicher noch länger tun würde, wenn nicht die zerstörenden Kräfte der Witterung an ihm arbeiteten?

Man hat begreiflicherweise alle möglichen Körper auf ihre Leitungsfähigkeit für den elektrischen Strom untersucht und, wie es unseren Lesern schon bekannt ist, Leiter und Nichtleiter (Isolatoren) unterschieden. Man ist aber auch auf eine ganze Gruppe von Körpern gestoßen, die eine durchaus eigenartige Stellung einnimmt und deren besonderes Verhalten das größte Interesse verdient. Zu ihr gehören die Flüssigkeiten. Auch sie leiten den Strom, aber sie bleiben dabei nicht unverändert, wie die Metalle, werden vielmehr bei dem Prozeß zersetzt. Eine solche Zersetzung kann man beim Wasser leicht vornehmen.

Man verschafft sich vom Mechaniker zwei dünne, etwa 4 cm lange Platindrähtchen, die man auf einer metallenen Unterlage mit einem kleinen Hämmchen zu Streifen breitklopft und an fingerlange Stücke von Kupferdrähten anlötet. Letztere zieht man durch einen guten Kork so weit hindurch, daß die Lötstellen in diesem versteckt sind, die Platindrähte aber darüber hinausragen. Der Kork wird dann, wie es Fig. 137 zeigt, von oben her in den Hals eines geräumigen Trichters gestoßen, so daß keinerlei Flüssigkeit nach unten hindurchfließen kann und zur Sicherheit werden auch noch die Löcher mit Siegellack verkittet.

Man befestigt darauf den Trichter in einem Stativ oder zwischen Büchern und Klößen und füllt ihn bis zweifingerbreit unter den Rand mit Wasser, dem man eine Wenigkeit Schwefelsäure zusetzt. Verbindet man die beiden Drähte des Apparates mit den Polen einer Batterie von zwei bis vier Elementen, so sieht man die Platindrähte sich mit kleinen Blasen bedecken, die sich ablösen, nach oben aufsteigen und neu entstehenden Platz machen. Indem der Strom durch das Wasser fließt, zersetzt er es, zerlegt es in seine Bestandteile, und alle, denen bekannt ist, daß das Wasser aus zwei Teilen Wasserstoff und einem Teil Sauerstoff besteht, werden sich nicht wundern, Gase an den Platindrähten aufsteigen zu sehen. Man kann sie auffangen und durch eine einfache Probe nachweisen, daß es sich wirklich um die beiden Gase handelt. Dazu füllt man ein Reagenzgläschen bis an den Rand mit angesäuertem Wasser,

verschließt es mit dem Daumen und öffnet es erst, nachdem man es in der Flüssigkeit des Trichters umgekehrt hat. Nach einem bekannten physikalischen Gesetz fließt dann das Wasser aus dem Röhrchen nicht heraus und man kann es so mit der Öffnung über eines der beiden Platindrähtchen bringen. Das aufsteigende Gas verdrängt das Wasser und füllt nach einer gewissen Zeit, die man sich merkt, das ganze Röhrchen an. Man verschließt es darauf unter Wasser mit dem Daumen und nimmt es heraus.

Schon vorher konnte man bemerken, daß sich das Gas an dem einen Drähtchen reichlicher entwickelt als am anderen, und es ist nicht schwer zu erraten, daß das in größerer Menge entwickelte Gas der Wasserstoff sein wird, da das Wasser aus zwei

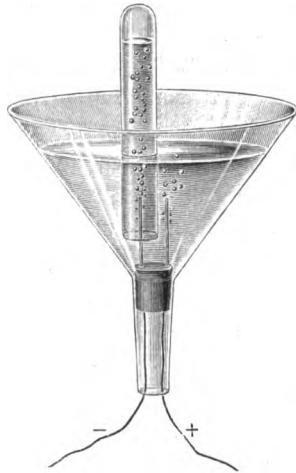


Fig. 137. Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom.

Teilen Wasserstoff, aber nur einem Teil Sauerstoff besteht. Es ist der elektronegative Draht, derjenige also, welcher mit dem Zinkpol der Batterie in Verbindung steht, an dem sich der Wasserstoff zeigt. Wir haben über ihm das Röhrchen gefüllt und nähern nun seiner Mündung ein brennendes Streichholz. Sofort hört man einen leichten Puff, und das Gas verbrennt mit schwachleuchtender, bläulicher Flamme. Es ist in der That Wasserstoff.

Der Sauerstoff brennt zwar selbst nicht, er ist aber dasjenige Element, welches eine Verbrennung möglich macht und unterhält. Daher flammt denn ein glühender Span in ihm wieder auf, wie man sich an einer zweiten Probe überzeugen kann, die man über dem anderen Platindrähtchen aufgefangen hat. Man bemerkt dabei auch, daß man nun die doppelte Zeit warten muß, ehe das Gläschen voll ist.

Wir werden später auf andere Art Wasserstoff und Sauerstoff in größeren Mengen bequem darstellen lernen und gehen daher an dieser Stelle nicht auf die überraschenden Versuche ein, die man mit beiden Gasen anstellen kann.

Fängt man beide Gase zusammen auf, so hat man es mit dem furchtbaren Knallgas zu tun, das ungemein leicht entzündlich und explosiv ist. Will man an dieser Stelle einen Versuch mit dem Gemenge machen, so begnüge man sich, einen halben Fingerhut voll von beiden Gasen gleichzeitig aufzufangen und zu entzünden. Sie verbinden sich mit einem heftigen, peitschenähnlichen Knall und es bildet sich ein Tröpfchen Wasser, daselbe, durch dessen Zerlegung die beiden Gase entstanden waren.

Knallgastelegraphie. Nichts ist leichter, als mit Hilfe der beschriebenen Gasausscheidungen eine elektrische Telegraphie einzurichten. Durch einen Stopfen werden zwei Drähtchen gesteckt und in einem Reagenzgläschen befestigt. Da es bei diesem Versuche nicht darauf ankommt, die Gase ganz rein zu erhalten, begnügt man sich mit Kupfer-, besser noch mit den billigen Neusilberdrähten. Die Füllung ist mit etwas Schwefelsäure angesäuertes Wasser (Fig. 138).

Von den beiden Drahtenden — den Polen des Apparates — führt man zwei umspinnene Kupferdrähte so weit, als man will,

bis zu einem Raum, von dem aus die Depesche aufgegeben werden soll. Stellt man hier eine Batterie von mindestens zwei Elementen auf, verbindet den einen der Drähte etwa mit dem negativen Pol der Batterie und berührt mit dem anderen den positiven Pol, so werden im Augenblick der Berührung Gasbläschen im Glase der anderen Station aufsteigen.

Damit ist die telegraphische Einrichtung eigentlich fertig und es erübrigt nur noch, irgend ein alphabetisches System zu verabreden. Deren kann man sich leicht mehrere ausdenken, z. B. kann man bestimmen, ein einmaliger Stromschluß folle A bedeuten, ein zweimaliger B u. s. w. Für den Buchstaben F würde man

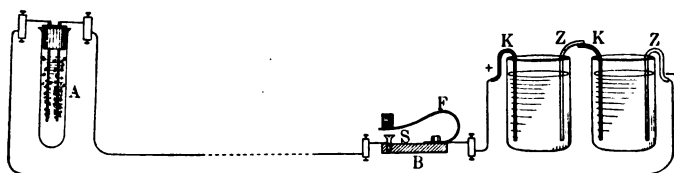


Fig. 138. Knallgastelegraphie.

demnach den Strom sechsmal hintereinander zu schließen haben. Nach jedem Buchstaben wird eine kleine Pause gemacht, so daß der „Telegraphenbeamte“, welcher das Gläschen beobachtet, sich eine Notiz machen kann. Dies System ist ebenso einfach wie unständlich und man wird daher besser fahren, wenn man lange und kurze Zeichen zu Buchstaben zusammenstellt. Man wird dann zu der Anordnung greifen, die der Amerikaner Morse für seinen elektromagnetischen Schreibtelegraphen benutzt hat. In langen (Strichen) und kurzen Stromschlüssen (Punkten) ausgedrückt, lautet das Morsealphabet folgendermaßen:

a	· —	g	— — ·	n	— ·
b	— · · ·	h	· · · ·	o	— — —
c	— · — ·	i	· ·	p	· — — ·
d	— · ·	k	— · —	q	— — · ·
e	·	l	· — · ·	r	· — ·
f	· · — ·	m	— —	s	· · ·

t —	v . . . —	x — . . . —
u . . —	w . — —	y — . — —
		z — . — . .

Umständlich und unsicher ist es freilich, die Stromschlüsse durch Berührung des Batteriepoles herzustellen, und es lohnt sich schon der Mühe, für diesen und für alle künftigen Versuche, bei denen die Batterie nur zeitweise geschlossen werden soll, einen einfachen „Stromschlüssel“ anzufertigen. Auf einem Grundbrettchen *B* (Fig. 138, a. v. S.) befestigt man eine 2 cm breite Messingfeder *F*. Drückt man die Feder herab, so berührt sie den Kopf der Messingschraube *S* und der Strom wird geschlossen, wenn, durch entsprechende Anschlüsse, Schraube und Feder mit der Leitung und der Batterie in Verbindung stehen. Zur besseren Handhabe kittet man auf die Feder einen Kork. Die Berührungsstellen müssen stets ganz sauber sein.

Wir wollen unseren Lesern noch verraten, daß man sich bisweilen die eine der beiden Leitungen ersparen kann, wenn man nämlich in der Nähe der beiden Stationen Gas- oder Wasserleitung vorfindet, die beide eine vorzügliche Leitung darstellen. Man zieht dann nur einen Draht und schließt den einen Pol des Gläschens ebenso wie einen Pol der Batterie an die Wasserleitung an, indem man einen blanken Draht mehrere Male um einen Hahn wickelt. Unmöglich ist es aber, beide Drähte fortzulassen und den einen durch die Wasserleitung, den anderen durch die Gasleitung zu ersetzen. Beide Röhrensysteme haben stets irgendwo miteinander Verbindung und wirken nur wie ein Draht.

Diese Gastelegraphie ist keineswegs unsere Erfindung. Die ersten Versuche Sömmerings vor nunmehr fast hundert Jahren waren wirklich dieser Art. Nur verfuhr er weit umständlicher und ordnete 25 Gläschens nebeneinander an, von denen jedes einen Buchstaben bedeutete. Ebenso viel Batterieen, Stromschlüssel und 50 Drähte zwischen beiden Stationen waren zu dieser ersten elektrischen Telegraphie nötig, von der heute nur noch wenige Menschen etwas wissen.

Zwei Farben in derselben Flüssigkeit durch den elektrischen Strom hervorzurufen. Die Schenkel eines U-förmig gebogenen Glasröhrchens werden mit einer Lösung von Glaubersalz in Wasser angefüllt, dem man so viel Blaulohlabkochung oder auch Malsentinktur hinzugesetzt hat, daß die Farbe violett ist. Man befestigt dann in den Schenkeln mit Korken kleine Platin-drähtchen und verbindet diese mit den Polen einer Batterie. Sofort tritt eine Gasentwicklung ein und die Flüssigkeit am positiven Pol färbt sich rot, am negativen grün. Sollen die Farben wechseln, so ändert man die Stromrichtung, d. h. man vertauscht die Drähte an den Polen der Batterie.

Der gehorsame Schreibstift. Farbauscheidungen unter dem Einfluß des elektrischen Stromes sind ziemlich häufig und können zu einer Reihe von überraschenden Späßen benutzt werden. Man schüttet von Phenolphthalein — einem weißlichen Pulver, das in den Apotheken zu haben ist — so viel in Spiritus, als sich lösen will und gießt von der Lösung etwa 50 g in einen halben Liter Wasser, dem man noch eine Messerspitze voll Kochsalz zusetzt. Diese Lösung hat die Eigenschaft, sich am negativen Pole eines Zersetzungsgläschens — man kann das auf Seite 465. beschriebene benutzen — rot zu färben, so daß eine derartige Vorrichtung in bequemster Weise dazu dienen kann, die Pole einer Stromquelle festzustellen.

Man verfährt bei dem Versuch nun folgendermaßen. Ein nicht zu dickes und rauhes Schreibpapier wird mit der Phenolphthaleinlösung getränkt und auf eine gerade Unterlage von Weiß- oder Zinkblech gelegt. Letztere verbindet man mit dem positiven Pol einer nicht zu kleinen Batterie. Der andere Pol steht durch einen leicht beweglichen Draht mit einem Schreibstift in Verbindung, der jedoch nur aus einer starken Stricknadel besteht. Schreibt man dann mit der Nadel, ohne gerade fest aufzudrücken, auf dem Papier, so geht die Farbauscheidung vor sich und die Schrift erscheint schön rot auf weißem Grunde, doch, wohlgemerkt, nur so lange eine Verbindung mit der Batterie besteht. Darauf bauen

wir unseren Plan und bitten irgend jemand, etwas über uns niederzuschreiben, doch ja nur etwas Angenehmes, da der Stift bei jedem mißliebigen Wort versage. Die Batterie ist versteckt und ebenso der Stromschlüssel, den wir, dem Schreiber über die Schulter sehend, mit dem Fuß niedertreten. Wir haben es dann in der Hand oder richtiger „im Fuß“, die Schrift ganz nach Belieben aussetzen und wieder auftreten zu lassen, eine Erscheinung, die sich sicher niemand so leicht erklären wird.

Gegenstände mit dem elektrischen Strom zu verkupfern oder nachzubilden. In den Drogenhandlungen ist das Kupfervitriol in schönen, blauen Kristallen löslich. Man schüttet davon so viel in ein Einmacheglas mit Wasser, daß eine gesättigte Lösung entsteht, d. h. so viel, daß auf dem Boden des Glases immer noch einige Kristalle unaufgelöst liegen bleiben (Fig. 139, a. S. 470). Darauf legt man quer über das Glas zwei blanke Messingstäbchen, verbindet beide leitend mit den Polen einer Batterie aus zwei Elementen und hängt an den positiven — mit dem Kupfer der Batterie verbundenen — Stab mit blanken Drähten ein Stück Kupferblech auf. An dem anderen Stab wird der zu verkupfernde Gegenstand, sagen wir ein Schlüssel, ebenfalls an einem blanken Draht, in die Lösung gehängt. Es tritt hier nun merkwürdigerweise keine Zersetzung des Wassers auf, vielmehr wird dort, wo sich sonst der Wasserstoff entwickeln würde, metallisch reines Kupfer aus der Lösung abgeschieden. Sie würde immer farbloser werden und immer dünner, wenn man nicht Kupfervitriolkristalle im Überschuss beigegeben hätte, die sich während des Prozesses in der Tat verzehren.

Jeder zu verkupfernde Gegenstand muß zwei Bedingungen genügen, er muß den Strom leiten und völlig sauber, vor allen Dingen aber ganz frei von Fett sein. Da sich unsere Leser kaum damit beschäftigen werden, Gegenstände zu verkupfern, so sollen die zum Teil umständlichen Reinigungsmethoden hier nicht besprochen werden. Schon nach wenigen Sekunden zeigt sich der Kupferniederschlag und hat meist nach einer halben Stunde eine

genügende Stärke erreicht. Während des Versuches ist es durchaus nötig, den Gegenstand einige Male herumzudrehen und alle Seiten nacheinander der Kupfertafel zuzuwenden.

Reizend sehen verkupferte, natürliche Blätter und Blumen aus, nur unterliegt es einiger Schwierigkeit, sie für den Strom leitend zu machen. Entweder trägt man Graphit in dünner Lage mit einem feinen Haarpinsel auf oder man legt die Blume eine Zeitlang in eine der auf Seite 295 des Buches beschriebenen Versilberungslösungen, in der sie bald einen leitenden Überzug von metallischem Silber erhält. Das so vorbereitete Präparat bringt man, an mehreren feinen Kupferdrähtchen hängend, die den Strom gleichmäßig über den ganzen Gegenstand verteilen, in das elektrische Kupferbad und zwar immer an den negativen Pol.

In gleicher Weise kann man leicht rostende Metallgegenstände in einem Nickelsalzbade mit Nickel überziehen, unedle Metalle in einem Goldbade vergolden u. s. w., eine ganze Industrie hat sich des einfachen physikalischen Vorganges bemächtigt und Tausende von Arbeitern finden durch sie ihren Lebensunterhalt.

Aber die Elektrizität, deren vielseitige Fähigkeiten wir immer rüchhaltloser bewundern müssen, vermag noch mehr. Sie umgibt nicht nur unedle oder gebrechliche Körper mit wertvoller und dauerhafter Hülle, sie bildet sie auch nach und schafft von einem Original Kopieen, die von diesem nicht zu unterscheiden sind und von denen viel zu wenig gesagt wird, wenn man behauptet, sie gleichen dem Original, wie ein Ei dem anderen.

Wir wollen versuchen mit Hilfe des elektrischen Stromes irgend eine Münze, zur ersten Übung etwa einen Taler, in Kupfer nachzubilden. Eines neuen Apparates bedarf es nicht, unser Verkupferungsgefäß dient auch diesem Zweck ohne jede Veränderung.

Gesetzt, es wäre möglich, den Taler einseitig recht stark zu verkupfern und dann den zusammenhängenden Niederschlag von ihm abzusprenge, so würde man offenbar ein genaues Abbild der Zeichnung erhalten, nur daß alle Erhabenheiten vertieft wären. Eine genaue Kopie des Originals würde einen zweiten Niederschlag

auf dem ersten notwendig machen. Da man jedoch nicht darauf rechnen kann, den zweiten Niederschlag von seinem Kupferuntergrund los zu bekommen, verfährt man folgendermaßen.

Die Münze wird ein wenig mit Olivenöl eingesettet und mit einem fingerbreiten Rand aus Schreibpapier versehen, so daß eine Hohlform entsteht, in die man dünnen Gipsbrei gießt. Nach dem Erstarren läßt sich die Münze leicht ablösen und man hat nun einen negativen Gipsabguß vor sich, in dem alle erhabenen Stellen der Münze vertieft sind. Auf dieser „Matrize“ soll galvanisch Kupfer niedergeschlagen werden. Man pinselt sie daher, um sie leitend zu machen, gut mit Graphit aus, auch auf der Rückseite,

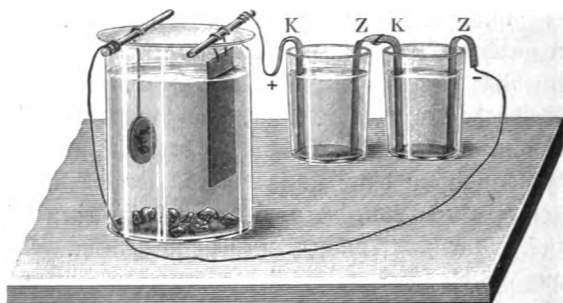


Fig. 139. Galvanische Nachbildung von Münzen (Galvanoplastik).

und hängt sie dann am negativen Pol in das Bad. Das Relief muß stets der Kupferplatte zugewendet sein. Einige Schwierigkeit bereitet die gut leitende Aufhängung. Am besten wickelt man ganz dünnen, blanken Kupferdraht mehrmals um den breiten Rand der Form und bestreicht diesen dann noch einmal mit Graphit.

Nun habe man Geduld und überlasse den Apparat ruhig sich selbst. Kupfer, so fein verteilt, daß es in die kleinsten Vertiefungen dringt, lagert sich zunächst auf der Form ab, neue Schichten verstärken die erste, und schließlich ist der Kupferbelag dick genug, um mit leichter Mühe von der Form abgesprengt zu werden. Bier- und zwanzig bis achtundvierzig Stunden kann die Matrize schon

im Bade bleiben. Den Niederschlag durch mehr Elemente beschleunigen zu wollen, hat gar keinen Zweck, da er dann grobkörnig und unansehnlich wird. Sind auf solche Weise beide Seiten der Münze nachgebildet, die Abdrücke auf eine Messingscheibe gelötet und die Ränder mit der Feile sauber verputzt, so hat man eine Kopie, die völlig die Schärfe des Originals aufweist und die der gewiegteste Kenner nicht mehr von diesem unterscheiden kann.

Sehr leicht sind Blätter galvanoplastisch nachzubilden, da ihre Rückseite mit den erhabenen Adern schon die Matrize darstellt. Man überzieht daher die Rückseite mit Graphit und hängt das Blatt mit dieser der Kupferplatte gegenüber auf. Um einen recht gleichmäßigen Niederschlag zu erzielen, ist es angebracht, von dem Hauptdraht, an dem der Stiel befestigt ist, mehrere feine Kupferdrähte ausgehen zu lassen, die das Blatt an verschiedenen Stellen berühren. Der Abdruck muß an den Rändern sauber befeilt werden, da das Kupfer Neigung zeigt, um das Original herumzuwachsen. Ein derartiges Blatt, bronziert, gibt einen reizenden Schmuck für einen Briefbeschwerer ab.

Lauben und Bäume aus Bleikristallen durch den Strom gebildet. Die Vorrichtung ist eine sehr einfache. Man

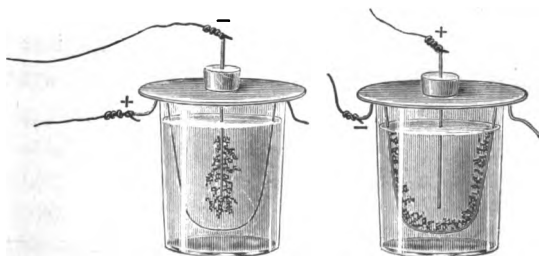


Fig. 140. Bleibaum und Bleilaube.

kauft starken Bleidraht und hängt ihn bogenförmig in ein Wasserglas (Fig. 140). Dieses wird gefüllt mit einer ziemlich starken Auflösung von Bleiacetat (essigsaurem Blei, Bleizucker), mit der man sich jedoch in acht nehmen muß, da sie sehr giftig ist. Dann

leimt man einen Kork auf ein Kartonblatt, letzteres groß genug, das Glas damit zuzudecken, und steckt durch ein Loch im Korte ein zweites Bleidrahtstück, das bis über die Mitte in das Glas hineinragt, jedoch keinesfalls den Bogen berühren darf.

Der Stab wird mit dem negativen, der Bogen mit dem positiven Pole einer zwei- bis vierelementigen Batterie verbunden, und nun beobachtet man in dem Glase ein anziehendes Schauspiel, das durch die Betrachtung mit einem Vergrößerungsglase noch gewinnt. Der Bleistab verliert seine glatte Oberfläche, winzige, glänzende Bleikriställchen setzen sich an, wachsen vor unseren Augen, spalten sich ab, verzweigen sich und bilden schließlich einen umgekehrten Baum von wunderbarer Zierlichkeit. Auch hier scheidet sich also, wie in dem vorigen Versuch, ein Metall aus der Lösung aus und, da es sich am negativen Pol ansetzt, der Strom aber vom positiven Pole kommt, so kann man sagen, es wandere mit diesem.

Rehrt man die Stromrichtung durch Vertauschung der Drähte an der Batterie um, so sieht man den Baum kleiner und kleiner werden. In dem Maße aber, wie von ihm ein Kristall nach dem anderen verschwindet, bevölkert sich der Bogen — nun der negative Pol — mit ihnen und schließlich ist auf Kosten des Baumes eine prächtige, allerdings umgekehrte Laube entstanden.

Nach dem Versuch bewahrt man die Lösung in einer Flasche auf und reinigt die Gläser gründlichst unter dem Wasserhahn.

Magnetismus und Elektrizität.

Elektromagnetische Telegraphenapparate aus Streichholzschachteln. Im Jahre 1820 hatte der Kopenhagener Professor *Dersted* eine Entdeckung gemacht, deren Tragweite man damals noch gar nicht übersehen konnte. An sich ist sein Experiment so einfach, daß es von jedem unserer Leser wiederholt werden kann.

Dersted experimentierte mit elektrischen Strömen in der Nähe einer Magnetenadel und entdeckte zu seinem größten Erstaunen, daß die Nadel ihre Nord-Südrichtung verlor, sobald er einen Stromdurchflössenen Draht über sie hielt, und zwar war die Richtung der Ablenkung, je nach der Richtung des Stromes, verschieden.

Man kann sich heute nicht mehr recht vorstellen, welches Aufsehen dieses Experiment in der ganzen gebildeten Welt machte. Man hatte bisher Magnetismus und Elektrizität als zwei voneinander völlig verschiedene Kräfte behandelt und einen Zusammenhang kaum geahnt. Nun reichten sie einander die Hände zum Bunde, und dieser Bund war ein noch viel innigerer, als man damals glauben mochte. Heute wissen wir, daß Magnetismus ohne Elektrizität und Elektrizität ohne Magnetismus nicht sein kann.

Die ablenkende Wirkung des Stromes ist um so größer, je stärker er ist und je öfter man ihn um die Nadel — natürlich in der Richtung derselben — herumführt. Wir laden unsere jungen Freunde ein, mit uns einen kleinen Versuch anzustellen, der ihnen nicht nur den Derstedschen Versuch zeigt, sondern auch, wie später die beiden Göttinger Gelehrten, der große Mathematiker Gauß und der Physiker Weber, die Erscheinung zu einer elektrischen Telegraphie angewendet haben.

Zu dem Experiment sind zunächst einmal die äußeren Hüllen zweier Streichholzschachteln nötig, die man in der Mitte der beiden Breitseiten mit einer glühenden Stricknadel durchbohrt. Wir beschreiben nur die Einrichtung der einen Schachtel, da die andere genau so hergerichtet wird. Abbildung 141 (a. f. S.) zeigt die Schachteln sowohl von der Seite als von vorn. Man magnetisiert ein Stück Stricknadel *N*, fast so lang als die Schachtel selbst, und steckt es durch einen kleinen Kork *K*, so daß die Nadel nach beiden Seiten gleich weit herauschaut. Darauf drückt man von beiden Seiten her durch die Schachteldächer Nähnadeln in den Kork, die zusammen die Achse bilden, um die sich die magnetische Stricknadel in der Schachtel drehen kann. Dann wird das eine Ende durch den Kork *K*₂ beschwert, so daß das andere immer nach oben zeigt. Um eine Verschiebung der Achse zu verhindern, werden

seitlich außerhalb der Schachtel auf die Achse zwei Korkstückchen mit Siegellack festgefittet.

Darauf beginnt man, in der Mitte einen Streifen von 1 cm Breite freilassend, die Schachtel in der angedeuteten Weise mit dünnem, aber wohl isoliertem Draht zu umwickeln. Hat man eine Lage hergestellt, so beginnt man, ohne den Draht abzuschneiden, von derselben Seite eine neue, wobei man immer in derselben Richtung umwickelt. Drei bis fünf Lagen werden genügen. Die Enden befestigt man durch Umbinden eines Fadens oder mit Schellack. Sobald man die Windungen mit einer Batterie verbindet, verläßt die Nadel ihre senkrechte Lage und schlägt, je nach

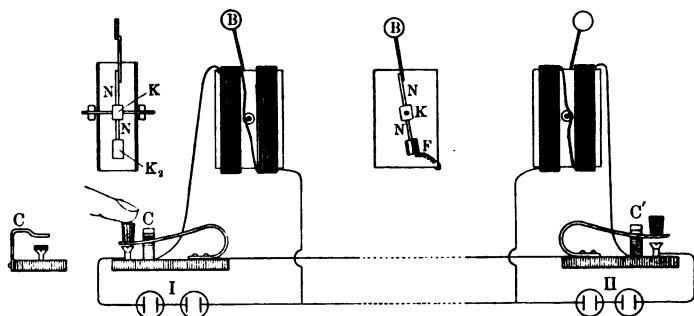


Fig. 141. Elektrischer Nadeltelegraph aus Streichholzschachteln.

der Stromrichtung, nach der einen oder anderen Seite aus. Durch ein angefittetes Streichhölzchen mit einem Papierblättchen *B* kann man die Bewegung auch äußerlich sichtbar machen. Merkt man sich einmal, nach welcher Seite der Ausschlag erfolgt, wenn etwa das linke Ende der Spule mit dem positiven Pole eines Elementes verbunden ist, so kann man den kleinen Apparat jederzeit benutzen, um die etwa unbekanntten Pole einer Batterie zu bestimmen. Hat er sehr viel Windungen, so wird er gegen den Strom überhaupt ungemein empfindlich und er dient dann nicht nur zur Bestimmung der Stromrichtung, sondern zum Nachweis geringer Ströme überhaupt.

Wir merken uns den Ausschlag bei einer bestimmten Stromrichtung und bringen dann im Inneren des Kastens eine feine Spiralfeder *F* an, welche die Nadel sehr sanft nach der anderen Seite herüberzieht. Nunmehr ist der Apparat zum Gebrauch fertig, und es ist nicht schwer, einzusehen, wie man ihn zum Telegraphieren benutzen kann. Man stellt auf der einen Station den kleinen Nadelapparat, auf der anderen eine Batterie und den Stromschlüssel in bekannter Weise auf (vergl. Seite 465) und stellt die Verbindung durch zwei Drähte oder durch nur einen Draht und die Wasserleitung her. Bei jedem Stromschluß wird das Zeigerchen einen Ausschlag machen, und es ist einem dann überlassen, in der schon früher angedeuteten Art durch die Anzahl oder Länge der Stromschlüsse ein Alphabet zu bilden.

Soll der telegraphische Verkehr in beiden Richtungen stattfinden, so bedarf man natürlich zweier Apparate, zweier Batterieen und zweier Stromschlüssel. Vier Leitungsdrähte sind jedoch nicht erforderlich, da man durch eine kleine Veränderung am Stromschlüssel mit zwei Drähten ebenso gut auskommen kann. Man setzt an das Brettchen des Schlüssels seitlich einen fingerbreiten Messingstreifen *C* an und biegt ihn, wie es auch die Abbildung zeigt, so über die Feder, daß eine Berührung eintritt, wenn die Feder losgelassen ist, nicht aber, wenn man sie niederdrückt. Die Berührungsstelle muß ganz rein und blank sein.

Unsere Leser werden die Funktion der Apparate am besten verstehen, wenn wir, an der Hand der Abbildung, den Stromverlauf verfolgen. Ruhen beide Stromschlüssel, so läuft sich, wie man leicht sieht, der Strom der beiden Batterieen I und II in der Kontaktschraube der Schlüssel tot. Drückt man jedoch den Taster der Station „Links“ nieder, so ist dem Strom der Batterie I folgender Stromkreis geboten. Er läuft durch die Kontaktschraube in die Tasterfeder, von hier in die Leitung zum Taster (Stromschlüssel) der anderen Station und, da dessen Feder im Ruhezustande gegen den Messingstreifen *C'* anliegt, durch diesen zum Nadelapparat und dann wieder durch den anderen Zweig der Leitung zur Batterie I der Station „Links“ zurück. Es ist wohl

zu beachten, daß der Strom einer jeden Batterie niemals den Apparat der eigenen Station betätigen kann, da jedesmal beim Niederdrücken der Lasterfeder die Verbindung nach ihm aufgehoben wird. Wie nun Station „Rechts“ mit Station „Links“ verkehrt, wenn auf Station „Links“ der Laster in Ruhe ist, auf der anderen Station aber herabgedrückt wird, versteht sich nach dem eben Gesagten von selbst. Wenn unsere Leser alle Drahtverbindungen genau nach dem gegebenen Stromlaufschema ausführen, kann gar kein Irrtum vorkommen. Gut ist es aber immerhin, zum Studium erst einmal beide Apparate auf demselben Tisch aufzubauen. Auch achte man genau darauf, die Pole der Batterie richtig zu schalten, da andernfalls die Ablenkung der Nadel in der Richtung der Federkraft erfolgt und daher nicht bemerkt wird. Zum Betriebe reichen zwei bis vier der früher beschriebenen Kupfer-Zinkelemente auf jeder Station aus.

Die beweglichen Augen. Es versteht sich, daß man den kleinen Nadelapparat auch zu allerhand mehr oder minder geistreichen Scherzen anwenden kann. Nimmt man die kleine Feder heraus, so kann man die Nadel, je nach der Stromrichtung, nach rechts oder links ausschlagen lassen. Man schneidet dann aus einem Holzschnittporträt die Augen heraus und heftet an den Nadelzeiger des Apparates einen weißen Papierstreifen, auf den man die Pupillen im richtigen Abstand klebt. Darauf bringt man den Apparat so hinter das Gesicht, daß die Pupillen in den Augenhöhlen erscheinen. Damit sie gut anliegen, kann man an der Nadel zunächst einen Kupferdraht befestigen und diesen so weit als nötig nach vorn biegen. Man hat es dann in der Hand, die Pupillen hin und her wandern und jemand verfolgen zu lassen, der durchs Zimmer geht, was stets gewaltigen Eindruck macht, wenn alle Vorbereitungen geschickt getroffen sind und das Porträt womöglich an der Wand unter Glas und Rahmen hängt.

Magnetismus durch Elektrizität. Wie sollte wohl sonst ein stromdurchflossener Draht eine Magnetnadel ablenken können,

wenn er nicht selbst magnetische Eigenschaften besäße? Diese Eigenschaften betätigen sich auch bei dem berühmten Experiment des Engländers Sturgeon (spr. Störtschen), der einen stromdurchflossenen Draht mehrmals um ein Stück Eisen wickelte und nun an diesem Magnetpole nachweisen konnte.

Fig. 142 stellt das Experiment dar, wie wir es unseren Lesern anzustellen empfehlen. Man wickelt um ein etwa fingerlanges Stück Rundenisen einen isolierten Draht in mehreren Lagen

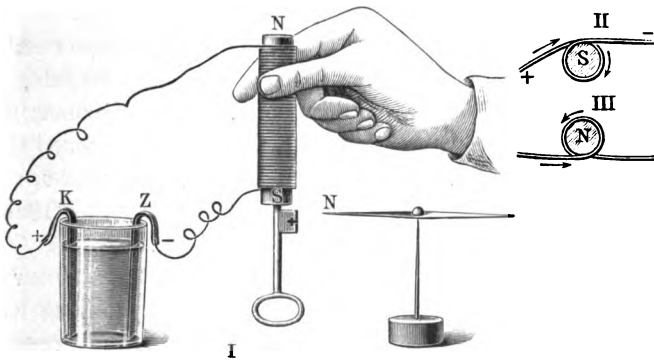


Fig. 142. Magnetismus durch Elektrizität.

und schließt die Enden der so entstandenen Spule an eine Batterie. Sofort wird das Eisen zu einem Magnet, dessen Stärke bis zu einem gewissen Grade mit der Anzahl der Drahtwindungen und Elemente zunimmt und jedenfalls diejenige eines gewöhnlichen Stahlmagnets immer um ein Bedeutendes übertrifft. Alle von uns früher angestellten magnetischen Versuche gelingen mit dem Elektromagnet ebenso gut, ja vielleicht noch besser, da er bei derselben Kraftleistung viel kleiner sein kann und man durch Unterbrechen des Stromes jeden Augenblick in der Lage ist, den Magnetismus verschwinden zu machen, ohne den Magnet entfernen zu müssen. Damit sind jedoch die wertvollen Eigenschaften des Elektromagnets noch keineswegs erschöpft. Untersucht man die Pole mit einer

Magnetnadel und kehrt darauf die Stromrichtung um, so wird man die Pole miteinander vertauscht finden. Die Stelle des Südpoles nimmt nun der Nordpol ein und umgekehrt. Es ist von Wert zu wissen, in welcher festen Beziehung die Art des erzeugten Poles zur Stromrichtung steht und eine Regel ist in der That leicht genug aufzustellen, wenn man sich daran erinnert, daß der Strom vom positiven Pol — vom Kupfer einer Kupfer-Zinkbatterie also — kommt und zum negativen fließt. Man hält einen Stab aus weichem Eisen so vor sich hin, daß man gerade auf eine der Endflächen sieht und wickelt den positiven Draht im Sinne eines Uhrzeigers einige Male rechts herum. Darauf schließt man ihn an den negativen Pol der Batterie, so daß Strom entsteht, und prüft den Eisenstab mit der Magnetnadel. Das zugewandte Ende wird sich als südmagnetisch, das andere als nordmagnetisch erweisen (Fig. 142, II). Wickelt man dagegen, vom positiven Pol ausgehend, den Draht links herum, so entsteht vor dem Beobachter ein Nordpol, am anderen Ende ein Südpol (Fig. 142, III). Die Regel ergibt sich mithin von selbst und man kann immer die Pole im voraus bestimmen, wenn man die Stromrichtung kennt.

Nur weiches Schmiedeeisen verliert nach dem Aufhören des Stromes seinen Magnetismus wieder, Stahl behält ihn und wir haben also nun ein vortreffliches Mittel an der Hand, gute Stahlmagnete herzustellen und tun gut daran, eine besondere Vorrichtung dazu bereit zu halten.

Eine Pappröhre, deren Durchmesser jedenfalls größer ist als derjenige des dicksten Stahlstückes, das man zu magnetisieren hat, wird an den Enden mit kleinen Papierringen versehen, so daß ein Köllchen von etwa Fingerlänge entsteht. Auf dieses Köllchen wickelt man dünnen isolierten Draht in so vielen Lagen, als irgend darauf Platz haben und bringt das Stahlstäbchen in die Röhre, falls es länger ist so, daß beide Enden zu gleichen Teilen herausragen. Dann schließt man eine Batterie an die Spule und beklopft den Stab mit einem Holzstückchen auf beiden Enden. Er ist dann genügend magnetisch geworden, ja in den meisten Fällen bis zum größtmöglichen Betrage. Man öffnet

den Strom, ehe man den Stab aus der Spule zieht. Hat man kleinere Stäbe, wie Stricknadeln, zu magnetisieren, so kann man mehrere von ihnen zugleich der Strombehandlung unterwerfen und erhält dann auf derselben Seite an allen Stäben die gleichen Pole.

Auch Hufeisenelektromagnete lassen sich herstellen, nur ist die Umwicklung mit Draht weniger bequem. Man zieht es daher meist vor, auf die Schenkel des schmiedeeisernen Hufeisens Spulen mit Drahtwicklung zu schieben und diese so anzuordnen, daß, von vorn gesehen, die eine vom Strom rechtsläufig, die andere linksläufig umkreist wird (Fig. 143). Ist das Hufeisen kurz und schwach genug, so kann man Garnröllchen statt der Papphülsen verwenden. Man kann auch, vorausgesetzt, daß der Draht gut genug isoliert ist, ihn direkt in mehreren Lagen auf den einen Schenkel wickeln und ihn dann

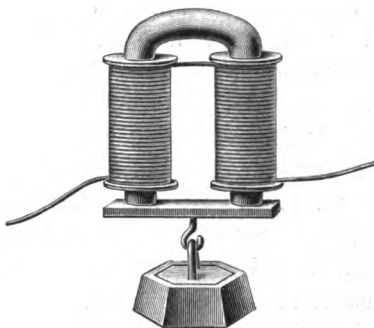


Fig. 143. Hufeisenelektromagnet.

— den Bogen des Hufeisens freilassend — auf die andere Seite herübernehmen und ihn auf dem zweiten Schenkel im entgegengesetzten Sinne umlaufen lassen. Die Enden werden mit Schnur festgebunden.

Ein Elektromagnet übertrifft einen stählernen Hufeisenmagnet vielmals und trägt oft das Zehnfache seines eigenen Gewichtes. Die Kraftlinienexperimente (Seite 450) gelingen mit ihm ganz besonders schön und es lohnt sich schon, auf ihn einige Sorgfalt zu verwenden. Wir empfehlen unseren Lesern sich vom Schlosser aus $\frac{1}{2}$ -zölligem Rundeißen (13 mm) ein Hufeisen von 8 cm Länge und 4 cm Weite biegen zu lassen und die Anfertigung der Pappröllchen dem Buchbinder in Auftrag zu geben. Diese kleine Ausgabe lohnt sich stets, da man die abnehmbaren Bewickelungen auch noch zur Herstellung eines Stahlmagnets, zum Magnetisieren von Stahlstäben und zu vielen

anderen Versuchen verwenden kann. Es müssen auf jedem der Köllchen etwa 10 Drahtlagen Platz haben. Schwacher, doppelt umspinnener und gewachster Klingelleitungsdraht eignet sich für die Bewickelung vortrefflich.

Der Klopftisch. Die Eigenschaft des Elektromagnetismus, mit dem Strom zu entstehen und zu verschwinden, macht ihn für alle Zauberkünstler besonders schätzenswert. Es ist unglaublich, wie viel Unfug mit ihm schon getrieben wurde, besonders zu einer Zeit, als noch nicht jedermann in einem unerklärlichen Experiment gleich ein elektrisches vermutete, und man lieber zu übernatürlichen Kräften seine Zuflucht nahm, als sich der einfachsten physikalischen Erscheinungen erinnerte.

So machte folgendes Experiment eine Zeitlang von sich reden, dessen Erklärung unseren Lesern nicht schwer fallen dürfte. Der Zauberkünstler stellt ein kleines einbeiniges, rundes Tischchen vor die Zuschauer, legt darauf zwei schmale Bücher und auf diese wiederum eine Glascheibe, so daß man zwischen dieser und dem Tisch hindurchsehen kann. Dann holt er eine Hand aus Papiermaché herbei, von der er behauptet, daß sich ihrer die Geister zum Verkehr mit den Sterblichen bedienen. Und zwar pflegten sie ein oder mehrere Male aufzuklopfen, um ihren Willen kund zu tun. Darauf legt er die Hand auf die Glasplatte und läßt aus dem Publikum eine Frage an erstere richten. Wirklich belebt sich die Hand und klopft mehrmals mit den Fingern gegen die Glascheibe. Allgemeines Erstaunen, denn eine Verbindung der Hand mit irgend einer Vorrichtung ist durchaus nicht zu erkennen, auch nimmt sie der Zauberkünstler des öfteren fort und fährt mit dem Zauberstab um sie herum, um zu beweisen, daß keinerlei Fäden ihre Bewegung hervorrufen.

Natürlich handelt es sich um einen elektromagnetischen Vorgang. Die Hand, welche so eingerichtet ist, daß sie für gewöhnlich etwas nach hinten überkippt, trägt in ihren Fingerspitzen Eisenstückchen, und in dem Tischchen ist ein Elektromagnet verborgen, der durch die Tischplatte und durch die Glasplatte hindurchwirkt.

Unsere Leser ersehen aus dem nächsten Paragraphen, wie sie das Kunststück in anderer Form ebenfalls ausführen können.

Solange ein Zauberkünstler gegen ein bestimmtes Eintrittsgeld seine Wunder zum Besten gibt, von denen er im Ernste gar nicht einmal verlangt, daß man an sie glaubt, wird man gegen die Ausbeutung physikalischer Vorgänge nichts haben können, bedenklicher aber wird die Sache schon, wenn es sich um eine beabsichtigte Verwirrung unreifer Köpfe handelt. Wer erinnert sich nicht, schon einmal von Geistern gehört zu haben, die im halb verdunkelten Zimmer mit eigentümlichen Klopflauten auf die Fragen einer andächtigen Gemeinde antworten. Diese Andacht ist unbegrenzt und wird selbst durch die alltäglichsten und albernsten „Auskünste“ des Geistes nicht gestört. Meistens erwartet man die Klopftöne aus dem Tische, um den sich die Gläubigen versammelt haben. Nach vielen Bitten läßt sich der Geist wirklich erweichen und klopft. Es ist nur ein Zufall, daß gleichzeitig der Veranstalter der Sitzung mit der Fußspitze den Teppich bearbeitet, unter dem eine kleine Feder — von böswilligen Menschen Stromschlüssel genannt — verborgen ist. Derartige Federn pflegen bisweilen durch Drähte mit elektrischen Batterien und diese mit kleinen Elektromagneten verbunden zu sein. Daß nun gerade ein Elektromagnet in dem Tische steckt, wird den Geist nicht beirren können und er setzt in der That seine „aufklärende“ Klopferei ruhig fort und klopft schließlich auch den letzten Rest von Gehirn aus dem Schädel des Spiritisten.

Wir werden kaum viel Zeit und Mühe auf ein derartiges Experiment verwenden wollen, es sei denn, um die Zuschauer von der Leichtgläubigkeit vieler Menschen zu überzeugen. Jeder Tisch genügt, um den Spaß einmal zu machen, und je einfacher die Vorrichtung ist, desto besser. Auch brauchen die Klopflaute keineswegs stark zu sein. Im Gegenteil. Wenn sie erst bei angestrengtem Hinhorchen vernehmbar sind, wirken sie um so geheimnisvoller. Jedenfalls darf das Klopfen nicht metallisch klingen, sondern etwa so, als ob ein unwirrscher Geist durch unstätes Poltern seine Unwesenheit kund gibt. Hat der Tisch eine Schublade, so wird man

nicht zögern, den Elektromagneten hier unterzubringen, denn es lohnt sich wirklich nicht, deshalb einen doppelten Boden anfertigen zu lassen. Am besten hängt man ihn an der Tischplatte auf, doch so, daß seine Pole noch ebenso weit vom Boden der Schublade entfernt sind, um einem mit Wolle umwickelten Stückchen Eisen einige freie Bewegung zu lassen. Beim Stromschluß hüpfst das Knäuel gegen den Magneten, um dann bei einer Unterbrechung mit dumpfem Laut wieder auf den Boden des Kastens zu fallen. Nach den Seiten in drei Richtungen ausgespannte Fäden verhindern das Knäuel am Fortlaufen. Man kann natürlich auch auf viele andere Arten das verlangte Geräusch hervorrufen. Unsere jungen Leser werden im Erfinden neuer Methoden nicht verlegen sein und sich ebenso wenig den Kopf lange darüber zu zerbrechen haben, wie sie die Zuführungsdrähte, die übrigens, wenn es sich nicht um große Entfernungen handelt, ganz dünn sein dürfen, dem forschenden Blick der Zuschauer verbergen können. Der Elektromagnet hat am besten Hufeisenform und darf nicht zu schwach sein.

Die Wäuskelrute spielt im deutschen Märchen eine bedeutungsvolle Rolle. Sie zuckt in der Hand von Zauberern und Sonntagskindern, um verborgene Schätze anzudeuten. Heute noch gibt es Leute, die fest an sie glauben und mit ihrer Hilfe, zwar nicht versteckte Schätze, wohl aber Wasseradern auffinden wollen. Wir benutzen den alten Überglauben als Auspuß für ein niedliches elektromagnetisches Experiment.

In einem Tischkasten wird ein starker Hufeisenelektromagnet aufgestellt, dessen Pole die Tischplatte berühren. Man merkt sich genau auf dem Tisch den Punkt, unter dem der Magnet sich befindet, legt hier ein Geldstück, den Schatz vorstellend, hin und überdeckt den ganzen Tisch mit einem mehrfach zusammengelegten Tuch, so daß das Geldstück durch dasselbe nicht mehr fühlbar ist. Darauf gibt man einer Person ein Holzstäbchen in die Faust und bittet sie, dicht über dem Tuch hinfahrend, das Feld nach Schätzen abzusuchen. Und wirklich zuckt das Stäbchen in der Hand lebhaft,

sobald es über dem Geldstück angelangt ist. Natürlich hat man ein Eisenstäbchen in dem Holz verborgen und den Strom durch einen Gehülsen in rascher Folge öffnen und schließen lassen, als sich die Hand dem verborgenen Schatz näherte. Wählt man Mauerrohr, so wird die Unterbringung des Eisenstäbchens keine Schwierigkeiten machen. Das Experiment gelingt übrigens nicht immer gleich gut, sondern nur dann recht auffällig, wenn das Eisenstäbchen zugleich über beiden Polen des Elektromagneten anlangt. Das ist aber fast stets zu erreichen, wenn man die suchende Person gerade vor den Tisch stellt und den Magnet parallel zur Knöchelrichtung der rechten Hand, also etwas schräg zur vorderen Tischante, aufbaut.

Eine elektromagnetische Kanone. Eine Pappröhre von etwa 15 cm Länge und 10 mm Weite wird mit 15 bis 20 Lagen Klingelleitungsdraht bewickelt (Fig. 144) und etwas in die Höhe

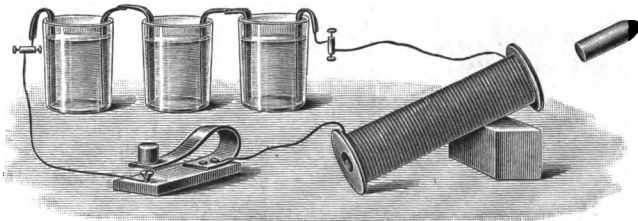


Fig. 144. Eine elektromagnetische Kanone.

gerichtet wie ein Kanonenrohr. Wirft man zur oberen Mündung ein 3 bis 4 cm langes Stückchen Rundeisen von 9 mm Durchmesser ($\frac{3}{8}$ Zoll) hinein, so gleitet es natürlich durch die Röhre und kommt an der unteren Öffnung wieder zum Vorschein. Ist jedoch der Strom einer starken Batterie, deren Elemente statt der Metallstreifen breite Platten haben, durch die Spule geschlossen, so erhält sie magnetische Eigenschaften und man wartet vergebens auf das Erscheinen des Eisenternes an der unteren Öffnung. Bei einer

genaueren Untersuchung findet man ihn in der Mitte des Rohres, wohin er immer wieder zurückkehrt, so oft man ihn auch mit einem Stäbchen herabstößt. Selbst wenn man ihn an die untere Öffnung hält, wird er sofort bis zur Mitte eingesaugt. Auch an der oberen Öffnung spürt man deutlich dieselbe Wirkung.

Legt man nun das Eisenstäbchen in die untere Öffnung und schließt den Strom nur so lange, als das Stäbchen braucht, um bis zur Mitte zu gelangen, so wird es wie ein Geschöß zur oberen Öffnung herausfliegen. Die Erfahrung lehrt bald, wie lange man auf den Taster zu drücken hat.

Elektromagnetische Schmetterlinge. Ohne allzu große Mühe kann man ein Experiment anstellen, das durch Fig. 145

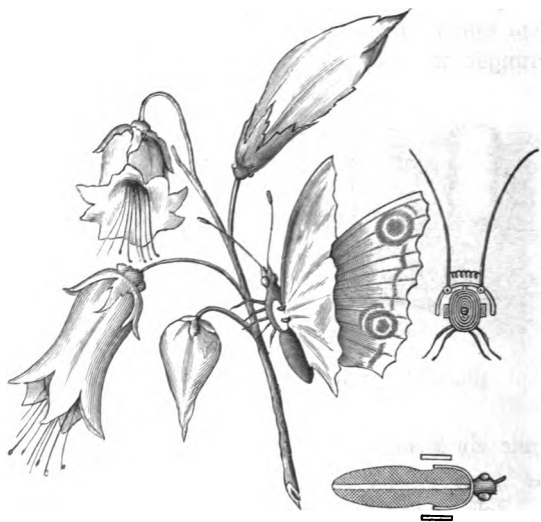


Fig. 145. Der elektrische Schmetterling.

erläutert wird und sicher allen, die es beobachten, viel Vergnügen bereiten dürfte. Es handelt sich darum, einen Schmetterling herzustellen, der auf Kommando seine Flügel öffnet und schließt.

Um sich die Arbeit zu erleichtern, wählt man als Vorbild einen Schmetterling von der großen, blauen brasilianischen Sorte. Der Körper besteht aus einem etwa 2 mm dicken Eisenstäbchen, an dessen Kopf ein hufeisensförmig gebogenes starkes Eisenblechstreifen so angenietet wird, daß seine Enden gleichsam die Achseln des Schmetterlinges bilden. Man umwickelt das Eisenstäbchen mit feinem, gut besponnenem Kupferdraht und hat dann in dem Körper des Tieres zugleich einen kleinen Elektromagnet vor sich, dessen Pole einmal durch das Schwanzende und dann durch die Schenkel des U-förmigen Eisenstreifens dargestellt werden. Nur diese werden benutzt. Die weitere Ausrüstung des Schmetterlings veranschaulicht die Figur besser, als man sie beschreiben kann. Man umwickelt nämlich den Körper noch mit dunkeltem Zwirn, um ihm ein natürlicheres Aussehen zu verleihen und befestigt zugleich auf jeder Seite zwei kleine Hälchen, die das Gelenk des Flügels bilden sollen. Es ist auf der Figur deutlich zu erkennen, daß das Gerippe der Flügel aus einem winklig gebogenen Draht besteht, der an seinem längeren Ende die aus Gaze zusammengeklebten großen Flügel trägt. Das kürzere Ende, welches den Seitenpolen gegenübersteht, trägt eine kleine Platte aus Eisenblech, die als Anker — so nennt man das von einem Magnet angezogene und zu ihm gehörige Eisenstück — dient.

Dicht über dem Körper zieht eine schwache Spiralfeder die Flügel etwas aneinander, so daß die Anker gelüftet werden. Bei jedem Stromstoß werden sie jedoch gegen die Seitenpole gezogen und der Schmetterling schlägt seine Flügel etwas auseinander. Es ist ein leichtes, ihn auf einer Blume anzubringen und die Leitungsdrähte zu verbergen. Ein Kopf aus Wachs, sowie Fühler und Beine aus Draht vervollständigen seine Erscheinung.

Die Hansklingel als Elektrischerapparat. Wir haben schon früher die Erfahrung gemacht, daß auch eine galvanische Batterie, besonders wenn sie aus vielen Elementen besteht, elektrische Schläge auszuteilen vermag, vornehmlich im Augenblick, wo man ihre Pole berührt oder losläßt. Hat man eine Vor-

richtung, welche die Stromunterbrechungen schnell nacheinander bewerkstelligt, so können die Schläge unerträglich werden. Die als Funkeninduktoren bekannten Elektrifizierapparate der Ärzte sind im Grunde nichts anderes als automatische Schließ- und Unterbrechungsapparate, nur daß sie insofern zum Elektrifizieren noch ganz besonders geeignet sind, als sie den Strom unter hoher Spannung liefern. Fast niemand aber weiß, daß unsere biedere elektrische Hausklingel beinahe denselben Dienst leistet.

Fig. 146 zeigt eine elektrische Klingel. Ihre Einrichtung ist leicht zu verstehen, wenn man den Lauf der Leitungen, welche sich meist

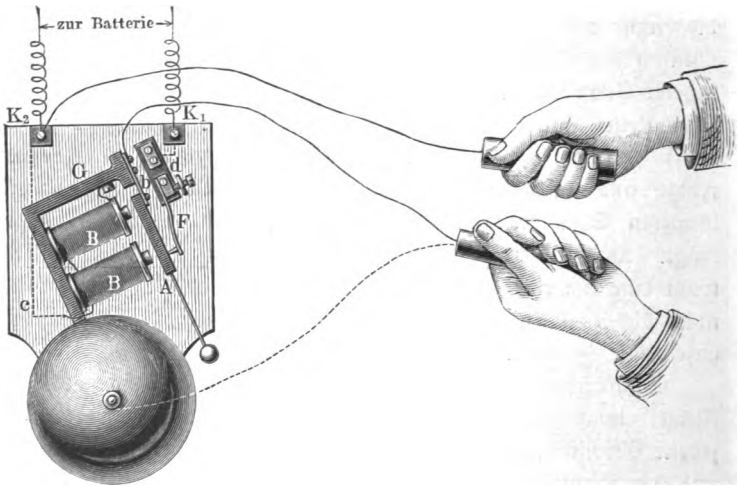


Fig. 146. Die elektrische Hausklingel als Elektrifizierapparat.

auf ihrer Rückseite befinden, verfolgt. Sie sind, soweit sie nicht gesehen werden können, auf unserer Figur durch punktierte Linien angedeutet. Der Strom tritt an der Klemme K_1 in die Klingel ein, läuft nach dem Metallstück d und von diesem durch die Spitze der Feder F nach dem Anker A . Von dort geht er durch die Feder b nach dem gußeisernen Gestell G der Glocke über. Ein Drähtchen leitet ihn in die Wicklungen B des Elektromagnets,

die er durchläuft, um dann durch die Leitung c und die Klemme K_2 wieder abzufließen.

Das Spiel der Glocke versteht sich nun eigentlich von selbst. Sobald der Strom eintritt, wird der Anker A gegen den Elektromagnet gezogen und der Klöppel schlägt gegen die Glocke. In diesem Augenblick ist aber auch der Stromkreis unterbrochen, denn der Anker hat sich von dem kleinen Federstift entfernt, der ihm den Strom zuführte. Der Magnetismus erlischt und der Anker schnell wieder zurück. Dadurch berührt er die Feder wieder, der Strom wird geschlossen, der Magnet tritt in Tätigkeit, zieht den Klöppel wieder an, eine neue Stromunterbrechung tritt ein u. s. w. Man sieht also, daß sich das Spiel der Glocke automatisch regelt und daß der Klöppel so lange in rascher Folge hin und her schnellen muß, als man der Klingel Strom zuführt.

Nun wollen wir unseren Lesern verraten, daß in jeder Drahtspule, also auch in denjenigen der Glocke, ein besonderer elektrischer Strom entsteht in dem Augenblick, wo man den bisher sie umfließenden Strom unterbricht. Dieser sogenannte Extrastrom zeichnet sich durch eine hohe Spannung aus, die ihn befähigt, ähnlich auf den menschlichen Körper zu wirken wie eine Leydener Flasche. Das kleine glänzende Fünkchen, welches unsere Leser beim Arbeiten an der Feder der Glocke bemerken können, rührt hauptsächlich von dem Extrastrom her. Es handelt sich nun darum, diesen Extrastrom einzufangen in den Augenblicken, wo die Glocke selbsttätig den Strom der Batterie unterbricht. Nichts kann aber leichter sein. Man braucht nur von den beiden Enden der Drahtspulen zwei Drähte abzuzweigen. Wo man den Anschluß macht, ist ziemlich gleichgültig, wenn nur der eben ausgesprochenen Bedingung genügt wird. Da das Gestell G einerseits und die Klemme K_2 andererseits mit den Spulenden in leitender Verbindung steht, so kann man hier anschließen, wie es auch die Figur zeigt, oder man legt den einen Draht an die genannte Klemme und den anderen an die Glockenschale (siehe die punktierte Linie der Zeichnung), was den Vorteil gewährt, das Glockengehäuse nicht erst abnehmen zu müssen. Demjenigen, der elektrifiziert werden

soll, gibt man zwei Messingröhren in die Hände — Schlüssel tun es ebenso gut —, die mit den Abzweigdrähten verbunden sind. Sobald man dann auf den Knopf drückt und die Glocke arbeitet, wird er gehörig elektrifiziert werden und die Schläge bis zu den Ellenbogen hin fühlen, besonders wenn die Hände vorher angefeuchtet wurden. Um überflüssigen Spektakel zu vermeiden, steckt man ein mehrfach zusammengelegtes Stück Papier unter die Glockenschale.

Dieser billige Elektrifizierapparat — er kostet eigentlich gar nichts — genügt selbst für eine Reihe von Personen. Sie reichen einander die angefeuchteten Hände, während die erste den einen Schlüssel in die linke, die letzte den anderen in die rechte Hand nimmt. Die Stärke der Schläge nimmt natürlich schnell ab, ist aber oft, namentlich bei Glocken mit dünner Drahtbewicklung, noch durch sechs Personen fühlbar.

Eine Anordnung, bei welcher der ahnungslose Besucher im Augenblick des Läutens elektrifiziert wird, verraten wir unseren Lesern lieber nicht.

Elektrische Bewegungsmaschine (Elektromotor). Vorrichtungen, deren Teile unter dem Einfluß des elektrischen Stromes Bewegungen ausführen, sind uns nicht unbekannt. Jede durch den Strom abgelenkte Magnetnadel, jede elektrische Klingel ist genau genommen ein Elektromotor, d. h. eine durch Elektrizität bewegte Maschine. Man versteht jedoch unter Elektromotoren im besonderen solche Maschinen, deren Bewegung eine drehende ist und dauernd in demselben Sinne erfolgt. Nachstehend ist die Beschreibung einer solchen Maschine gegeben, welche sich unsere Leser mit zeitweiser Unterstützung des Schlossers ganz wohl selbst anfertigen können.

Die Hauptsache ist, daß der Schlosser ein $\frac{1}{2}$ -zölliges Stück Rundstahl zu einem etwa 18 cm langen und 8 cm weiten U-förmigen Gußeisen biegt (Fig. 147). Dieses, umwickelt man dann in der durch die Figur veranschaulichten und schon früher genau besprochenen Art in mehreren Lagen mit Klingelleitungsdraht, so daß ein Gußeisen-

elektromagnet entsteht, den man mit einem Messingstreifen (M) auf einem kräftigen Grundbrettchen befestigt. Die Enden der Wicklung läßt man einstuweilen frei.

In die Biegung des Hufeisens wird ein Holzklötzchen S mit Schellack eingekittet und über den Polen ein rechtwinklig gebogenes Messingstreifchen B befestigt und zwar derart, daß man

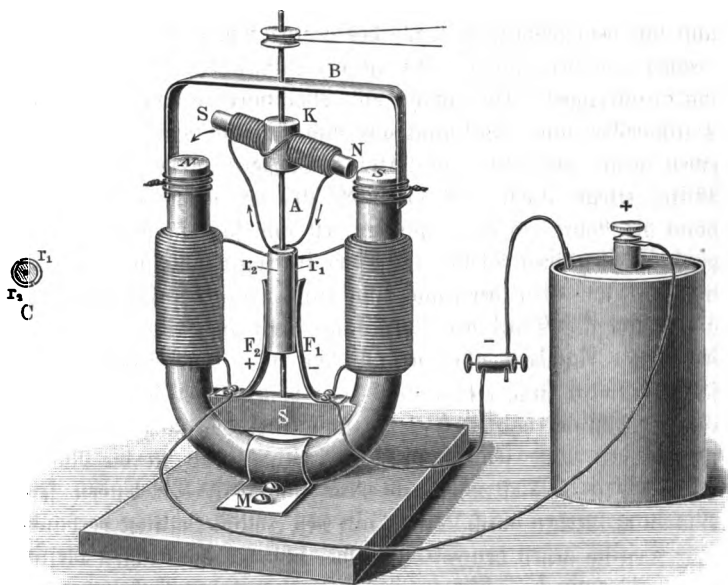


Fig. 147. Billiger Elektromotor.

feine Enden mit Draht an den Magnetschenkeln festbindet. In einer Vertiefung des Klötzchens S und einer Durchbohrung des Bügels B läuft die Achse A des Maschinchens, aus zwei Stücken bestehend, die in Bohrungen des zylindrischen, 13 mm breiten, Holzklötzchens K fest mit Schellack eingekittet sind. Dieses Klötzchen ist seitlich auf 10 mm Weite nochmals durchbohrt und nimmt hier einen Stab SN aus weichem Eisen von 9 mm ($\frac{3}{8}$ Zoll) Stärke

auf, der ebenfalls festgekittet wird. Seine Länge ist gegeben durch den Abstand der Pole des Magnets von Mitte zu Mitte. Die Höhe des Röbchens K über dem Magnet wird so bemessen, daß das Eisenstäbchen NS gerade, ohne sie zu berühren, über seine Pole hinstreicht. Auch das Stabeisen wird mit mehreren Drahtlagen versehen, wobei man darauf achtet, immer in dem gleichen Sinne zu wickeln. Die Enden dieser Wicklung stehen nun mit dem wichtigsten Teile des ganzen Apparates, dem Stromwender, in Verbindung. Es ist bei einiger Vorsicht nicht schwer, ihn anzufertigen. Man wählt eine Messingröhre von etwa 10 mm Durchmesser und 3 cm Länge aus und läßt sich vom Drechsler dazu einen genau passenden zylindrischen Holzkern drehen und in der Mitte, etwas stärker als die Achse ist, durchbohren. Man kittet dann die Röhre auf dem Zylinder fest und sägt sie an zwei genau gegenüberliegenden Stellen mit einer kräftigen Laubsäge der Länge nach auf, wie es in der Figur auch links neben der Hauptzeichnung angedeutet ist. Statt der Säge kann man auch eine Dreikantfeile benutzen. Nachdem alle Metallspäne aus den Schnitten sorgfältig entfernt sind, erhält man zwei voneinander durch das Holz isolierte Zylinderhälften (r_1 , r_2) und kittet die ganze Vorrichtung so auf der Achse fest, daß die Schnitte genau in die Richtung des drehbaren Elektromagnets NS kommen. Die Enden seiner Wicklung werden durch Lötung mit den Zylinderhälften verbunden.

Seitlich gegen den Stromwender schleifen die leichten Messingfedern F_1 und F_2 . Sie werden sowohl mit den Enden der Hufeisenmagnetwickelung, wie mit den Polen einer Batterie in der durch die Figur veranschaulichten Weise verbunden.

Sobald das Element angeschlossen ist, beginnt das Maschinchen schnell zu laufen. Der vom Element kommende Strom teilt sich nämlich und fließt sowohl um das Hufeisen, wie um den Stab. Letzterem wird er durch die Federn und die Zylinderhälften des Stromwenders zugeführt. Wir wollen annehmen, daß, bei der gezeichneten Stellung der Maschine, der Stromverlauf in dem festen Magnet links einen Nordpol, rechts einen Südpol hervorgerufen hat und darüber in dem beweglichen Magnetstab links einen Südpol, rechts

einen Nordpol. Dann ist es ja ohne weiteres klar, daß auf beiden Seiten eine Anziehung und daher eine Drehung in der Richtung des Pfeiles erfolgen muß. Diese Drehung wird sofort aufhören, wenn die Magnetpole übereinander angelangt sind, wo sie sich gegenseitig festhalten, oder die Bewegung wird eine rückläufige werden, wenn der Stabmagnet durch seine Wucht etwas über den festen Pol hinausgelangt ist. Inzwischen haben sich jedoch die Verhältnisse an den Stromzuführungsfedern geändert, denn die linke Feder, welche bisher auf der Zylinderhälfte r_2 auflag, geht nun bei der Drehung auf die Hälfte r_1 über und die rechte Feder vertauscht die Zylinderhälfte r_1 mit r_2 . Der Strom wechselt also in dem beweglichen Magnet in dem Augenblick seine Richtung, wo die Pole übereinander anlangen. Mit der Stromrichtung wechseln auch die Polbezeichnungen des Stabmagnets, ein Nordpol steht nun dem Nordpol, ein Südpol dem Südpol gegenüber und der Magnet würde, da auf beiden Seiten Abstoßung erfolgt, wieder zurückgeworfen werden, wenn er nicht schon durch seine Wucht über den festen Pol hinausgelangt wäre. So erfolgt denn die Abstoßung auf der anderen Seite und der Magnet setzt seine Umdrehung in demselben Sinne fort. Bei jeder halben Umdrehung erfolgt dasselbe Spiel und unsere Leser tun gut daran, sich diese Verhältnisse recht genau klar zu machen, indem sie den Apparat langsam mit der Hand drehen und den Wechsel der Pole mit Kreide an dem Magnetstab verzeichnen. Der Hufeisenmagnet ändert seine Pole natürlich nicht.

In unseren Straßenbahnwagen befinden sich derartige Motore, freilich in ganz anderer Ausführung, im Prinzip aber durchaus ähnlich, unter den Wagenkästen und übertragen ihre Bewegung mit Zahnrädern auf die Räder des Gefährtes. Der Strom wird vom Elektrizitätswerke dem über der Straßenmitte befindlichen Leitungsdraht zugeführt und vom Wagen mit einer gegen diesen „Fahrdrabt“ schleifenden Stange aufgegriffen. Er fließt dann durch die Stange und durch eine im Wagen befindliche Leitung zum Elektromotor und durch die metallenen Räder des Wagens und die Schienen zum Elektrizitätswerk zurück.

Elektrizität durch Magnetismus. Im allgemeinen ist jedes physikalische Experiment umkehrbar, und wenn man sich Jahrzehnte lang vergeblich bemüht hat, durch magnetische Kräfte elektrische Erscheinungen hervorzurufen, so hat man es nur falsch angefangen. Wir machen's gleich richtig und bedürfen dazu nur geringer Vorkehrungen, vorausgesetzt, daß wir einen starken, hufeisensförmigen Stahlmagnet besigen oder borgen können.

Wir klemmen den Magnet aufrecht in einem Schraubstock fest und wickeln auf eine fußlange Stange aus $\frac{1}{2}$ zölligem Rund-eisen so viel feinen isolierten Kupferdraht, als irgend zwischen den Polen des Magnets Platz hat (Fig. 148). Die Drahtenden werden mit leitenden Handhaben (Schlüsseln) versehen. Legt man den Eisenstab mit der Wickelung in der ange deuteten Weise auf die Magnetpole und reißt ihn dann mit einem plötzlichen Ruck ab, so wird eine zweite Person, welche die Schlüssel mit nassen Händen hält, einen elektrischen Ruck spüren, der sich bei schneller Annäherung des Anters an den Magnet, nur nicht so stark, wiederholt.

So sind denn in der That, nur durch magnetische Einflüsse, während der Arbeit des Abreißens und ohne Zuhilfenahme eines galvanischen Elementes, elektrische Ströme entstanden, mit denen zweifellos alle elektrischen Versuche ebenfalls gelingen müssen. Nur ist die maschinelle Einrichtung einstweilen noch sehr unvollkommen. Man wird selbstredend sich nicht stundenlang hinstellen wollen und seine Kraft im Spiel mit dem Anter verzehren. Zudem ist ein derartiges Hin und Her noch ganz besonders ermüdend. Mit einer Drehvorrichtung wäre schon viel gewonnen und diese haben wir in dem Maschinchen des vorigen Paragraphen vor uns. Wir werden es nun nicht mit einem elektrischen Strom treiben, sondern es drehen, um einen elektrischen Strom zu erhalten. Unsere aufmerksamen Leser werden zwar einwerfen, daß in dem Maschinchen ohne Element ja gar kein Magnetismus vorhanden sei. Nur gemacht. Es kommt hier allerdings etwas Neues hinzu, was wir bisher aus guten Gründen verschwiegen haben. Auch weiches Schmiedeeisen wird, einmal magnetisiert, niemals wieder ganz unmagnetisch, es bleibt in ihm stets ein, wenn auch sehr geringer, Rest von

Magnetismus zurück. So hat denn auch der Hufeisenmagnet ohne Element schwache Pole und wenn sich der drahtumwickelte Stab über ihm dreht — und das ist gerade so gut, als ob er sich wie in dem eben beschriebenen Experiment näherte und entfernte —, so werden in der bewegten Wicklung elektrische Ströme entstehen, die durch die Drähte und Federn herabfließen, den Hufeisenmagnet umkreisen und seine Pole verstärken. Nun wird auch die Einwirkung auf den bewegten Stab stärker und so steigert sich durch wechselseitige Beeinflussung der Strom in dem Mechanismus bis zu einer gewissen Höhe. Ein Teil des Stromes fließt auch durch

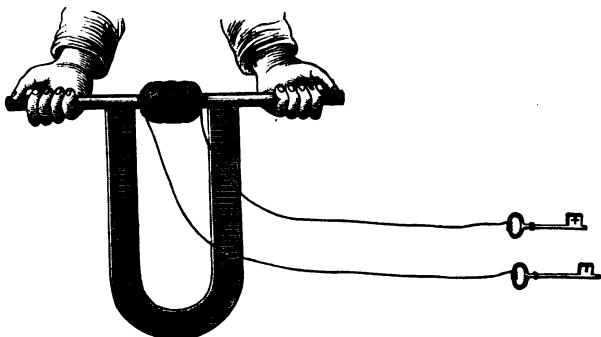


Fig. 148. Elektrizität durch Magnetismus.

die früheren Zuführungsdrähte ab und kann nun an irgend einer Stelle elektrische Wirkungen ausüben, gerade als käme er von einem galvanischen Element.

Wie setzen wir aber das Maschinchen und zwar sehr schnell in Umbrehung? Ja, das ist eine schlimme Geschichte, denn eine Schwungmaschine mit großer Willenscheibe, von der aus man einen Schnurlauf nach der Achse der Maschine legen könnte, ist teuer genug. Hat man aber eine Nähmaschine mit einer Aufspulvorrichtung für Garnröllchen zur Verfügung, so ist einem schon geholfen. Man läßt sich dann vom Drechsler eine Willenscheibe aus hartem Holz machen, so groß als sie irgend auf den Dorn

der Nähmaschine paßt. Von dieser Scheibe aus setzt man mit einem Schnurlauf das Maschinchen in schnellste Umdrehung und hat dann vielleicht das Glück, mit dem von ihr gelieferten Strom eine kleine elektrische Klingel in Betrieb zu setzen oder einige wenige Bläschen im Knallgasapparat (Seite 463) hervorzurufen. Wir sagen „vielleicht“, denn vollkommen ist unsere Einrichtung natürlich nicht und klein ist sie auch. Daß sie aber in besserer und größerer Form wirklich brauchbare Ströme liefert, beweisen die gewaltigen, von Dampfmaschinen in den Elektrizitätswerken angetriebenen Dynamomaschinen, die unsere Straßen und Häuser mit elektrischem Licht, unsere Fabriken und Tausende von flinken Straßenbahnwagen mit Kraft versorgen. Sie sind in der That nach denselben Grundsätzen gebaut, wie unser Maschinchen.

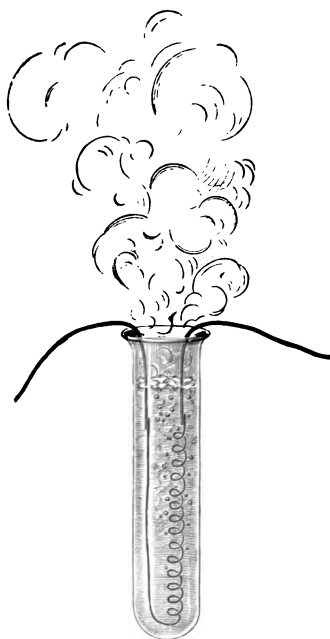


Fig. 149.

Wasser, das ohne Feuer kocht.

So ist denn durch Elektromagnetismus und Magnet-
elektrizität herüber und hin-
über die nahe Verwandtschaft
zwischen Elektrizität und
Magnetismus auf das Glücklichste erwiesen.

Wasser, das ohne Feuer kocht. Wir riefen im vorigen Paragraphen elektrischen Strom durch Arbeit hervor, denn was

anderes ist's denn als eine Arbeitsleistung, wenn wir die Maschine drehen? Umgekehrt vollbrachte der Strom auch eine Arbeitsleistung, indem er den kleinen Motor betrieb. Arbeit macht warm und wenn der Strom den Widerstand eines Drahtes mühsam

überwindet, dürfen wir uns über eine Erwärmung des Drahtes nicht wundern. Sie kann sich unter geeigneten Verhältnissen bis zur Glut steigern.

Haben wir eine Batterie von acht bis zehn großen Elementen zur Verfügung, so kann man ein sehr feines, zwischen die Poldrähte der Batterie geklemmtes Eisendrähtchen von etwa 1 cm Länge bis zur Weißglut, ja bis zum Schmelzen bringen. Man kann aber die Wärmewirkung auch noch auf andere Weise zeigen.

Ein feines vielleicht 10 cm langes Eisendrähtchen wird spiralig aufgerollt und an den blanken Enden der Poldrähte befestigt. Es erwärmt sich sofort, wahrscheinlich aber nicht bis zur Glut. Man taucht es ganz und gar in ein Reagenzglaschen mit kaltem Wasser, das schnell warm wird und schließlich brodelnd und zischend Dampfvolken emporsendet, ein sonderbarer Anblick — kochendes Wasser ohne Feuer (Fig. 149). Ist die Batterie nicht so groß, so nimmt man das Drähtchen entsprechend kürzer und wird dann immerhin eine Erwärmung des Wassers nach kurzer Zeit nachweisen können.

Sechster Abschnitt.

Versuche aus dem Gebiete der Chemie.

In unserem Buche ist schon mehrfach vom Wasserstoff die Rede gewesen. Dieser Abschnitt soll unsere Leser mit einer wohlfeilen Darstellung desselben bekannt machen.

Wenn man chemische Versuche anstellen will, so tut man gut daran, sich von vornherein mit einigen Glasapparaten zu versehen. Man kann zwar auch mit alten Selterswasserflaschen, Weintorken und Siegellack auskommen, doch macht das Experimentieren mit solchen Vorrichtungen wenig Freude. Einige Glasröhren, zwei oder drei doppelt durchbohrte Gummistopfen, eine Trichterröhre, ein Meter Gummischlauch für die Glasröhren passend, ein Trichter aus Glas, Filtrierpapier und wenn es sein kann, eine kleine Gasentwicklungsflasche — das ist alles, was zunächst gebraucht wird und für wenig Geld zu haben. Der Chemiker ist ja gegen den Physiker mit seinem Apparatenmaterial gut daran. Chemikalien schaffe man nur zu dem besonderen Zweck an. Säuren werden in Flaschen mit Glasstöpseln, Pulver in Flaschen mit weitem Hals aufbewahrt. Sie in Düten oder Schachteln bereit zu halten, gewöhne man sich ab. Selbstverständlich erhält jedes Gefäß eine Etikette mit der genauen Bezeichnung des Inhaltes.

Um Wasserstoff darzustellen, wirft man in eine Gasentwicklungsflasche *G* (Fig. 150) eine halbe Handvoll Zinkblechabfälle, die man bei jedem Klempner fast umsonst bekommt, und schüttet

so viel Wasser auf, daß die Metallstücke reichlich bedeckt sind. Darauf setzt man den doppelt durchbohrten Gummistopfen mit dem Trichterrohre *T* und dem Ableitungsrohr *R* fest auf. Letzteres schneidet man dicht unter dem Stopfen ab, ersteres läßt man fast bis auf den Grund der Flasche, jedenfalls aber immer bis in die Flüssigkeit reichen. Alle Glasröhren schmilzt man an ihren Rändern rund, um das Anstecken von Schläuchen zu erleichtern.

Werden durch den Trichter einige Gramm verdünnte Schwefelsäure eingegossen, so beginnt sofort an den Zinkstäben eine heftige

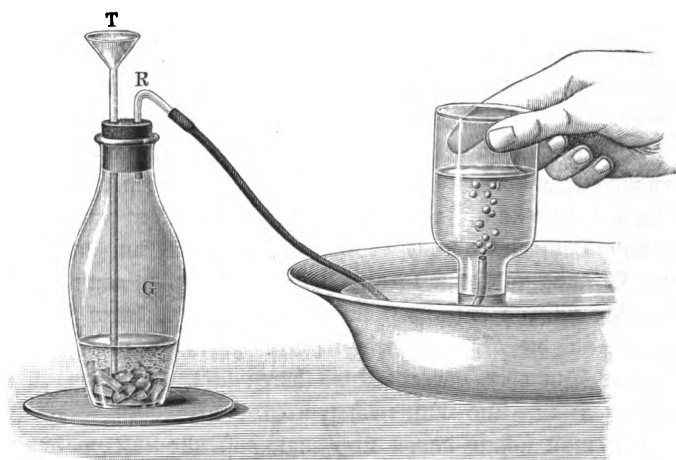


Fig. 150. Darstellung des Wasserstoffes.

Wasserstoffgasentwicklung infolge eines interessanten chemischen Vorganges. Die Schwefelsäure nämlich besteht aus Wasserstoff und einigen anderen Substanzen, sogenannten Elementen, die zu dem Wasserstoff eine große Verwandtschaft haben und diesen festhalten. Das Zink wirkt nun als Störenfried, denn es zeigt sich, daß die Verwandtschaft zwischen ihm und den übrigen Elementen größer ist als zwischen diesen und dem Wasserstoff. Es macht daher kurzen Prozeß, verbindet sich mit den Gefährten des Wasser-

stoffes und stößt diesen in kleinen Bläschen heraus. Er erfüllt, die Luft verdrängend, allmählich die Flasche, aber es wäre mehr als leichtsinnig, wollte man gleich zu Anfang dem Ausflußröhrchen mit einem Streichholz zu nahe kommen, obgleich es sonst keinem Bedenken unterliegt, Wasserstoffgas zu entzünden. Denn die Luft enthält Sauerstoff und wir wissen schon (Seite 464), daß ein Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff nichts anderes ist als das gefährliche Knallgas, das sofort bereit wäre, die Flasche zu zertrümmern. Man wartet daher einige Minuten, bis man glaubt, daß alle Luft aus der Flasche vertrieben ist und verfährt auch dann noch unter gewissen Vorsichtsmaßregeln. Das Gas wird durch einen Gummischlauch in eine gewöhnliche, mit Wasser gefüllte Waschschüssel geleitet, die, solange sie dem chemischen Experimente dient, den vornehmen Namen „pneumatische Wanne“ erhält, und hier in einem mit Wasser gefüllten und mit der Mündung unter Wasser aufgerichteten Reagenzröhrchen aufgefangen. Verschließt man dann das mit Gas gefüllte Röhrchen unter Wasser mit dem Daumen, nimmt es heraus, dreht es um und nähert seiner Öffnung rasch ein brennendes Streichholz, so muß sich das Gas leicht puffend entzünden und mit bläulicher, kaum sichtbarer Flamme in die Röhre hineinbrennen. Solange sich noch ein pfeisender Ton oder gar ein Knall hören läßt, hat man es mit Knallgas zu tun und muß noch warten.

Hat man sich so davon überzeugt, daß alle Luft vollkommen aus dem Apparat verdrängt ist, so kann man das gebogene Abflußrohr mit einem längeren, geraden und zu einer Spitze ausgezogenen Glasrohr vertauschen und das Gas an der Ausströmungsöffnung ohne Gefahr anstecken. Es brennt mit fast lichtloser, aber ungemein heißer Flamme, die sich nach kurzer Zeit jedoch durch den Natriumgehalt des Glases gelblich färbt. Hat man ein Stüchchen eines alten, unbrauchbar gewordenen Gasglühlichtstrumpfes zur Hand und hält dieses in die Flamme, so strahlt es geradezu blendendes Licht aus. Auch ein ganz fein zugespitztes Stüchchen Kreide wird bis zur hellen Glut erhitzt. Hält man eine weite lange Glasröhre über das Flämmchen, so beginnt die Luftsäule

in ihr laut zu tönen. Diese „chemische Harmonika“ ist jedoch unseren Lesern wohlbekannt und bedarf hier keiner weiteren Erklärung (Seite 173). Bemerkenswert sind jedenfalls die kleinen Wassertröpfchen, welche sich bei längerer Dauer des Versuches an den kalten Wandungen ansetzen, denn sie sind das Verbrennungsprodukt des Wasserstoffgases, das sich während der Flammenteilung mit dem Sauerstoff der Luft verbindet und Wasser bildet. Wasser besteht bekanntlich aus zwei Teilen Wasserstoff und einem Teil Sauerstoff, wie es vor allem das Experiment der elektrischen Wasserzersetzung deutlich macht (Seite 462).

Soll die Wasserstoffgasflamme hell leuchten, so muß man das Gas mit Kohlenstoff versetzen, dessen kleinste Teilchen dann weiß leuchten und ein schönes Licht ausstrahlen. In unserem Leuchtgas leuchtet ja auch der feste Kohlenstoff in äußerst feiner Verteilung, derselbe Kohlenstoff, den man an einem kalten Teller als Ruß in jeder Gasflamme auffangen kann. Sind die Stoffe zur Wasserstoffbereitung nicht ganz rein, so wird die Flamme, je nach der Natur derselben, verschieden gefärbt. Verwendet man phosphorhaltiges oder schwefelhaltiges Zink, reine oder unreine Schwefelsäure, so wird die Flamme stets ein verschiedenes Aussehen erhalten, sie wird rötlich, bläulich, grünlich oder gelb sein. Man hat früher viel Zeit auf die Herstellung derartiger Flämmchen verwendet und es darin zu einer gewissen Geschicklichkeit gebracht, auch Brenner in allen möglichen Formen angegeben. Für diejenigen Leser, welche einiges Geld auf einen derartigen Versuch verwenden wollen, sei hier die Anleitung abgedruckt, wie sie Zimmermann gibt, der allerdings vorausschickt, daß man sich die Färbungen ausprobieren müsse.

Man läßt sich aus dünnem Blech hohle Blumen mit einem Ansaugrohr für die Wasserstoffzuführung machen und in die Vorderseite eines jeden Stückes eine Menge kleiner Löcher schlagen, welche so angeordnet sind, daß die daraus hervorströmenden Flammen ungefähr die Form einer Blume annehmen. Man fügt mehrere derartige Blumen zu einem Strauß zusammen und speist jede von ihnen aus einem anderen Apparat und mit einer anderen

Farbe, was einen recht netten Anblick gewähren mag. Jedenfalls ist der Versuch etwas kostspielig.

Läßt die Gasentwicklung nach, so kann man sie durch Nachgießen von Wasser und etwas Säure vorübergehend wieder erhöhen. Schwimmen jedoch schon schwärzliche Flocken in der grau gewordenen Flüssigkeit umher, so nützt auch dieser Zusatz nichts mehr, der Apparat muß, nachdem die Flamme gelöscht ist, auseinandergenommen, gereinigt und neu beschickt werden. Filtriert man die gebrauchte Flüssigkeit und läßt sie in einem Schälchen oder einem Becherglase stehen, so kristallisieren schöne langgestreckte Nadeln aus, die allmählich das ganze Gefäß ausfüllen. Es ist Zinkvitriol (giftig), die Verbindung des Zinks mit dem Rest der Schwefelsäure.

Wasserstoff ist das leichteste der bekannten Gase und daher zur Füllung der als Charlièren bezeichneten Luftballons vorzüglich geeignet (vergl. Seite 55). Über die Verfertigung derartiger Gasballons sind unsere jungen Freunde bereits unterrichtet. Es empfiehlt sich nicht, die Kollodiumhüllen bei der Füllung direkt auf das Glasrohr der Flasche zu stecken, da durch dasselbe immer zerstörende Schwefelsäuredämpfe in den Ballon gelangen, vielmehr leitet man das Gas zunächst durch einen Schlauch und dann durch ein Stück Glasrohr ein.

Soll das Gas in größerer Menge zu anderen Zwecken aufgefangen werden, so bedient man sich wiederum der pneumatischen Wanne, indem man die Gefäße ganz mit Wasser anfüllt, sie dann mit einem Kartonblatt oder einer Glasplatte verschließt, umkehrt und erst öffnet, wenn die Mündung sich unter Wasser befindet. Das aufsteigende Gas verdrängt dann das Wasser und nimmt seinen Platz ein, worauf man wiederum verschließt und das Gefäß mit der Mündung nach unten aus der Wanne hebt. In dieser Stellung kann das leichte Gas, welches ja nach oben drängt, am wenigsten schnell entweichen. Steckt man ein Stümpfchen Kerze an einen Metalldraht und fährt mit ihm von unten her schnell in das Gefäß — wir denken uns darunter eine Flasche mit weitem Halse —, so entzündet sich das Gas an der Mündung, während die Kerze im Innern der Flasche erlischt, woraus man

den Schluß ziehen muß, daß Wasserstoff nur bei seiner Begegnung mit Sauerstoff brennbar ist. Senkt man die Kerze langsam auf und nieder, so kann man sie mehrere Male an dem brennenden Gase wieder entzünden und in demselben wieder verlöschen lassen.

Gefäße mit Wasserstoff aufzubewahren, ist auch bei bestem Verschuß nicht ratsam, da schon nach kurzer Zeit genug Luft eingedrungen ist, um das gefährliche

Knallgas zu bilden. Man weiß, daß es aus zwei Teilen Wasserstoff und einem Teil Sauerstoff besteht und in größter Reinheit und Furchtbarkeit mit Hilfe des elektrischen Stromes gewonnen werden kann. Wir beschränken uns darauf, beide Gase in geeigneter Weise miteinander zu mischen, indem wir den in der Luft enthaltenen Sauerstoff verwenden. Da die atmosphärische Luft ein Gemenge von einem Teil Sauerstoff und vier Teilen Stickstoff ist, wird man der Luft etwa $\frac{2}{5}$ ihres Volumens Wasserstoff hinzuzusetzen haben, um Knallgas zu erhalten. Man füllt daher ein Reagenzglaschen zu $\frac{2}{7}$ seiner Höhe mit Wasser an, dreht es über der pneumatischen Wanne (alias Waschschüssel) um und leitet Wasserstoff ein, bis die $\frac{2}{7}$ Teile Wasser vertrieben sind, nicht länger. Nähert man dann schnell ein Streichholz der Öffnung, so erfolgt eine heftige, pistolenschußartige Explosion. Der Schreck ist dabei meist größer als die Gefahr, doch kann man die Röhre zur Sicherheit mit einem Tuch umwickeln und inzwischen die Öffnung mit dem Daumen zuhalten.

Die auf Seite 425 beschriebene Knallgaskanone wird man sich durch Wasserfüllung nicht verderben wollen und begnügt sich daher damit, sie einige Augenblicke über die Mündung des Ausflußröhrchens zu halten. Durch einige Proben stellt man dann sehr bald das richtige Mischungsverhältnis fest. Den Stopfen setze man niemals allzu fest auf, da das Knallgas in geringeren Mengen und in Füllen, die nicht zu fest sind, zwar knallt, aber keinen bedeutenden Schaden anrichten kann, während es in größerer Menge und gar zusammengepreßt die entsetzlichsten Zerstörungen hervorruft.

Sehr empfehlenswert, weil völlig ungefährlich, ist das Experiment in folgender Form. Man wählt als Explosionsgefäß ein solches, dessen umherfliegende Trümmer niemand Schaden zufügen können, nämlich eine Seifenblase, deren Wert als vielseitiges Demonstrationsmittel überhaupt noch lange nicht genug geschätzt ist. Zu mäßiger Größe aufgeblasen, hält sie sich auf wollener Unterlage längere Zeit, so daß man behutsam das gut mit Seifenwasser benetzte Zuführungrohr in sie einführen und Wasserstoff zulassen kann. Das richtige Mischungsverhältnis wird sehr bald getroffen und die Blase explodiert bei der Annäherung eines Streichholzes mit lautem Knall.

Sauerstoff. Wie oben erwähnt, besteht die atmosphärische Luft in der Hauptsache aus vier Teilen Stickstoff und einem Teil Sauerstoff, zwei Gasen, die sich in Bezug auf die Lebenstätigkeit der Menschen und der Tiere, man möchte sagen geradezu entgegengesetzt verhalten. Denn Stickstoff wirkt vernichtend, Sauerstoff im höchsten Grade belebend auf die Atmung ein, ja er würde, rein eingeatmet, die Lebensfähigkeit ungemein heben, aber auch verkürzen. Auf das Blut in den Lungen wirkt er reinigend und erwärmend zugleich und tritt an Stelle der als giftig ausgeschiedenen Kohlen Säure.

Man kann den Sauerstoff unschwer durch Erhitzung aus sauerstoffreichen chemischen Verbindungen austreiben. Es führen viel Wege zum Ziel. Wir wählen den bequemsten und mischen auf einem Stückchen Papier vorsichtig und sehr gewissenhaft gleiche Teile von chlorsaurem Kali und Braunsteinpulver miteinander. Die Mischung, deren Gewicht insgesamt 20 g nicht überschreiten sollte, wird dann in einem Kochfläschchen untergebracht und dieses durch Stopfen und Ablaufrohr verschlossen. Man stellt darauf das Kölbchen auf ein Dreibein aus Draht und erhitzt vorsichtig mit einer Spirituslampe (Fig. 151). Von Zeit zu Zeit prüft man das ausströmende Gas mit einem glimmenden Streichholz und steckt, sobald sich das Kölbchen entzündet, was allemal die Entwicklung von Sauerstoff ankündigt, den Gummischlauch über

die Abflußröhre und fängt das Gas in der bekannten Weise in der pneumatischen Wanne auf. Man kann bei dem angegebenen Quantum mehrere Flaschen mit Sauerstoff füllen, die man bis zu den folgenden Versuchen so aufbewahrt, daß man sie mit der Öffnung nach unten in einem flachen Schüsselchen mit Wasser stehen läßt.

Bei der ganzen Operation ist doch einige Vorsicht nötig. Sauerstoff ist freilich nicht explosiv, entwickelt sich doch aber bisweilen so stürmisch, daß man schleunigst die Lampe, welche man überhaupt am besten in der Hand hält, von dem Glaskölbchen entfernen muß.

Erst wenn die Entwicklung merklich nachläßt, erhitzt man weiter. Die im Glase auftretenden Blitze rühren von verbrennenden Kaliteilchen her und sind weiter nicht gefährlich, wenn sie nicht zu massenhaft auftreten, was bei unverständlich starker Erhitzung

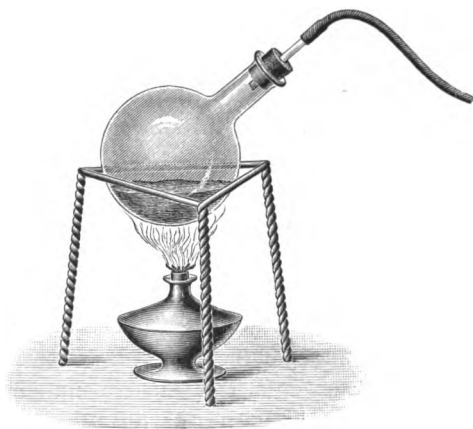


Fig. 151. Die Darstellung des Sauerstoffes.

vorkommen kann. Will man die Entwicklung unterbrechen oder läßt die Gaslieferung so nach, daß weitere Ausbeute nicht mehr zu erhoffen ist, so denke man sofort daran, den Schlauch aus der Wanne zu ziehen, da andernfalls das Wasser in die sich abkühlende Flasche steigen und diese zersprengen würde.

So wie die Lebenstätigkeit, wird auch die Flamme durch Sauerstoffzufuhr unterhalten, ja man kann sagen, daß die Verbrennung nichts ist als ein Verbindungsvorgang des Sauerstoffes mit dem verbrennenden Körper. Wir werden sehen, daß bei reichlich vorhandenem Sauerstoff selbst Körper zur Verbrennung kommen,

denen wir dies niemals zugetraut hätten und daß zweifellos alle Feuer, alle Brände auf der Erde zu unheimlicher, alles vernichtender Gewalt anwachsen würden, wenn der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre ein höherer wäre. Ein Feuer wirkt gerade so, wie die Zunge eines im engen fest verschlossenen Zimmer Schlafenden, es entzieht der Umgebung den Sauerstoff und erstickt schließlich durch seine eigene Tätigkeit. Es ist kein Feuer im Herde ohne Zug zu unterhalten und dieser Zug bezweckt nichts anderes, als fortdauernd die Kohle mit neuer Luft und neuem Sauerstoff zu umgeben. Für die Gluten des Schmiedefeuers und der Hochofen, wo die Temperatur höchste Grade erreichen soll, bedarf es dazu besonderer Gebläse. Wer kennt nicht den Wind als unheimlichen Förderer der Feuerbrünste?

Will man Körper im reinen Sauerstoff verbrennen, so bedeckt man die Mündung einer der gefüllten Flaschen, die nicht zu klein sein sollten, unter Wasser mit einem gut anschließenden Kartonblatt oder einer Glasscheibe, richtet sie auf und hängt an einem krummgebogenen Eisendraht die zu untersuchenden Körper in das Gas. Es bietet nicht jeder derselben etwas Besonderes. Wir empfehlen, Substanzen zu wählen, die wir für gewöhnlich an freier Luft nur glühen zu sehen gewohnt sind, wie Kohle, ein Stückchen Schwamm, eine Zigarre und ähnliches. Sowie sie nur im geringsten glimmend in den Sauerstoff kommen, entzünden sie sich und brennen so lange, bis keine Substanz oder kein Sauerstoff mehr vorhanden ist: Kohle mit einer rotgelben, Schwamm mit einer bläulichen Flamme.

Überraschend in höchstem Maße aber ist es, Stahl brennen zu sehen. Dazu glüht man ein Stück Uhrfeder aus, klopft es gerade und befestigt an dem unteren Ende ein Stückchen Schwamm, das, glimmend, dazu dienen soll, die Verbrennung einzuleiten. Das andere Ende steckt man durch einen Kork, mit dem nach Einführung der Feder die Flasche verschlossen wird. Zunächst geht der glimmende Schwamm in Flammen auf, dann gerät die Stahlfeder in Weißglut und brennt — eigentlich schmilzt —, nach allen Seiten prächtige Funken garben werfend, herab. In

dem Maße, wie sie kürzer wird, schiebt man sie durch den Kork nach. Zweierlei ist zu dem Gelingen des prächtigen Experimentes nötig, das eine unbedingt, das andere nicht unbedingt und nur zur Sicherheit. Die Flasche sollte sowohl möglichst groß sein, um genügend Sauerstoff aufzunehmen, und dann auf ihrem Boden eine etwa daumenbreite Schicht von Wasser enthalten. Mit kleinen Flaschen gelingt das Experiment nur unvollkommen und das Wasser ist nötig, da die schönen umhersprühenden Sterne kleine Kugeln geschmolzenen Stahles sind und sich tief in das Glas einpressen, ja die Wandungen durchbohren oder zersprengen können. In der Hauptsache fallen sie auf den Boden und hier findet man sie selbst noch mit dem Glase verschmolzen, nachdem sie die Wasserschicht passiert haben. Soll die Flasche dadurch nicht unansehnlich werden, so bedeckt man am besten für dieses Experiment den Boden der Flasche mit Sand und gießt noch Wasser darüber.

Schwefel verbrennt in Sauerstoff mit schön blauer Flamme. Man hängt ihn jedoch nicht an dem Draht in das Gas, von dem er abtropfen würde, sondern verwendet für dieses und das folgende Experiment ein kleines Puppenlöffelchen aus Blech, dem man einen aufwärts gebogenen Draht als Handhabe annietet. Der Schwefel wird in das Löffelchen gelegt und über einer Flamme so lange erhitzt, bis er schmilzt und sich entzündet. Darauf bringt man ihn schnell in den Sauerstoff. Auch hier ist es zweckmäßig, während der Verbrennung die Flasche mit einem Kork, oder wenn sie einen weiten Hals hat, mit einem Kartonblatt zu schließen.

Die glänzendste Erscheinung von schier unvergleichbarer Lichtfülle gibt in Sauerstoff verbrennender Phosphor. Letzterer ist ein ungemein gefährlicher Körper, da seine Verwandtschaft zu dem Sauerstoff so groß ist, daß er sich selbst, an freier Luft liegend, entzünden kann. Man bewahrt ihn daher unter Wasser auf, schneidet von ihm, ebenfalls unter Wasser, ein erbsengroßes Stück los — niemals mehr, als man braucht —, holt es mit der Messerspitze heraus und trocknet es an dieser mit Fließpapier ab, ehe man es in den Verbrennungslöffel bringt. Mit den Fingern

berühre man den Phosphor gar nicht, denn er ist tödtlich und die durch ihn verursachten Brandwunden sind fürchterlich.

Man entzündet den Phosphor mit einem glühenden Drähtchen und stößt ihn dann schnell in eine große mit Sauerstoff gefüllte Flasche herab, welche man sogleich zudeckt (Fig. 152).

Der Glanz ist wahrhaft unerträglich und auch die sich bald in reichlichem Maße entwickelnden, weißen Wolken (aus Phosphor-

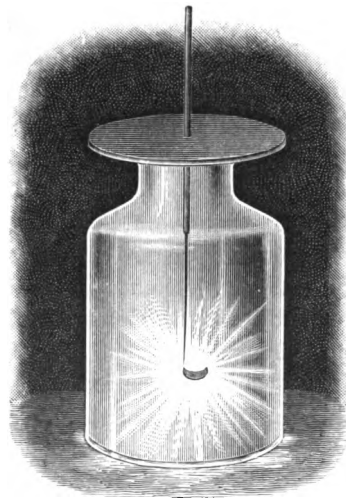


Fig. 152.

Phosphor in Sauerstoff brennend.

säure bestehend) sind von innen heraus noch so intensiv erleuchtet, daß ihre Leuchtkraft nur von der des elektrischen Bogenlichtes und der Sonne übertroffen wird. Stellt man das Experiment des Abends an, so ist es, als wären alle Lampen plötzlich ausgelöscht und als ginge allein vom brennenden Phosphor der tageshelle Glanz aus. Die Schatten erscheinen trotz der anderen Lichtquellen grell und tief schwarz. Erleuchtet der Glanz, so glaubt man im Finstern zu stehen oder erblindet zu sein, da man anfangs im hell erleuchteten Zimmer nichts sieht, bis sich erst ganz allmählich die ermüdeten und überreizten Nerven an die

Dunkelheit gewöhnen und sich die Gegenstände gleichsam aus der Finsternis herauslösen.

Feuererscheinungen unter Wasser. Von der großen chemischen Verwandtschaft des Phosphors zum Sauerstoff wurde soeben gesprochen. Sie wird um so größer, je stärker der erstere erwärmt wird und kann leicht zu folgendem überraschenden Versuch benutzt werden. Man füllt ein Gläschen mit warmem Wasser und wirft ein kleines Stückchen Phosphor hinein. Es erhält da-

durch eine Temperatur, bei der es sich an der Luft sofort entzünden würde. Bläst man daher durch ein Glasröhrchen einen Luftstrom gegen das warme Phosphorstück, so wird man fortdauernd kleine weißlich leuchtende Blitze an ihm bemerken. Auch an dieser Stelle mag Vorsicht in der Behandlung des Phosphors noch einmal anempfohlen sein.

Eisen in freier Luft verbrennen zu lassen. Wir sahen Stahl in einer Sauerstoffatmosphäre bis zur Schmelztemperatur erhitzt und konnten nach dem ganzen Aussehen der Erscheinung wohl von einer Art Verbrennung reden. Um eine solche handelt es sich hier auch, aber nicht am Stahl, sondern am Eisen und auch nicht in reinem Sauerstoff, sondern in gewöhnlicher atmosphärischer Luft. Wer hätte wohl schon einmal Eisen an freier Luft ohne Zutat einer erhitzenden Flamme glühen sehen? Ein festes Stück Eisen sicherlich nicht, denn es bietet dem Angriff des in der Luft sowieso schon in geringem Maße enthaltenen Sauerstoffes nur eine geringe Angriffsfläche. Vergrößert man jedoch seine Oberfläche künstlich, indem man es fein in der Luft verteilt, so schafft man dem Sauerstoff vielfachen Zutritt und erzielt eine intensivere Verbrennung, gerade wie bei einem Kienspan, den man zum Feueranmachen zerspaltet.

In feinsten Form kennen wir das Eisen als Eisenpulver. Man hängt ein Büschel davon an einen Magnet und hat dann gleichsam einen Eisenschwamm vor sich, der sich mit Luft — und also auch mit Sauerstoff — vollgesaugt hat. Allerdings ist bei gewöhnlicher Temperatur die Verwandtschaft des Sauerstoffes zum Eisen nicht so groß, als daß eine Verbrennung einträte. Es genügt jedoch, nur einen Augenblick mit einer Flamme über das Büschel hinzufahren, um die Eisenteilchen am Rande bis zur Rotglut zu erhitzen. Der Sauerstoff tut dann das Übrige und wir sehen in der That die Erhitzung von Teilchen zu Teilchen übergehen und die Glut den Eisenhaufen gleichsam durchstößern. Senkt man das glimmende Büschel in eine Flasche mit reinem Sauerstoff, so erlebt man das schönste Feuerwerk im Kleinen.

Kohlensäure ist ebenfalls in der atmosphärischen Luft enthalten, aber erstickend und giftig auf die Lunge wirkend, welche den Überschuss von Kohlensäure aus dem Blut absondert, unwillig von sich stößt und ihn der Pflanzenwelt zuweist, der dies Gas zum Atmen unentbehrlich ist.

Kohlensäure ist in unserem Sinne kein interessantes Gas, denn es lassen sich glänzende Experimente mit ihm kaum ausführen. Vor allem ist es ausgezeichnet durch seine Schwere, die es stets am Boden derjenigen Räume verweilen läßt, in denen es sich entwickelt. Wir konnten eine mit Luft gefüllte Seifenblase auf ihm schwimmen lassen (vergl. Seite 121) und brauchen wegen eben dieser Schwere auch keine pneumatische Wanne, um es aufzufangen. Es genügt, von dem Entwicklungsapparat eine Glasröhre bis auf den Grund eines hohen, nicht zu weiten Gefäßes herabgehen zu lassen. Das eintretende Gas füllt dieses von unten her an, indem es die Luft nach oben vertreibt. So kann man mehrere Standgläser (hohe Einmachegläser) mit Kohlensäuregas anfüllen und durch einfaches Zudecken mit einem Kartonblatt einige Zeit aufbewahren, ohne eine Verflüchtigung, wie bei dem Wasserstoff und dem Sauerstoff, befürchten zu müssen.

Die Entwicklung der Kohlensäure geschieht in der schon bei der Darstellung des Wasserstoffes beschriebenen Flasche, nur daß sie jetzt mit Kreide- oder Marmorstückchen statt der Zinkstückchen besetzt wird und einen Ausguß von verdünnter Salzsäure erhält. Das Gas entwickelt sich sofort unter Brausen, da die Säure sich sehr heftig mit dem Kalk — Marmor ist kohlensaurer Kalk — verbindet und die Kohlensäure freimacht.

Übrigens entwickelt sich Kohlensäure bei jeder Verbrennung von Kohle an der Luft und ist, in größerer Menge eingeatmet, absolut tödlich. Man erzählt, daß zur Zeit der französischen Revolution sogar Hinrichtungen mit ihr ausgeführt wurden, indem man die Delinquenten zwang, einen kleinen Raum zu betreten, in welchem ein offenes Kohlenfeuer brannte. Doch auch durch Unvorsichtigkeit kommen Unglücksfälle, ja sogar Todesfälle genug vor, denn das Gas entwickelt sich häufig in den Bergwerken und

Brunnenschächten und wehe dem, der in sein Bereich kommt. Am bekanntesten, und berüchtigtsten zugleich, ist die Hundsgrotte bei Neapel, auf deren Boden sich das Gas, einem unsichtbaren See vergleichbar, aufhält, und auch in Deutschland gibt es Kohlen säuregrotten, z. B. bei Pyrmont in Westfalen, überhaupt dort, wo die Gegend einen vulkanischen Charakter trägt. Und doch gibt es ein verhältnismäßig einfaches Mittel, die Anwesenheit der Kohlen säure festzustellen: Jede Flamme erlischt in ihr augenblicklich und man braucht nur eine brennende Kerze in einen Brunnenschacht herabzulassen, um Auskunft über die Beschaffenheit der Luft in ihm zu erhalten. Erlischt die Laterne beim Betreten eines Kellers, in dem Bier oder Wein in Gärung begriffen ist, so ist höchste Gefahr im Verzuge, denn auch bei diesem Prozesse wird Kohlen säuregas in großen Mengen frei.

Und doch scheint — so sonderbar es auch klingt — die Kohlen säure dem Menschen zum Leben unentbehrlich zu sein, da er sie täglich, im Wasser, im Bier und Wein, in nicht unbedeutender Menge zu sich nimmt. Es scheint, als wäre sie in kleinen Mengen für die Lunge schon verderblich, für den Magen selbst in größeren nicht unbedenklich, ja sogar der Verdauung dienlich.

Versuche mit Kohlen säure. Ein Licht mit einem unsichtbaren Gase auszugießen. Selbstverständlich ist das angekündigte unsichtbare Gas die Kohlen säure. Man befestigt auf einer Pappscheibe mehrere Lichte von ungleicher Größe und versenkt diese auf den Boden eines hohen, nicht zu breiten Einmacheglasses, worauf man mit einer langen ganz herabreichenden Glasröhre Kohlen säure aus der Entwicklungsflasche in das Glas eintreten läßt (Fig. 153 a. f. S.). Sie sammelt sich auf dem Boden und dann steigt ihre Oberfläche mehr und mehr, um ein Flämmchen nach dem andern, vom kleinsten anfangend, zu ersticken.

Da die Kohlen säure schwerer ist als die Luft, kann man sie mit einiger Vorsicht und bei ruhiger Luft von einem Gefäß in das andere herübergießen. Eine sehr empfindliche Wage, auf der das zweite Gefäß steht, wird dabei sogar einen deutlichen Ausschlag

im Sinne zunehmenden Gewichtes geben. Gießt man aus einem großen Gefäß, gerade so, als handele es sich um eine Flüssigkeit, Kohlensäure über eine Kerzenflamme, so wird sich diese sofort zusammenducken, als habe sich ein fester Gegenstand auf sie gelegt. Sowie die Gasmenge aber zunimmt, verlöscht das Licht ebenso, als hätte man es in das Gas selbst getaucht (Fig. 154).

Eine wasserklare Flüssigkeit in eine milchähnliche zu verwandeln. Man löst einige Stückchen ungebrannten Kalkes



Fig. 153.

Kerzenflammen erlöschen in aufsteigendem Kohlensäuregas.



Fig. 154.

Ausgießen einer Kerze mit Kohlensäuregas.

in Wasser auf und erhält nach dem Filtrieren eine wasserklare Flüssigkeit, die man auch zu späteren Versuchen vorrätig halten kann. Leitet man dann einen Strom von Kohlensäuregas in das Kalkwasser, so trübt sich dieses sofort und zeigt schließlich ein milchiges Aussehen. Kalkwasser ist überhaupt eines der empfindlichsten Mittel zum Nachweis der Kohlensäure und es genügt schon, mit einem Röhrchen die aus den Lungen kommende Luft durch die Flüssigkeit zu blasen, um eine Trübung zu erzielen.

Die Farben Schwarz, Weiß, Rot zu erzeugen durch Ein-
gießen einer wasserklaren Flüssigkeit in drei andere ebenso
beschaffene. Bei chemischen Vorgängen handelt es sich wirklich
um eine Neuschaffung von Körpern, deren Eigenschaften gänzlich
verschieden sein können von denjenigen ihrer Bestandteile. Schwefel
hat die Eigenschaft, zu brennen, Eisenpulver diejenige, von einem
Magneten angezogen zu werden, die Verbindung beider jedoch,
das Schwefeleisen, ist weder brennbar noch magnetisch. Träufelt
man einige Tropfen von einer Höllesteinlösung in Salzwasser,
so entsteht ein völlig giftfreier, milchiger Niederschlag, obgleich
Höllestein ein starkes Gift ist, ja man kennt gänzlich un-
schädliche Substanzen, die aus nur giftigen Körpern entstanden
sind, und umgekehrt Gifte aus Bestandteilen völlig harmloser
Natur. Man kennt auch Farben, deren Bestandteile völlig farblos
sind, und andererseits farblose Flüssigkeiten, entstanden aus der
Zusammenmischung zweier Farbenbestandteile. Von derartigen
Dingen soll im Folgenden die Rede sein.

Man löst in zwei getrennten Flaschen voll Wasser Eisenvitriol
und gelbes Blutlaugensalz auf. Die erstere Lösung wird eine
grünliche, die andere eine gelbliche Farbe aufweisen. Darauf gießt
man von jeder etwas in ein Glas (am besten nehmen sich kelch-
förmige Stengelgläser zu den Versuchen aus) und füllt jedes der-
selben mit Wasser bis zur Hälfte auf. Ist dann noch nicht alle
Färbung verschwunden, so gießt man etwas von dem Inhalt aus
und schüttet wieder Wasser nach. Beide Flüssigkeiten machen dann
durchaus den Eindruck klaren Wassers, ergeben jedoch beim Zu-
sammengießen eine Flüssigkeit von prachtvoll blauer Farbe (so-
genanntem Berliner Blau).

Noch überraschender ist der Versuch, auf welchen sich die Über-
schrift des Paragraphen bezieht. Es werden drei Lösungen, nämlich
von Rhodankalium, Gerbsäure (Tannin) und salpetersaurem Silber
(Höllestein) hergestellt und, damit man sie stets zur Hand hat,
in Flaschen aufbewahrt. Da man nachher doch stark verdünnt, ist
es ziemlich gleichgültig, wie stark die Lösungen sind. Auf Viertel-
literflaschen genügt es, zwei Löffel voll Rhodankalium, ebenso viel

Gerbsäure und einen Höllesteinlist zu nehmen. Schließlich setzt man noch in einer vierten Flasche Eisenchlorid an und verwendet davon so viel, daß die Lösung deutlich gelb gefärbt ist.

Für den Versuch verdünnt man die Lösungen in vier Gläsern so weit, daß wenigstens bei Lampenlicht eine Färbung nicht mehr zu erkennen ist. Die Gläser werden zu dreiviertel gefüllt und in folgender Reihenfolge aufgestellt: Tanninlösung, Lösung von Höllestein, Rhodankaliumlösung. Darauf gießt man in jedes etwas von der ebenfalls farblosen Eisenchloridlösung hinein und erhält in dem ersten Glase eine schwarze, in dem zweiten eine weiße und in dem dritten eine schön rote Färbung: die deutschen Farben. Auf jeden nicht mit chemischen Kenntnissen ausgerüsteten Zuschauer wird dies Experiment einen großen Eindruck machen müssen.

Entstehen und Verschwinden einer blauen Farbe. Man bringe ein wenig Stärkemehl mit viel Wasser zum Kochen und setze dann etwas Jodnatriumlösung hinzu. Ist diese rein genug, so wird keine Färbung auftreten. Man läßt erkalten und setzt dann einen Tropfen Schwefelsäure hinzu, wodurch sogleich eine blaue Färbung entsteht. Kocht man jedoch etwas von der Flüssigkeit in einem Reagenzglaschen, so wird sie sofort farblos. Nach dem Erkalten kehrt die Farbe wieder, verschwindet bei der Erwärmung u. s. f.

Die Erklärung des Versuches ist ein wenig kompliziert. Jod hat die Eigenschaft, heiße Stärke blau zu färben, es ist jedoch im Jodnatrium zu fest an das Natrium gebunden, als daß es seinem Wunsche nachkommen könnte. Durch die Schwefelsäure wird es jedoch aus seiner Verbindung befreit.

Tinte (scheinbar) in Wasser zu verwandeln. Wir sahen bereits eine Gerbstofflösung und eine Eisenlösung miteinander eine schwarze Flüssigkeit bilden, die nicht nur wie Tinte aussah, sondern wirklich Tinte war, mit der man bei genügender Konzentration der Bestandteile schreiben konnte. In der Tat ist unsere Schreib-

tinte nichts anderes als eine Verbindung von Gerbstoff und Eisenoxyd, man kann sie sich also ohne viel Mühe selbst bereiten. Aus der Zusammensetzung geht aber auch hervor, daß man die Tinte entfernen kann, wenn man die Verbindung durch den Zusatz einer anderen zerlegt. Hierzu eignet sich vorzüglich starke Schwefelsäure oder Klee säure. Um nicht allzu große Quantitäten von beiden verwenden zu müssen, ist es ratsam, für den Versuch die Tinte reichlich durch Wasserzusaß zu verdünnen. Der Säurezusaß erfolgt unter stetem Umrühren. Soll die farblose Flüssigkeit wieder in Tinte zurückverwandelt werden, so genügt es, Ammoniakflüssigkeit hinzuzusetzen und stark umzurühren. Sie verbindet sich nämlich mit der Säure und gibt so der Gerbsäure und dem Eisen wieder Gelegenheit, sich miteinander zu vereinigen.

Eine Flüssigkeit durch Zusaß von zwei farblosen Flüssigkeiten rot oder blau zu färben. Das Experiment des vorigen Paragraphen war insofern ganz besonders lehrreich und interessant, als es zeigte, daß sich Schwefelsäure und Ammoniak gewissermaßen entgegengesetzt verhalten und geeignet sind, sich in ihrer Wirkung gegenseitig aufzuheben. Sie sind jedoch nur die Vertreter zweier großer Gruppen von Körpern, die dasselbe Verhalten zeigen und von den Chemikern als Säuren und Basen bezeichnet werden. Ihre Wirkung läßt sich an folgendem Experiment besonders schön zeigen.

Man hält in einer Flasche eine Lösung von einem, unter der Bezeichnung Lachmus käuflichen, Farbstoff vorrätig und setzt von dieser so viel auf ein Reagenzglas voll Wasser zu, daß eine ausgesprochen rotblaue Färbung entsteht. Darauf fügt man einige Tropfen Schwefelsäure hinzu, verschließt das Röhrchen mit dem Daumen und schüttelt den Inhalt, worauf er sofort eine kirschrote Färbung annimmt. Durch Zusaß von Ammoniak wird die Lachmuskintur intensiv blau, durch Säure wiederum rot. Eine Umwandlung, die man so oft vornehmen kann, als man will. Unsere Leser ersehen hieraus, daß Lachmuskintur, oder auch mit solcher gefärbtes Papier, durch seine Farbenveränderung ein vorzügliches

Mittel abgibt, um die Anwesenheit von Säuren oder Basen zu erkennen. Wir werden später sehen, daß durch die Vereinigung von Basen und Säuren eine dritte Hauptgruppe von Körpern (Salze genannt) entsteht, deren Eigenschaften von denen der Säuren und Basen durchaus verschieden sind.

Farbenänderungen einer Kohlabkochung. Man übergießt die kleingeschnittenen Blätter des bekannten Rottkohles mit kochendem Wasser und läßt ihn einige Stunden ziehen, worauf man die klare Lösung abgießt und $\frac{1}{8}$ der Menge Spiritus zusetzt. Diese Tinktur verdickt schnell und sollte jedesmal neu hergestellt werden. Es wird daher empfohlen, die Blätter getrocknet aufzubewahren und sie später mit etwas angesäuertem Wasser (Schwefelsäurezusatz) auszugiehen. Man erhält dann nicht eine blauviolette, sondern eine rote Tinktur, die sich jedoch durch den Zusatz von etwas fein geschabter Kreide blau färben läßt.

Von dieser Kohltinktur verdünnt man reichlich in zwei Gläsern, doch so, daß die blaue Färbung noch ausgesprochen gut zu erkennen ist. Setzt man dann dem einen Glase einige Tropfen Schwefelsäure, dem anderen etwa Ammoniak oder auch Natron oder Kali hinzu, so wird das eine schön kirschrot, das andere prachtvoll smaragdgrün werden. Man hat es dann ganz in der Hand, durch Zusatz der entgegengesetzten Chemikalien die eine Farbe in die andere überzuführen oder auch den alten blauvioletten Farbton wieder herzustellen. In diesem Fall heben sich die Einflüsse der sauren und basischen Zusätze gerade gegenseitig auf und man sagt dann, die Lösung sei „neutral“. Man kann dies alles sehr schön an ein und demselben Versuch zeigen, wenn man nämlich in die durch Säure rot gefärbte Tinktur sehr behutsam Ammoniak tropfen läßt. Dann wird die Farbe in den oberen Teilen des Glases, wo der Ammoniak im Überschuß vorhanden ist, grün sein, in den unteren Teilen durch Einfluß der Säure rot und in der Mitte, wo sich Säure und Base begegnen, blauviolett.

Eine grüne Flüssigkeit in eine rote zu verwandeln und umgekehrt. Die Erklärung dieses Experimentes müssen wir

uns hier leider versagen, da sie für unsere Leser zu schwierig ist. Der Versuch ist schön und sehr leicht anzustellen. Man löst etwas mangansaures Kali in einer reichlichen Menge kalten Wassers auf, wodurch dieses eine wundervoll grüne Farbe annimmt. Sie verwandelt sich durch Zusatz weniger Tropfen Salpetersäure und Umrühren in Hochrot. Will man die ursprünglich grüne Färbung wieder herstellen, so genügt es, etwas erwärmte Kalilösung hinzuzufügen. Derselbe Prozeß kann dann beliebig oft wiederholt werden.

Eine gelbe Flüssigkeit, die durch Umgießen blau wird.

Man übergießt in einem Gefäß mit viel Wasser folgendes Gemenge: 1 Gewichtsteil gepulverten Indigo mit 2 Gewichtsteilen Eisenvitriol und 3 Gewichtsteilen ungelöschtem Kalk. Das Eisenvitriol muß frisch sein, von hellgrüner Farbe und darf nicht im geringsten verrostet aussehen. Man bekommt es in den photographischen Handlungen in genügender Reinheit.

Das Gefäß wird luftdicht verschlossen und einige Stunden sich selbst überlassen, während welcher Zeit die Lösung vor sich geht und die anfänglich auftretende blaue Färbung verschwindet, um einer gelben Platz zu machen. Man läßt die festen Teile sich so viel als möglich absetzen und gießt dann die gelbe Flüssigkeit in ein tief gehaltenes Gefäß. Sie wird sich auf ihrem Wege durch die Luft verändern und mit tiefblauer Farbe in dem anderen Gefäß anlangen. Der Indigo nämlich ist in seiner Färbung durch seinen Gehalt an Sauerstoff beeinflusst. Da ihm das Eisenvitriol einen Teil desselben entzieht, geht er in einen weißen Farbstoff über, der im Kalk löslich ist und durch diesen hellgelb verändert wird. Bei dem Sturz durch die Luft nimmt der Indigo wieder genug Sauerstoff auf, um blau zu erscheinen.

Farbenänderungen durch Erhitzung. Man löse das bekannte blaue Kupfervitriol in Wasser auf und verdünne die Lösung ziemlich stark, worauf man so lange von der Lösung kauftischen Kalis zusetzt, bis auch nach mehrfachem Umschütteln der schöne

Blaue Niederschlag nicht weiter zunimmt. Hierauf setze man etwas von einer Traubenzuckerlösung hinzu, wodurch die Färbung nicht verändert wird. Erwärmt man jedoch etwas von dieser Flüssigkeit in einem Reagenzglas, so zeigt sich sehr bald eine ausgesprochen orange oder rote Färbung.

Grün geht durch Erwärmung in Rot über. Zu einem früheren Versuch wurde bereits eine Lösung von manganisaurem Kali in kaltem Wasser angefertigt. Sie hat eine prachtvoll grüne Farbe, die jedoch bei einer Erhitzung bis zum Kochen in Hellrot übergeht.

Unterhaltende Anwendung der vorigen Versuche. Nach dem vorher Gesagten sind wir der Mühe enthoben, für jeden der folgenden Versuche eine besondere Erklärung zu geben. Sie beruhen sämtlich auf der chemischen Vereinigung zweier oder mehrerer Substanzen und der dadurch hervorgerufenen Bildung von Farbstoffen.

Mit einer farblosen Flüssigkeit (scheinbar Wasser) Tintenschrift hervorzubringen. Man löst reines, nicht gelb gewordenes, Eisenvitriol in Wasser auf und verdünnt so weit, daß die Lösung so gut wie farblos erscheint. Man gibt sie für reines Wasser aus, taucht die Feder hinein und erklärt, mit dieser schwarze Schrift hervorzubringen zu wollen, die auch wirklich auf dem Papiere erscheint. Sie ist in bester Form durch Tinte verursacht, denn das Schreibpapier war vor dem Versuch mit einer klaren und völlig farblosen Tanninlösung (Gerbsäure) bestrichen worden. Läßt man einen Tropfen der wasserklaren Schreiblösung auf das Papier tropfen, so entsteht ein Tintenkleck.

Wie die rein gewaschenen Hände an einem sauberen Handtuch schwarz werden können. Dieser chemische Scherz ist freilich recht unterhaltend und überraschend, aber eigentlich auch etwas unnütz, da die als schwarz bezeichnete Farbe Tinte ist und das Handtuch unfehlbar vernichtet. Man begnüge sich daher zum Abtrocknen mit einem alten Leinwandlappen, der zwar sauber ist,

dessen Wert aber durch einen gehörigen Tintenfleck nicht mehr verringert wird.

Das Experiment beruht auf der schon bekannten Tintensbildung aus Gerbsäure und Eisenlösung. Man tränkt das Tuch mit einer sehr verdünnten Lösung von Eisenvitriol (salpetersaurem Eisenoxyd), läßt es trocknen und reibt es dann gehörig durch, damit es weder durch Farbe noch Steifheit seine Präparierung verrät. Dem Waschwasser setzt man so viel Tanninlösung hinzu, als es aufnehmen kann, ohne durch seine gelbe Färbung verdächtig zu werden. Berührt die nasse Hand das Tuch, so wird sie sowohl, wie das Tuch, bald voller Tinte sein, die immer reichlicher austritt, je mehr man sie abzuwischen versucht, und deren rätselhaftes Erscheinen sich so leicht niemand erklären wird.

Mit derselben Farbe blau und rot zu malen. Dieser hübsche und wirklich überraschende Versuch stützt sich auf das Farbenverhalten der Lackmustrinktur den Säuren und Basen gegenüber. Wir geben ihn in der niedlichen Form wieder, welche ihm Zimmermann gegeben hat, wobei wir uns fast seiner eigenen Worte bedienen:

Der Experimentator bestreicht die eine Hälfte eines Blattes Papier mit sehr verdünnter Schwefelsäure und läßt es trocken werden. Er hält dann eine kleine Rede und erklärt, daß die Malerkunst seit den Zeiten des griechischen Meisters Apelles, der es verstanden habe, die herrlichsten Bilder mit nur drei Farben zu malen, doch sehr herabgekommen sei, und daß er allein, wenigstens was das Technische anbeträfe, es dem großen Maler nachtun könne, denn er erbiere sich, mit derselben Farbe, ja mit demselben Pinselstrich blau und rot zu malen. Die Farbe ist nichts anderes, als durch Ammoniakflüchtigkeit blau gefärbte Lackmustrinktur. Streicht man mit dieser über das präparierte Papier, so werden die Striche überall dort, wo es angesäuert ist, rot, an den anderen blau erscheinen. Hat man sich zu diesem Experiment mehrere Papiere vorbereitet oder verschiedene, genau bekannte Stellen desselben Blattes mit verschiedenen Chemikalien überstrichen, so kann man auch erklären, daß man mit seiner Kunst noch keineswegs zu Ende

sei und ebensogut auch gelb und braun, statt rot und blau malen könne. Ein frischer Pinsel wird dann in Curcumalösung getaucht und über eine mit Pottaschelösung imprägnierte Stelle geführt. Hat man vorher auf dem Papier eine Umrisszeichnung in leichten Bleistiftlinien entworfen und passend mit Chemikalien behandelt, so kann man sie mit zwei Pinseln auskolorieren und mit den genannten vier Farben schon ganz hübsche Effekte erzielen. Dem Einwande, daß etwa in dem Pinsel zwei verschiedene Farben vorhanden seien, die nacheinander ausfließen, und daß zuerst immer das Gelbe und dann das Braune, oder zuerst das Blaue und dann das Rote zum Vorschein komme oder umgekehrt, kann man leicht begegnen, wenn man zuerst über das reine Papier und dann über die präparierte Stelle fährt. Man kann dann auch mit dem blauen Pinsel bloß rot malen, indem man immer auf der gesäuerten Stelle bleibt, oder bloß blau, wenn man sie vermeidet.

Viel veränderlicher noch ist Weilchensaft. Man kann mit ihm allein ein ganzes Gemälde herstellen, denn er erscheint auf reinem Papier blauviolett, auf gesäuertem lebhaft rot, auf alkalischem (mit Kali oder Natron getränktem) Papier sehr schön grün, auf einer mit Eisenvitriollösung bestrichenen Stelle schwärzlich.

Es versteht sich von selbst, daß man diesen Versuchen noch manche andere Form geben kann.

Eine rote Rose in eine weiße, darauf in eine grüne und schwarze zu verwandeln. Man setzt einige rote Rosen unter einer Glasglocke den Dämpfen brennenden Schwefels aus, wodurch sie zuerst unansehnlich, scheidig, schließlich aber ganz weiß werden. Man nimmt dann eine derselben und taucht sie in verdünnte Schwefelsäure, wodurch das alte Rot wieder hergestellt wird. Eine zweite wird in Bleiessiglösung getaucht, was ihr eine grüne Farbe verleiht, eine dritte erst in eine verdünnte Sodalösung, dann in eine Eisenvitriollösung gehalten, worauf sie fast schwarz wird. Die weißen, roten, grünen, schwarzen Rosen stellt man zu einem Strauß zusammen.

Statt der Rosen eignen sich auch noch Veilchen und Malven zur Umfärbung. Befeuchtet man die Veilchen und bringt sie in den Dampf, der von konzentrierter Salzsäure aufsteigt, so werden sie rot. Den Dämpfen von Ammoniakflüssigkeit ausgesetzt, werden sie grün, und weiß über Bleichkalk, dem man ein wenig Salzsäure zugelegt hat.

Von den Malven sind vorzüglich die dunkelblauen für den Versuch geeignet. Sie werden, wie die Rosen, in Schwefeldämpfen gebleicht, in verdünnter Schwefelsäure prachtvoll rot. Die farblose Malve wird in Bleizuckerlösung (sehr giftig!) dunkelgrün, in Pottasche oder Sodalösung hellgrün und endlich in verdünnter Schwefelsäure wieder rot.

Unter **sympathetischen Tinten** versteht man solche, die für gewöhnlich unsichtbar sind und dann durch eine geeignete chemische Behandlung oder durch Erwärmung zum Vorschein kommen. Nach dem vorher Gesagten kann es unseren Lesern gar nicht schwer fallen, selbst derartige „Geheimtinten“ zu erfinden. Um ihnen jedoch das Umherprobieren zu ersparen, mögen hier die bewährtesten Rezepte noch einmal zusammengestellt sein.

A. Tinten, welche durch Behandlung mit einer Flüssigkeit oder durch die Einwirkung von Dämpfen sichtbar werden.

Weisse Tinte. Eine Lösung von essigsaurem Bleioryd läßt sich erforderlichenfalls durch Zusatz von etwas Essigsäure klären. Mit dieser Lösung hervorgebrachte Schrift ist selbst auf farbigem Papier fast unsichtbar, wird jedoch durch Eintauchen in verdünnte Salzsäure sofort weiß.

Blaue Tinte. Man schreibt mit einer sehr verdünnten Lösung von gelbem Blautlaugensalz auf nicht zu glattem Papier. Die Schriftzüge sind fast unsichtbar, treten jedoch schön blau hervor, sobald sie mit einer Lösung von Eisenvitriol überfahren werden.

Schwarze Tinte. Die Schrift wird mit einer stark ver-

dünnten Tanninlösung gemacht und nach dem Trocknen mit Eisenvitriollösung überfahren.

Braune Tinte. Man schreibt mit einer Auflösung von Bleizucker (giftig) auf rauhem Papier und setzt die Schrift der Einwirkung von Schwefelleberdämpfen aus, indem man sie über das Präparat hält oder mit diesem zusammen in ein Kästchen einschließt. Die Schrift erscheint nach kurzer Zeit braun. Die Ausdünstungen der Schwefelleber sind ungemein übelriechend (Schwefelwasserstoff). Wir berichten später über einen kleinen Scherz, der auf der Veränderung der Bleizuckerschrift beruht (Seite 524).

Bei allen diesen Tinten kann man auch umgekehrt verfahren und mit der anderen Lösung schreiben. Man wird diejenige wählen, deren Spuren am wenigsten sichtbar sind.

B. Tinten, welche durch Erwärmung sichtbar werden. Alle Verfahren sind sehr einfach, mit denen durch die Hitze dauernd sichtbare Schriftzüge hervorgerufen werden. Interessanter, aber auch schwieriger herzustellen sind Schriftzüge, die nach dem Erkalten wieder verschwinden.

Schwarze Tinte. Bei Anwendung sehr verdünnter Schwefelsäure als Tinte entstehen fast farblose Schriftzeichen, die bei der Erwärmung des Blattes über einer Lampe deutlich hervortreten, jedoch nicht wieder verschwinden. Zitronensaft leistet fast dieselben Dienste wie Schwefelsäure. Die Schrift erscheint durch eine Verkohlung des Papiereß. Nicht so gut, aber immerhin brauchbar ist Milch, doch dürfte es kaum gelingen, mit ihr völlig unsichtbare Zeichen zu machen.

Rosenrote Tinte. Eine nicht zu starke Lösung von Kobaltorydul gibt auf dem Papier nur schwach gefärbte Spuren, die nach dem Trocknen meist völlig unsichtbar werden. Erwärmt man sie jedoch vorsichtig über einer Lampe oder in einer warmen Ofenröhre, so kommen sie mit prächtig rosenroter Farbe zum Vorschein, um nach dem Erkalten wieder zu verschwinden. Geht die mäßige Erwärmung einmal in zu starke Erhitzung über, so bleiben die Schriftzüge mit bräunlichem Ton stehen.

Blaue Tinte. Es wird mit einer Lösung von salzsaurem Kobaltoxydul (Chlorkobalt) geschrieben. Die Schrift erscheint bei der Erwärmung mit blauer Farbe, verschwindet beim Erkalten, kehrt beim Erhitzen wieder u. s. w. Schließlich bleibt sie jedoch schwach gelb sichtbar.

Grüne Tinte. Oft genug erhält man bereits bei der vorigen Präparierung grünliche Farbentöne. Sie zeigen an, daß der Chlorkobalt verunreinigt ist. Man kann jedoch aus der Not eine Tugend machen und, um grüne Tinte zu erzielen, von vornherein eine geringe Menge Eisenchlorid zur Chlorkobaltlösung setzen. Auch die grüne Farbe verschwindet beim Erkalten.

C. Tinten, welche durch Belichtung zum Vorschein kommen. Die chemische Einwirkung des Lichtes auf viele Verbindungen ist schon lange bekannt. Auf ihr beruht bekanntlich auch die Wirkung der photographischen Platten, indem durch das Licht aus irgend einer geeigneten Silberverbindung (Bromsilber, Chlor-silber) das Silber metallisch ausgeschieden wird. Unsere Leser kennen fast alle die bräunende Einwirkung des Lichtstrahles auf das käufliche photographische Positivpapier (Celloidin-, Albumin-, Aristopapier u. s. f.), und einige von ihnen haben sich vielleicht schon einmal das Vergnügen gemacht, einem guten Bekannten eine wohlaußgezoogene Photographie zum Andenken zu überreichen, die nicht fixiert war und daher am Licht bald in ein dunkles Braun überging.

Lichtempfindliche Tinte, welche weiß wird. Man schreibt mit einer Bleizuckerlösung (giftig!) auf weißem Papier und erhält, wenn dieses nicht zu glatt ist, eine unsichtbare Schrift. Bringt man das beschriebene Papier in das Sonnenlicht, so erhält man eine Schrift von so blendender Weiße, daß sie selbst auf dem weißen Papier völlig lesbar ist.

Lichtempfindliche Tinte, welche braun wird. Geschrieben wird mit einer verdünnten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd (Höllenstein). Die Schrift bräunt sich nach einiger Zeit im Tageslicht.

Unterhaltende Anwendungen des Vorhergehenden.

Tinte, die durch ihren Streusand sichtbar wird. Man pulvere Eisenvitriol, lasse es auf der heißen Herdplatte recht trocken werden, zerreibe es darauf in einem Mörser und vermische es mit dem trockenen Streusand. Die Tinte ist eine ziemlich stark verdünnte Lösung von Tannin, der man, um sie auf dem Papier länger feucht zu halten, etwas Zucker zusetzen kann. Streut man den Sand über die noch nasse, unsichtbare Schrift, so wird sie sofort, in Folge der Verbindung von Eisenoxyd und Gerbsäure, schön schwarz auf hellem Grunde erscheinen.

Eine Winterlandschaft in eine Sommerlandschaft zu verwandeln. Man male einen geeigneten, wenig schattierten Holzschnitt leicht mit Aquarellfarben an, so daß das Ganze den Eindruck einer Winterlandschaft macht. Den Baumschlag, das Gras, die Blumen und Wasserfläche lasse man jedoch frei, um sie nach dem Trocknen der Aquarellfarbe mit den oben angegebenen grünen, roten und blauen sympathetischen Tinten auszumalen. Da diese Tinten unsichtbar sind, wird das Aussehen der Schneelandschaft nicht geändert. Hängt man sie jedoch vor den Ofen an eine Lampe oder eine sonst geeignete Wärmequelle, so belebt sich die tote Landschaft und schmückt sich mit sommerlichen Farben. Man kann sagen, die Wärme habe den Frühling hervorgezaubert. Die Farben verblassen beim Erkalten wieder, und der Versuch kann oftmals wiederholt werden. Sehr hübsch macht sich ein so vorbereiteter Ofenschirm, der bei der Erwärmung vor dem Kamin bunte Blumen erscheinen läßt.

Eine Rose, deren Farbe sich mit dem Wetter ändert. Eine künstliche Rose wird mit Chlorkobaltlösung getränkt und in einer Vase an einen Ort gestellt, an dem sie dem Wechsel der Witterung ausgesetzt ist, ohne jedoch vom Regen getroffen zu werden. Es zeigt sich dann, daß die Farbe des Chlorkobalts nicht nur, wie wir oben gesehen haben, von der Wärme, sondern auch von der Feuchtigkeit abhängig ist. Hält sich die Luft eine Zeitlang feucht,

so ist die Farbe der Blume ein schmutziges Graurot. Wird das Wetter jedoch warm und trocken, so geht diese Farbe in Hellrot oder Blaurot über. Nichts ist aber verkehrter, als die Rose für eine Wetterprophetin zu halten, wofür sie von den Händlern des öfteren ausgegeben wird. Denn sie zeigt an, wie das Wetter ist, nicht wie es wird, und hinkt meistens noch mit ihrer Ansage nicht unbeträchtlich hinter diesem her, so daß man an ihr mit Sicherheit nur feststellen kann, wie das Wetter war. Sehr schön ist es, neben dieser Wetterrose auch noch eine leuchtende Rose zu besitzen. Diese Erscheinung gehört zwar genau genommen in das Gebiet der Optik, mag jedoch, da die Gelegenheit sich eben so bietet, an dieser Stelle mit wenigen Worten beschrieben sein.

Es gibt einige Stoffe, die die Eigenschaft haben, infolge eines chemischen Prozesses im Dunkeln zu leuchten, eine Erscheinung, die man nach dem Phosphor, der sie ebenfalls zeigt, „Phosphoreszenz“ genannt hat. In faulem Holz, vielleicht auch an faulen Fischen ist sie unseren Lesern wohlbekannt. Man faßt den Begriff noch etwas weiter und nennt auch solche Körper phosphoreszierend, die nur nach vorangegangener Bestrahlung im Dunkeln ein eigenes Licht ausstrahlen. Der Hauptsache nach sind es die Verbindungen des Schwefels mit dem Calcium, welche diese Eigenschaften aufweisen. Es würde jedoch zu weit führen, unsere Leser mit der Herstellung des Schwefelcalciums aus Austernschalen und Schwefelpulver bekannt zu machen, besonders da man jetzt diese Verbindung unter dem Namen „Balmainsche Leuchtfarbe“ in den größeren Drogenhandlungen oder Apotheken für wenig Geld bekommen kann. Sie ist ein gelblich weißes, etwas faseriges Pulver, das man vor dem Gebrauch durchsiebt und mit etwas Leimwasser angerührt auf die Blätter der künstlichen Rose in nicht zu dicker Schicht aufträgt. Hält man die Blume kurze Zeit in helles Tageslicht oder läßt sie besser noch von der Sonne bestrahlen, so leuchtet sie im Dunkeln mit bläulichem, geheimnisvollem Schein. Die Lichtwirkung läßt zwar bald nach, bleibt jedoch dem ausgeruhten Auge eine ganze Nacht hindurch erkennbar.

Beide Rosen, miteinander in einem Glase vereinigt, stellen

einen ebenso lehrreichen, wie schönen physikalischen Apparat dar, in dem sich die Einwirkung der Wärme sowohl wie des Lichtes auf gewisse chemische Substanzen wundervoll demonstrieren läßt.

Die Zauberschachtel. Der niedliche Versuch beruht auf der uns schon bekannten Einwirkung der Schwefelleberausdünstungen auf Bleizucker. Man schreibt auf eine Anzahl Blätter eine Anzahl Fragen mit Tinte und darunter die Antwort mit verdünnter Bleizuckerlösung. Da diese unsichtbar ist, wird man auf dem Zettel nur die Frage erblicken. Man bittet nun irgend jemand, zu sagen, auf welche Frage er eine Antwort wünsche, und läßt dann das betreffende Zettelchen in eine scheinbar leere Pappschachtel legen, in der sich jedoch eine Spur von Schwefelleber befindet. Die Ausdünstungen derselben genügen, um den Bleizucker zu verändern und schon nach kurzer Zeit eine deutliche Schrift, die Antwort auf die gestellte Frage, hervorzubringen.

Statt der Schachtel kann man auch ein Buch verwenden, zwischen dessen Blätter man den Zettel legt und von dem man eine Seite mit Schwefelleber getränkt hat; man kann auch den Zuschauer die Schrift unsichtbar — scheinbar mit Wasser — ausführen lassen und sie dann in der Schachtel oder dem Buch zum Vorschein bringen u. s. w., unserer Erfindungsgabe sind dabei keinerlei Schranken gesteckt.

Die erratene Karte. Dasselbe chemische Experiment läßt sich z. B. in folgende Form kleiden. Man legt vier Karten auf den Tisch und behauptet, man wolle vorher auf ein Blatt Papier schreiben, welche Karte dieser oder jener aus der Gesellschaft ziehen würde. Dies geht dann fast noch über die Kunst des Gedankenlesens. Man hat jedoch vorher die Namen aller vier Karten mit Bleizuckerlösung auf vier verschiedene Stellen eines Blattes Papier geschrieben, das man als völlig leer und unbeschrieben herumzeigt und darauf in ein Couvert einriegelt. Es wird nicht schwer sein, sich an dem Stande des Siegels zu merken, an welchen Ecken des Couverts die vier verschiedenen Namen stehen. Das verschlossene Couvert wird einem Zuschauer übergeben und er aufgefordert, eine der Karten auszuwählen. Währenddessen taucht

man den Zeigefinger der rechten Hand in eine Auflösung von Schwefelleber, jedoch so, daß er nicht mehr naß ist, wenn man das versiegelte Couvert wieder ansaßt, welches man sich unter dem Vorwande, nachzusehen, ob das Siegel unverletzt sei, zurück erbittet. Man nimmt es in die linke Hand, betrachtet es genau und führt sich ins Gedächtnis zurück, an welchen Stellen die Namen der Karten stehen, und faßt alsdann das Couvert mit dem Daumen und Zeigefinger der rechten Hand genau an der Stelle, an welcher der Name der bezeichneten Karte steht. Man wird einen Vorwand finden, unter welchem man die Übergabe des Couverts noch einige Augenblicke verzögern kann. Während dessen wirkt die Schwefelleber durch das Papier auf die Bleizuderschrift ein, und der Name der gezogenen Karte erscheint nach Eröffnung des Couverts deutlich lesbar auf dem Papierblatt. Die Schrift wird um so dunkler, je länger man das Couvert in der Hand behalten kann. Es ist leicht einzusehen, wie mannigfaltig man auch diesen Scherz noch abändern kann, ohne daß es einem der Chemie Unkundigen möglich sein wird, den Zusammenhang der Sache zu erkennen.

Eine Karte in die andere zu verwandeln. Zu diesem Scherz wird die Verkohlung des Papiers bei Erhitzung unter dem Einfluß der Schwefelsäure benutzt.

Man übermalt das rote Herz einer Coeur=As-Karte mit verdünnter Schwefelsäure und setzt einen kleinen Stiel daran, wie ihn die Pique-Karten haben. Die Zeichnung ist unsichtbar, kann aber entweder durch Erhitzung über der Lampe oder auch auf folgende Weise hervorgerufen werden. Um zu zeigen, daß eine Auswechslung der Karte während des Experimentes unmöglich ist, schließt man sie in ein Couvert ein und siegelt es zu. Man richtet es dabei so ein, daß der Siegellack über die Zeichnung kommt, und läßt ihn möglichst lange auf dem Papier brennen. Nach Eröffnung des Couverts ist dann in der That aus dem roten Coeur=As ein schwarzes Pique=As geworden.

Leuchtende Schrift an der Wand. Zu diesem Experiment ist — leider — Phosphor nötig, auf dessen Gefährlichkeit bereits

mehrfach hingewiesen wurde. Wir werden daher auch nur der Vollständigkeit wegen den Versuch beschreiben, ohne unseren Lesern die Ausführung zu empfehlen. Der Phosphor verbindet sich an der Luft lebhaft mit Sauerstoff, brennt zwar gerade nicht mit einer Flamme, zeigt doch aber im Dunkeln ein eigentümlich dunstiges, unruhiges Leuchten. Man erhält ihn in kleinen Stängelchen und schreibt mit einem solchen Schriftzüge auf die Wand oder ein Pappstück, welche im Finstern lebhaft leuchten und flackern, während die sich bildende Verbindung von Phosphor und Sauerstoff gleich einem Rauch über der Schrift hin und her schwankt. Nach kurzer Zeit erlischt das Licht, da die Sauerstoffverbindung sich auf dem Phosphor festsetzt und den weiteren Zutritt der Luft verhindert. Man beeile sich daher mit dem Experiment, oder man irische vorübergehend die Erscheinung dadurch auf, daß man mit einem nassen Lappen über die Schrift fährt und die Oxydschicht entfernt. Brandwunden mit Phosphor sind furchtbar, man umwickele daher beim Schreiben das Phosphorstück mit einem nassen Lappen und werfe es dann sogleich in die mit Wasser gefüllte Aufbewahrungsflasche.

Sicherer ist es schon, die Schrift mit Balmainscher Leuchtfarbe (s. oben) auf Pappe zu malen und mit Sonnenlicht oder, kurz vor dem Versuch, mit einem brennenden Stück Magnesiundraht zu bestrahlen. Auch so erhält man ein sehr brauchbares „Mene, mene, tekell upharsin“, womit jedoch nicht gesagt sein soll, daß der Prophet Daniel sich gerade eines dieser beiden Mittel bedient habe.

Bunt leuchtende Flammen. Eine gewöhnliche Spiritusflamme brennt fast lichtlos, da in ihr feste glühende Teilchen oder die glühenden Gase irgend eines verdampfenden Körpers fehlen. Je nach der Natur des in der Flamme zur Verbrennung oder Verdampfung gelangenden Körpers ändert sich ihre Färbung. Es ist erstaunlich, wie wenig Substanz oft dazu gehört. In der Luft ist stets in minimalen Mengen Kochsalz enthalten, es haftet auf allen Gegenständen, an allen Stäubchen. Die Weingeistflamme

färbt es gelb. Es genügt, in der Nähe derselben einmal auf den Armel zu schlagen oder ein Buch zuzuklappen, um sie sofort gelb werden zu sehen. Die Gelbfärbung der Glasbläserflamme rührt ebenfalls von dem Natriumgehalt des Glases her.

Um bunte Flammen längere Zeit zu unterhalten, verfährt man stets nach demselben Rezept. Man löst eine der unten angegebenen Substanzen in Wasser auf, tränkt damit den Docht einer Spirituslampe und läßt ihn vor der Benutzung gehörig trocken werden, oder man reibt mit den Salzen einen Wattebausch gut ein, hängt ihn an einem Draht auf, beseuchtet ihn mit Spiritus und steckt ihn an. Wenn man die Watte nicht erst verkohlen läßt, so kann man dasselbe Präparat mehrere Male benutzen. Alle diese Flammenercheinungen eignen sich vorzüglich zur Untersuchung mit dem Spektroskop, da jede von ihnen ein charakteristisches Spektrum zeigt (vergl. Seite 313). Die Kochsalzbeleuchtung ist auf Menschengesichtern in diesem Maßstabe von wahrhaft scheußlicher Wirkung, da sie, wie schon früher erwähnt, alles Rot schwärzlich erscheinen läßt und die Haut wie im Zustande der Verwesung zeigt.

Geeignete Salze zum Imprägnieren der Dochte sind:

Salpetersaurer Strontian (rote Flamme).

Kochsalz (Chlornatrium) (gelbe Flamme).

Salpetersaures Kupferoxyd oder Jodkupfer (grüne Flamme).

Pottasche (violette Farbe).

Dunkelgelb erhält man durch eine Auflösung von Eisensalmiak, Dunkelgrün durch eine Auflösung von gleichen Teilen Kupfervitriol und Salmiak in Weingeist.

Blau kann man durch Einreiben des Dochtes mit Kali oder wasserfreiem Alaun erhalten, doch ist die Farbe nicht sehr ausgeprägt. Violett erhält man auch durch Ammoniak.

Bengalische Flammen nennt man intensiv leuchtende Flammen, denen durch eine oder mehrere der eben genannten Substanzen eine ausgesprochene Färbung gegeben ist. Die Gesamtheit der dazu erforderlichen Chemikalien nennt man den „Satz“. Die

Flammen dienen bei Feuerwerken zur effektvollen Beleuchtung mehr oder weniger ausgedehnter Gegenstände, Häuser, Baumgruppen, Springbrunnen u. s. w. Man ordnet, wenn irgend möglich, die Flamme stets so an, daß sie selbst dem Beschauer verborgen bleibt. Die bengalischen Feuer brennen meist mit einer Lichtstärke von mehreren tausend Kerzen.

Bezüglich ihrer Herstellung kann man von zwei verschiedenen Arten sprechen. Die erste Art enthält die Bestandteile locker als Pulver aufgeschüttet und brennt frei auf einer geeigneten Unterlage. Sie eignet sich vornehmlich für kurze, aber sehr intensive Beleuchtungen. Die andere zeigt den „Satz“ in enge Papierhülsen eingeschlossen, so daß immer nur ein kleiner Teil desselben brennt. Diese sogenannten „Lichter“ brennen sparsamer, wirken aber auch nicht so intensiv.

Von vornherein mag bemerkt sein, daß wirklich effektvolle Flammen nur die roten und grünen und allenfalls noch die weißen sind. Gelb und Blau sind wenig ausgesprochen.

Weiße Feuer.

Salpeter	18 Teile
Schwefel	10 "
Schwefelantimon . .	3 "
Gebannter Kalk . .	4 "

Sämtliche Bestandteile werden — und das gilt auch für alle übrigen Rezepte — bei sehr mäßiger Wärme auf einem Papier getrocknet und sorgfältig gepulvert. In diesem Zustande lassen sie sich in wohlverschlossenen Flaschen aufbewahren. Die Mischung muß gewissenhaft und äußerst vorsichtig geschehen, besonders, wenn chlorsaures Kali zu den Ingredienzien gehört, und erfolgt am besten mit einem Hölzchen auf einem Pappstück. Die Substanzen sollen locker durcheinanderfallen. Druck darf zum Zerkleinern keinesfalls angewendet werden. Der Kalk muß ungelöscht sein und wird, da er mit Begierde aus der Luft Wasser anzieht, den anderen Bestandteilen erst kurz vor dem Gebrauch zugesetzt. Den Schwefel nimmt man sublimiert, d. h. in Gestalt der bekannten Schwefelblumen.

Rotfeuer. Hierfür gibt es sehr viele Rezepte, die gute Resultate liefern, die meisten von ihnen fordern jedoch chlorsaures Kali als Bestandteil und sind wegen der Gefährlichkeit des Stoffes — er explodiert in Gemeinschaft mit den anderen Körpern beim Stoß — weniger zu empfehlen.

Mehlpulver, d. h. fein zerriebenes Jagdpulver	1 Teil
Schwefelblüte	1 "
Salpetersaurer Strontian	13 Teile

Man kann sich merken, daß ein Gemenge von 4 Teilen chlorsaurem Kali und 1 Teil Schwefelblüte eine gute Unterlage für alle möglichen Buntfeuer gibt, man hat ihm nur mehr oder weniger von den Salzen hinzuzufügen, welche auch die Weingeistflamme färben. Um ein sattes Purpurrot zu erhalten, genügt es, auf 8 Teile des genannten Gemenges 2 bis 3 Teile fein pulverisierter Schlammkreide hinzuzusetzen. Ein Zusatz von 3 Teilen wasserfreiem kohlensaurem Natron färbt die Flamme gelb. Zusatz von Mehlpulver beschleunigt die Verbrennung in allen Fällen.

Durch große Lichtstärke zeichnet sich folgender Satz aus:

Chlorsaures Kali	4 Teile
Schwefelblüte	5 "
Schwefelantimon	2 "
Feine Kohle	1 "
Salpetersaurer Strontian	20 "

Grünfeuer sind im allgemeinen nur dann satt in der Farbe und intensiv, wenn sie nicht nur chlorsaures Kali, sondern auch das giftige Kalomel enthalten. Das Kalomel-Rezept lassen wir ganz beiseite und geben nur ein solches für Chlorkali-Zusatz.

Chlorsaures Kali	5 Teile
Schwefelblüte	4 "
Salpetersaurer Baryt	12 "

Des chlorsauren Kalis kann man entbehren, wenn man statt des salpetersauren Baryts chlorsauren Baryt verwendet.

Chlorsaurer Baryt	3 Teile
Schwefelblüte	1 Teil

Mit dieser Vereinfachung ist allerdings wenig gewonnen, da die Mischung leider leicht selbstentzündlich ist.

Vollkommen ungefährlich, aber auch nicht so schön, ist folgender Satz:

Chlorsaurer Baryt	3 Teile
Milchzucker	1 Teil

Für das Abbrennen der Buntfeuer ist Folgendes zu merken. Die Sätze verbrennen unter Bildung einer weißlich-grauen Schlacke, welche bald das Feuer zudeckt oder es doch in der Leuchtstärke wesentlich herabmindert. Es ist daher unzweckmäßig, den Satz in Laffen, Blumentöpfen u. s. w., kurz in tiefen Gefäßen abzubrennen, besonders, wenn die Beleuchtung längere Zeit währen soll. Man legt dann am besten mehrere trockene Ziegelsteine nebeneinander und schüttet das Pulver in einem breiten, zusammenhängenden Streifen auf, den man an der einen Seite entzündet.

Die in Hülsen brennenden Sätze (sogenannte Lichter) unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung meist etwas von den anderen.

Weißes Licht.

Salpeter	4 Teile
Schwefelblumen	2 "

Rotes Licht.

Chlorsaures Kali	8 Teile
Salpetersaurer Strontian	12 "
Stearin (geschabt)	2 "
Milchzucker	1 Teil

Grünes Licht.

Chlorsaures Kali	2 Teile
Salpetersaurer Baryt	1 Teil
Milchzucker	1 "

Die letzten beiden Lichtersätze zeichnen sich durch ihre geringe Rauchentwicklung aus und sind daher auch im Zimmer verwendbar. Alle Bestandteile müssen gut getrocknet und zerkleinert sein.

Was die Anfertigung der Lichter anbelangt, so denke man daran, daß die Hülse mit herabbrennen muß. Man verfertigt daher eine 3 cm im Durchmesser haltende Hülse aus starkem Schreibpapier (nicht aus Pappe), schnürt sie unten fest mit einem Bindfaden ab und füllt den Saß ein, ihn von Zeit zu Zeit mit einem passend geformten Holzstempel feststopfend. Ist die Hülse lang, so knickt sie leicht bei dieser Arbeit um, und man tut dann gut daran, sie während der Füllung in eine genau passende stärkere Papphülse zu stecken und dann aus dieser herausfallen zu lassen. Starke Schläge mit dem Holzstempel sind zu vermeiden, ja, bei der Anwesenheit von chlorsaurem Kali geradezu gefährlich. Feuchtet man jedoch den Saß vorher mäßig mit Wasser an, so ist nichts zu befürchten, man kann ihn dann sehr fest treiben und erhält ein sparsamer brennendes Licht. Sollen die Lichter im Freien brennen, so steckt man sie im Erdboden fest.

Der Feuerwerker bedient sich der bengalischen Flammen meist zum Schluß seiner Darbietung. Die anderen Feuerwerkskörper — Raketen, Sterne, Räder — bestehen meist aus Pulver unter Beimischung von chemischen Substanzen, die den Abbrand zugleich verzögern und bunt erscheinen lassen. Fast jeder Techniker hat dabei besondere Rezepte und irgend ein Geheimnis. Der schöne Goldregen wird durch eine Beimischung von Eisenpulver zum Schießpulversaß erzeugt.

Das Pulvermännchen. Einen recht netten Sprühregen kann man auf folgende Weise erhalten. Gewöhnliches Jagdpulver wird in einer Untertasse mit so viel Wasser angerührt, daß eine breiige Masse entsteht. Aus diesem Brei formt man dann, in der Gestalt einer Räucherkerze, einen kleinen Kegel (von etwa 6 bis 8 cm Höhe), in den man oben ein Stück Schwamm steckt. Nach etwa 10 bis 12 Stunden ist das „Pulvermännchen“ so weit trocken, daß man das Experiment im Freien machen kann. Man setzt das Pulvermännchen auf einen Ziegelstein, entzündet die Lunte und entfernt sich der Sicherheit wegen um einige Meter. Es dauert eine gute Weile, bis die Lunte bis zum Pulver herab-

gebrannt ist, und beim Warten erscheint die Zeit doppelt lang. Man werde aber nicht ungeduldig und sehe nicht nach, ob die Bunte noch brennt, denn gerade in diesem Augenblick könnte das Feuerwerk losgehen, welches in einer prachtvollen, oft 2 bis 3 m hohen, Funkengarbe besteht. Die Pulverkörner liegen nämlich so fest aufeinander und enthalten noch so viel Feuchtigkeit, daß sie nicht im Augenblick verpuffen, sondern in der beschriebenen Weise versprühen.

Buntes Kaminfeuer. Ein ganz niedlicher und völlig ungefährlicher Scherz läßt sich folgendermaßen ausführen. Er bietet allerdings nichts Neues, ist aber immerhin eine unterhaltende Anwendung dessen, was wir früher über die gefärbten Flammen gesagt haben.

Mit der Ausbreitung der Zentralheizungssysteme verschwinden leider die gemüthlichen Kamine mehr und mehr und wo sie noch vorhanden sind, werden sie nur noch selten benutzt. Man brennt gewöhnlich Holzloben in den Kaminen und die langen, hoch-ausschlagenden Flammen eignen sich zur Färbung ungemein. Trockene Kupfersalze in die Flamme geworfen, erfüllen meist schon den Zweck und färben die Flamme grün, nur läßt das oft auftretende knisternde Geräusch auf eine von außen hinzugekommene Ursache schließen, was ja allerdings nur dann schadet, wenn man aus dem Experiment ein Kunststück machen will. Besser löst man zwei Teile (weißes burgundisches) Pech auf und setzt diesem je einen Teil Salmiak und Grünspan (giftig!) hinzu. Die letzteren Substanzen müssen zu einem zarten Pulver zerrieben sein. Nach dem Erkalten zerschlägt man die Masse grob in Stücke und wirft eines derselben unbemerkt in das Feuer. Die Grünfärbung hält so lange an, bis das Pech verzehrt ist und kann dann durch Zusatz eines neuen Stückchens wieder hervorgerufen werden.

Künstliche Nebel aus Salmiak. Schon früher — gelegentlich der Versuche über die Verfärbung von Lackmuskintur — haben unsere Leser etwas über Säuren und Basen gehört und

dabei auch erfahren, daß sie sich, in ihrer Wirkung auf dritte Körper, gegenseitig störend in den Weg treten. Allemal wenn eine Säure (Schwefel-, Salz-, Salpetersäure u. s. w.) mit einer Basis (Ammoniak, Kali, Natron u. s. w.) zusammenkommt, so bildet sich ein neuer Körper — ein sogenanntes Salz. Man kann den Vorgang der Salzbildung vortrefflich durch folgendes Experiment darstellen.

Zwei Flaschen (Fig. 155) werden miteinander in der angedeuteten Weise durch Glasröhren und Gummischläuche verbunden. Durch Blasen kann man die Luft von der einen Flasche nach der anderen herüber und durch ein kleines, aufrecht stehendes Glasröhrchen austreiben. Der Boden der einen Flasche wird mit Salzsäure, der der anderen mit Ammoniakflüssigkeit bedeckt, doch dürfen die Flüssigkeiten nicht bis an die Röhren heranreichen. Es kommt überhaupt wenig auf ihre Menge an und man erhält fast dasselbe Resultat, wenn man die Flaschen nur mit den genannten Chemikalien ausschwenkt.



Fig. 155. Salmiaknebel.

Da die Flüssigkeiten verdunsten, so füllt sich die eine Flasche mit Säure-, die andere mit Ammoniakdämpfen an, welche jedoch dem Auge völlig unsichtbar bleiben. Bläst man dann in die eine Flasche, so tritt Säuredampf zu den Ammoniakdämpfen über und es entsteht ein dicker Nebel, der wie ein Dampfstrahl aus dem Abflußrohre entweicht. Er besteht aus Millionen winziger Salmiakkristalle, einem Salz also, das sich aus der Vereinigung von

Säure und Basis gebildet hat. Dieses Salz hat weder die Eigenschaften der Säure, noch die der Basis, es ist, wie man sagt, neutral und auf seiner Bildung beruht auch die Vernichtung von Säureflecken (insbesondere Schwefelsäureflecken) auf Kleidungsstücken durch Betupsen mit Ammoniakflüssigkeit.

Künstlicher Nebel im Zimmer. Man kann auf die eben beschriebene Art ein ganzes Zimmer mit Nebel anfüllen, wenn man Salzsäure und Ammoniakflüssigkeit in Schalen auf dem Ofen zur Verdunstung bringt. Noch wirksamer ist es, erst eine Zeitlang Salzsäure verdunsten zu lassen und dann die Ammoniakflüssigkeit auf den Boden zu sprengen. Selbstredend wird man sich für diese Versuche nicht gerade das beste Zimmer aussuchen.

Kristallzücherei. Ob ein Körper sich im gasförmigen, flüssigen oder festen Zustande befinden soll, darüber entscheidet der Druck, welcher auf ihm lastet, und die Temperatur. Die Temperatur hat dabei das erste und letzte Wort, sie ist allmächtig und unsere Leser kennen ja im besondern recht genau ihren gewaltigen Einfluß auf den verbreitetsten aller Körper, das Wasser. Wie dem Wasser, so ergeht es auch den anderen Körpern, sie treten, ganz nach Gefallen der Temperatur, als fest, flüssig oder gasförmig auf und von Glück können wir sagen, daß sie nicht ihre Umwandlung alle bei derselben Temperatur vornehmen, denn sonst würden wir je nachdem nur in einer festen, flüssigen oder gasförmigen Welt wandeln. So jedoch begegnen wir Vertretern aller drei Zustände zu gleicher Zeit.

Es kann wohl kaum einen rätselvolleren Vorgang geben, als die Verwandlung eines flüssigen Körpers in einen festen. Mit sinkender Temperatur beginnen sich ungezählte Milliarden winziger Kräfte zu regen. Sie machen sich an den Flüssigkeitsteilchen zu schaffen und plötzlich wird aus diesen etwas Festes. Die Teilchen sind zueinander in innigere Verbindung getreten und können sich nicht mehr beliebig aneinander verschieben, wie diejenigen der Flüssigkeit.

Läßt man der Flüssigkeit durch langsame Abkühlung Zeit zur Umwandlung, so können die Kräfte gleichsam bei der Arbeit beobachtet werden. Man könnte ihre Tätigkeit allenfalls mit derjenigen der Bienen vergleichen, welche aus flüssigem Wachs ihre kunstvollen Zellen aufbauen, wenn sie nicht ungleich komplizierter und vollendeter wäre. So plump entfaltet sie sich doch nicht. An irgend einer Stelle schießt plötzlich ein winziges Nadelchen hervor, dehnt sich und wächst, ein zweites, drittes, viertes kommt hinzu, sie reihen sich aneinander an oder schließen sich zu Gruppen von mathematischer Symmetrie zusammen, sie schmücken sich vielleicht noch mit federähnlichen Gebilden, so fein und zart, daß nichts ihnen an die Seite gestellt werden kann. Das mit der Lupe bewaffnete Auge wird nicht müde, diesem Vorgange der „Kristallisation“ zuzusehen. Immer neue Kristalle gesellen sich zu den alten, sie erfüllen schließlich allen nur verfügbaren Raum und die Umwandlung des flüssigen in den festen Körper ist vollendet. So etwa geschieht es beim Wasser und viel anders ist der Vorgang auch nicht, wenn es sich um die Ausscheidung eines festen Körpers aus einer Lösung handelt. Hier ist er sogar besser zu beobachten, da die Kristallisation stets bei Zimmertemperatur vor sich gehen kann. Nur eines wird man sogleich bemerken und das ist eigentlich das Wunderbarste an der ganzen Sache und einstweilen für uns ein völliges Rätsel: Kein Körper kristallisiert wie der andere, jeder hat seine besondere ihm ganz und gar eigentümliche Form und es ist fast, als ob schon das Flüssigkeitsströpfchen durch irgend welche Besonderheit, die sich unserem Blick völlig entzieht, die Bestimmung in sich trüge, so und nicht anders fest zu werden und zu wachsen. Oder sollte der Kristall erst in dem Augenblicke seiner Geburt einem Gesetze unterworfen werden, das von Körper zu Körper wechselt, für denselben Körper aber unveränderlich ist? Man hat begreiflicher Weise allen erdenklichen Scharfsinn aufgeboten, um diese Frage zu lösen, und ist einer kristallisierenden Flüssigkeit mit den stärksten Mikroskopen zu Leibe gegangen, man hat sogar die Photographie zu Hilfe gerufen. Bis jetzt ganz ohne Glück. Denn das erste noch so winzige Kriställchen ist da, ehe man

sich's verzieht, ganz vollendet, tabellos und offenbar schon eine vollkommeneren Stufe seiner Entwicklung darstellend. Vielleicht wird nie ein menschliches Auge einen Kristall in statu nascendi — im Augenblick der Erschaffung — erschauen.

Wollen sich unsere Leser mit der Kristallzüchtereie befassen — und wir können es ihnen nur empfehlen — so mögen sie zunächst einen ebenso belehrenden wie einfachen Vorversuch machen. Sie lösen in einem Einmacheglas voll lauwarmen Wassers, das sie durch Zugießen von kochendem Wasser möglichst eine Zeitlang auf derselben Temperatur halten, etwa eine Handvoll blauer Kupfervitriolkristalle. Sie werden sich voraussichtlich völlig lösen. Man setzt dann in diesem Falle vorsichtig noch einige Kristalle hinzu, bis sie unberührt liegen bleiben und eine Lösung weiter nicht eintritt. In diesem Zustande ist die Flüssigkeit, wie man sagt, „gesättigt“, aber nur für diese bestimmte Temperatur. Denn erhöht man die Lösung, so verschwinden auch noch die übrig gebliebenen Kristalle, kühlt man sie ab, so gesellen sich zu ihnen aus der Lösung neue hinzu. Daraus geht denn auch hervor, daß eine Lösung unter den Sättigungspunkt abgekühlt werden muß, um Kristalle abzugeben. Je nach der Höhe der Sättigungstemperatur und dem Maß der Abkühlung ist der Charakter der Kristallabscheidung ein recht verschiedener. Drei Hauptfälle sind hierbei zu unterscheiden:

1. Die Lösung setzt auch nach völliger Abkühlung auf die Zimmertemperatur keine Kristalle ab. Es waren so wenig Kristalle in ihr aufgelöst, daß sie auch nach der Abkühlung noch ungesättigt ist.
2. Es bilden sich, langsam, schön ausgewachsene Kristalle einzeln oder in Gruppen. Die Lösung ist bei Zimmertemperatur gesättigt, aber nicht übermäßig, so daß der Vorgang der Ausscheidung ein ruhiger ist.
3. Schon während des Erhaltens zeigen sich Kristalle und schießen zu ungeordneten Haufen zusammen. Die Lösung war bei hoher Temperatur gesättigt und ist daher gezwungen, ihren Gehalt zu hastig abzugeben.

Man hat es daher in der Hand, die Formation der Kristalle zu beeinflussen und wird jedenfalls anders verfahren, wenn man überhaupt nur Kristallisation erzielen will, als wenn es sich darum handelt, schöne Einzelkristalle oder Gruppen zu erhalten. In letzterem Falle wird man stets so die besten Resultate erhalten, wie wir es, um ein Beispiel herauszuwählen, an dem Maun beschreiben wollen. Die Regel gilt aber für alle anderen Körper ebenso gut.

Der Maun (in Stücken oder pulverisiert in allen Drogenhandlungen käuflich) ist, wie kaum ein anderer Körper, zur Kristallisation geeignet und liefert niemals einen Mißerfolg. Man löst ihn in warmem Wasser auf und zwar in solcher Menge, daß eine gesättigte Lösung entsteht. Aus dieser werden sich am anderen Tage eine große Anzahl nicht übermäßig schöner Kristalle abgeschieden haben. Die über ihnen stehende gebliebene Flüssigkeit — als „Mutterlauge“ bezeichnet — ist dann offenbar für Zimmertemperatur gesättigt und fähig, Kristalle abzusetzen, falls sie weiter abgekühlt wird oder verdunstet. Jedenfalls kann aus ihr die Kristallbildung nicht mehr stürmisch und regellos vor sich gehen.

Man verwendet daher erst die Mutterlauge zur eigentlichen Kristallzüchtung, gießt sie in ein besonderes, nicht zu kleines, Glasgefäß ab und kocht sie noch etwas ein, wenn sich größere Kristallgruppen bilden sollen, oder überläßt sie nur der Verdunstung an einem mäßig warmen, staubfreien Orte, wenn es sich um Einzelzüchtung handelt. Nach einigen Tagen werden sich einige Kristalle am Boden des Gefäßes zeigen und bald eine solche Größe erreicht haben, daß man deutlich ihren scharfkantigen, wunderbar exakten Bau bemerken kann. Den schönsten von ihnen wählt man aus und bringt ihn, während die anderen ruhig weiter wachsen und sich bald in Gruppen zusammenschließen, zur Einzelzucht in neue Mutterlauge. Dort wendet man ihn täglich auf eine andere Seite und hat bald die Freude, einen sehr großen, vollkommen regelmäßigen Kristall zu erhalten. Das Gefäß mit der Mutterlauge darf während der Kristallisation unter keinen Umständen erschüttert werden.

Der Chromalaun kristallisiert in demselben System, doch sind seine Kristalle prachtvoll violett gefärbt. Die große Verwandtschaft der Körper erlaubt auch, den Chromalaunkristall in gewöhnlicher Alaunmutterlauge weiter zu züchten, wo er sich mit einer farblosen Schicht umgibt. Man kann so einen violetten von einem wasserklaren Kristall eingeschlossen erhalten.

Nächst den Alaunen eignen sich noch das klee-saure Ammoniak, Soda, Salpeter, doppeltchromsaures Kali und Kupfervitriol zu Kristallisationsversuchen, doch gibt keiner der genannten Stoffe die Kristalle so schön und leicht her, wie der Alaun.

Interessant ist, daß auch der Kristall, wie der sich aus der Luft niederschlagende Wassertropfen, eines Gegenstandes bedarf, um sich festzuhalten. Raue Körper befördern die Ausscheidung un-gemein, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man gleichzeitig einen Wollfaden und einen Glasstab in die Mutter-lauge legt. Die Kristalle werden sich vorzugsweise an ersterem absetzen.

Körbchen und andere Gegenstände aus Alaunkristallen.

Jrgend welchen Gegenständen aus Draht kann man durch Einhängen in eine Alaunlösung einen reizenden Schmuck von Kristallen geben. Sollte ihre Oberfläche an sich noch nicht rauh genug sein, so um-wickelt man die Drähte mit roten oder blauen Wollfäden, deren Farbe dann später durch den Kristallbesatz hindurchschimmert. Es ist erstaunlich, wie regelmäßig sich die Kristalle abscheiden. Hängt man den Gegenstand des Abends in eine heiß gesättigte Lösung, so kann man am nächsten Morgen schon einen genügend starken Überzug erwarten, doch fallen die Kristalle um so schöner aus, je langsamer der Prozeß vor sich geht. Der Verfasser hat die besten Resultate erzielt, wenn er der abgegossenen und nur wenig erwärmten Mutterlauge noch etwas Alaun zusetzte und sie dann mit dem zu verzierenden Gegenstände in einem irdenen Ge-fäß einige Tage lang unberührt stehen ließ. Selbstverständlich kann man auch hier zunächst einen Überzug von Chromalaun geben. Die so mit Kristallen übersäteten Gegenstände bieten einen

allerliebsten Anblick, und es ist nur zu bedauern, daß Staub und Feuchtigkeit ihnen sobald den funkelnden Glanz nehmen.

Leuchtende Kristallisation. Einige Körper haben die Eigenschaft, bei ihrer Kristallisation zu leuchten, doch eignen sie sich wegen ihres zum Teil giftigen Verhaltens, mit Ausnahme des schwefelsauren Kalis, nicht zu Versuchen für unsere Leser.

Die Chemikalien zu dem Experiment, Pottasche und schwefelsaures Kali, müssen durchaus rein sein. Man löst von beiden eine reichliche Menge in Wasser auf, filtriert die Pottaschelösung und setzt von ihr der Kalilösung unter Umrühren so lange vorsichtig etwas hinzu, bis kein Aufbrausen mehr stattfindet. Diese Mischung wird wiederum filtriert und auf dem Herd so lange eingekocht, bis ein in sie getauchter Glasstab nach dem Erkalten Kristalle zeigt. Darauf läßt man die Lösung in einer offenen Schale möglichst langsam erkalten und beobachtet dann beim Auskristallisieren ein lebhaftes, blitzähnliches Leuchten, das jedoch nur im Dunkeln dem gut ausgeruhten Auge sichtbar ist.

Die Erklärung des Phänomens bereitet Schwierigkeiten. Sehr wahrscheinlich handelt es sich um elektrische Entladung bei der Reibung der Kristalle untereinander. Einmal kristallisiertes schwefelsaures Kali leuchtet nach der Auflösung nicht wieder.

Einen Bleistift an der Asche eines verbrannten Zwirnsfadens aufzuhängen. Von einem Garnröllchen reißt man ein fußlanges Stück Zwirn ab und hängt damit einen leichten Notizbleistift oder sonst einen passenden Gegenstand gleichen Gewichtes an dem Kronleuchter auf. Darauf bittet man eine der anwesenden Personen, den Faden mit einem Streichholz zu entzünden, doch so, daß der Gegenstand an der Asche hängen bleibt. Es käme nur auf ruhige Überlegung und eine sichere Hand an. Nachdem jeder erst an der Möglichkeit der Ausführung überhaupt gezweifelt hat, wird sich doch der eine oder andere an das Experiment heranzuwagen. Aber mit negativem Erfolg. Denn sobald die Flamme den Faden berührt, fällt der Gegenstand herab. Erst nachdem

noch einige sich mit dem Experiment abgequält haben, stellt man es selbst an. Und wirklich, der Faden verbrennt zwar lichterloh, aber der Gegenstand bleibt frei an der Asche hängen. Allgemeines Erstaunen. Und doch ist die Sache so überaus einfach. Der eigene Faden war vor dem Versuch mit starker Salzlauge durchtränkt worden und hatte sich infolgedessen nach dem Trocknen mit einer Kruste von winzigen Salzkristallen bedeckt. Dieser Salzpantzer bewahrte die Asche vor dem Zerfall und war im Verein mit ihr stark genug, den Bleistift zu tragen. Um keinerlei Aufmerksamkeit zu erregen, kann man von demselben Garnröllchen für andere so lange verbrauchen, bis man an die vorher imprägnierte Stelle des Fadens kommt. Man fühlt sie deutlich zwischen den Fingern.

Die Pharaosflange. Schon jeder hat einmal einen Milch-, Leim-, oder Saucetropfen auf der heißen Herdplatte sich erheben und fast über Gebühr aufblasen sehen. Ganz besonders auffällig ist diese Erscheinung bei Borax, der mit Wasser zu einem dicken Brei angerührt wird. Offenbar sind es Gase und Dämpfe, welche die, sich durch Verdunstung bildenden, elastischen Häute emporheben. Geradezu erstaunlich, ja im ersten Augenblick fast unbegreiflich, nimmt sich ein ganz ähnlicher Vorgang bei folgendem Versuch aus. Dies Experiment gehört zu den einfachsten und amüsantesten, die man anstellen kann, und mag deshalb den Beschluß unseres Büchleins bilden.

Die Asche einer großen Zigarre wird auf einem Teller zu einem Kegel aufgehäuft und mit drei oder vier der bekannten und fast in jedem Haushalt vorhandenen Emser Pastillen bepflanzt (Fig. 156). Darauf durchtränkt man die Asche gründlich mit Spiritus und zündet sie an. Sie wirkt wie ein Docht, und der Spiritus brennt unter Umständen zwei bis drei Minuten. Die Spannung der Zuschauer steigt auf das Höchste, aber es scheint, als sollte nichts mehr geschehen, denn die Flamme ist dem Verlöschen nahe. Da beginnt plötzlich ein Schauspiel, so unerwartet und ungeheuerlich und dabei auch so lächerlich, daß

alles Ausharren reichlich entschädigt ist. Eine abenteuerliche Schlange, mässig und wüst, arbeitet sich aus dem Aschehaufen heraus, dreht und windet sich drohend empor und fällt schließlich auf den Tisch herab, wo sie weiter kriecht. Oft zeigt sich auch eine zweite und dritte Schlange. Sie stehen in gar keinem Verhältnis zu dem Aschehaufen, der nur wenig abnimmt und aus dem sie doch herkommen, wenn anders sie nicht aus dem Erdboden heraufkriechen, wie es ganz den Anschein hat

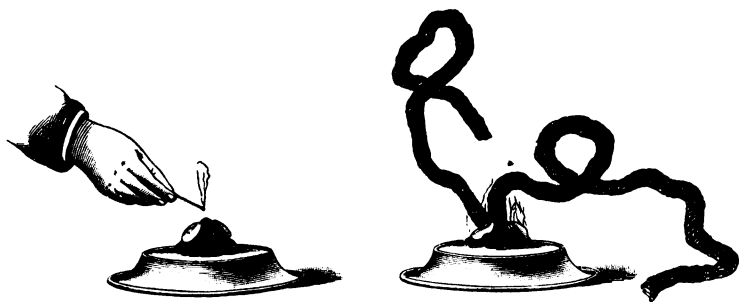


Fig. 156. Die Pharaoschlange.

Das Rätsel erklärt sich sofort, wenn man die Schlange vorsichtig aufnimmt. Sie sieht nur drohend und kompakt aus, ist in Wahrheit aber das lustigste, feinste, ausgeblasenste Schaumgebilde, welches man sich denken kann. Die in ihr enthaltene Asche ist sehr gering und wird notdürftig durch den Zuckerschleim der Emser Pastillen zusammengehalten. Nur das sich reichlich aus den Pastillen entwickelnde Kohlenensäuregas bläst den Schlangenleib auf und hebt ihn empor.

Namen- und Sachregister.

A.

Achse der Erde 41.
— rotierender Körper 38.
Aberhaut des Auges 248.
Adkommodation des Auges 249.
Austische Täuschungen 140.
Alaunkrystalle 537.
Anamorphosen 302.
Aneroidbarometer 48.
Ano-Statu 357.
Anziehungskraft 35.
Apostel 64.
b'Arlandes 49.
Asche, feste 539.
Atmosphäre 46.
Auge 247.
—, künstliches 251.
— der Fische 251.
— des Vogels 251.
Auslader, elektrischer 397.

B.

Ballast des Luftballons 52.
Barometer 57.
Basis 514, 533.
Batterie, elektrische 399, 457.
Bauchredner 151.
Bengalische Flammen 527.
Bestandteile des Lichtes 306.

Blasrohr, elektrisches 406.
Blecharbeiten 12.
Bleibaum 471.
Blitzableiter 411.
Blitzaufnahmen 256.
Blitzröhren 418.
Blitztafel 414.
Blumen, schwebende 298.
Blutegel, künstliche 100.
Brechung des Lichtes 303—310.
Brechungsgesetze 305.
Buchstaben, leuchtende 419, 525.
Bumerang 69.
Bunsenelement 460.
Bunte Flammen 526.

C.

Camera obscura 242.
Charles 49.
Charlière 49, 55.
Chemie 496—541.
Chemische Erhitzung 202.
— Harmonika 172.
Chladni 180.
Cunaeus 396.

D.

Dampfer 113.
Dampfmaschine, billige 111.

Descartes (Renatus Cartesius) 98.
 Dichtigkeit der Luft 48.
 Dollond 285.
 Doppelkegel 32.
 Drache 59.
 Drähte 461.
 Dreiklang 164.
 Druckpumpen 106.
 Dumont, Santos 50.
 Dynamomaschine 494.

G.

Einfallslot 305.
 Elektrische Anziehung 354.
 Elektrisches Blasrohr 406.
 Elektrische Brettschaukel 381.
 Elektrischer Druck 384.
 Elektrische Elemente 457.
 Elektrisches Flugrad 386.
 Elektrische Funken 389.
 Elektrisches Glocksenspiel 380.
 Elektrischer Heiligenschein 390.
 Elektrische Isolatoren 359.
 — Klingel 485.
 — Knallgaslanone 425.
 Elektrischer Kugeltanz 377.
 Elektrische Landschaften 423.
 — Leiter 359.
 — Lichtbüschel 389.
 — Rechenmaschine 407.
 Elektrischer Scheibenschütz 424.
 Elektrische Spannung 384.
 — Spitzenladung 382.
 Elektrischer Wagen 386.
 — Wind 383.
 Elektrische Windmühle 385.
 Elektrischer Zustand 352.
 Elektrifiziermaschine 370.
 Elektrizität, zwei Arten 361.
 —, positive und negative 366.
 Elektrizität durch Magnetismus 492.
 Elektrizitätslehre 354 — 495.
 Elektrochemische Versuche 467.

Elektromagnet 476.
 Elektromagnetische Kanone 483.
 Elektromagnetischer Klopftisch 480.
 — Schmetterling 484.
 Elektromagnetismus 472 — 491.
 Elektromotor 488.
 Elektrostop 364.
 Elemente, galvanische 457.
 Erde, Stellung zur Sonne 42.
 Extrastrom 487.

F.

Fahrrad 41.
 Farben 306.
 Farbenänderungen, chemische 511
 bis 525.
 Farben der Körper 316.
 Farben im polarisierten Licht 326.
 Farbkreisel 315.
 Farbenspiele im Fernrohr 324.
 Farbtäuschungen 351.
 Fata Morgana 323.
 Feste Wäse 539.
 Feuerballon 50.
 Flammen, bengalische 527.
 —, bunte 526.
 —, schallempfindliche 188.
 Flammenharmonika 172.
 Flaschenelement 460.
 Flüstergalerie 141.
 Flugmaschinen 59 — 78.
 Flugschraube 69.
 Fontaine lumineuse 322.
 Franklin 65, 179.
 Fraternalitas 91.
 Funkenröhre 418.
 Funken säule 420.
 Funkenspirale 420.

G.

Gallien, Vater 48.
 Galvanischer Strom 455 — 495.
 Galvanoplastik 468.

Geisterphotographien 258.
 Geisterreigen 230.
 Gewicht der Luft 46.
 Gewitter 409.
 Gläser, abgestimmte 178.
 Glasarbeiten 16.
 Glaselektrizität 362.
 Glaskörper des Auges 249.
 Glimmerfiguren 329.
 Glockenspiel, elektrisches 379.
 Gondel des Luftschiffes 51.
 Grundton 164.

§.

Harmonika, chemische 172.
 — aus Pappfalteralen 177.
 Farzelektrizität 363.
 Heber 87.
 Heiligenschein, elektrischer 390.
 Heronsball 91.
 Heronsbrunnen 93.
 Hohlspiegel für Licht 289.
 — — Schall 143.
 Holundermännchen 31.
 Holundermark 31.
 Holundermarkkugeln 355.
 Holzarbeiten 6.
 Holzharmonika 170.
 Hornhaut des Auges 247.
 Horror vacui 101.
 Hydraulisches Mikrophon 184.
 Hydraulischer Widder 108.

J.

Intermittierender Brunnen 85.
 Iris des Auges 248.
 Jolierschmelz 390.

J.

Jahreszeiten 43, 226.

K.

Kältemischungen 210—213.
 Kaleidoskop 282.
 Kanone, elektromagnetische 483.
 Kartesianischer Zauber 96.
 Kartesius 98.
 Kette, galvanische 459.
 Kirchturmgeläut, künstliches 135.
 Klangfiguren 180.
 Klavier 167.
 Kleister 53.
 Kleistsche Flasche 393.
 Klingel, elektrische 485.
 Klopftisch, elektromagnetischer 480.
 Knallgas 501.
 Knallgaslanone 425.
 Knallgastelegraphie 464.
 Körperwärme 207.
 Kohlenäure 508.
 Kollobiumballon 56.
 Kompaß 432.
 Konduktor 374.
 Kraftlinien, magnetische 450.
 Kreisel 39.
 Kreisel, akustischer 156.
 Kristallisation 272, 534.
 —, leuchtende 539.
 Kugelspiegel 300.
 Kugeltanz 377.

L.

Lana, Franziska 47.
 Landschaften, leuchtende 423.
 Laterna magica 261.
 Laternenbilder, bunte 267.
 Laube, magnetische 454.
 Laubsägearbeiten 7.
 Leclanchés-Element 461.
 Leim 8.
 Leiter und Nichtleiter 359.
 Leybener Batterien 399.
 — Flaschen 392.

Sicht, *Biegung* 324.
 — *Brechung* 303.
 — *Polarisation* 326.
 — *Zurückwerfung* 277.
 — *Totale Zurückwerfung* 320.
 Sichtenberg'sche Figuren 400.
 Sichtlehre 219—352.
 Silienthal, Otto 78.
 Sinse des Auges 249.
 Sinsbilder 242—275.
 Lochbilder 233—241.
 Säten 14.
 Sätwerkzeug 14.
 Luft, flüssige 218.
 Luftballon 46.
 Luftdruck 45, 83—107.
 Lufttringe 83.
 Luftsäulen, tönende 166.
 Luftströmungen 79.
 Luftthermometer 195.

M.

Magnete, künstliche 428.
 Magnetische Grundgesetze 430.
 Magnetische Kraftlinien 450.
 Magnetischer Nordpol 432.
 Magnetisches Roulettepiel 435.
 Magnetische Spiele 438—450.
 Magnetischer Taucher 446.
 Magnetische Verteilung 450.
 Magnetismus 427—454.
 Magnetstahl 429.
 Mariotte 91.
 Mechanik 3—125.
 Metallarbeiten 12.
 Montgolfier, Gebrüder 48.
 Montgolfière 48, 52.
 Morsealphabet 465.
 Mutterlange 537.

N.

Nageln 10.
 Nebel, künstlicher 213, 532.
 Donath, *Physikalisches Spielbuch*.

Nezhaut 248.
 Nürnberger Trichter 140.

O.

Oersted 473.
 Oktave 164.

P.

Papparbeiten 3.
 Perpetuum mobile 201.
 Pharaoschlange 540.
 Phosphor 505, 525.
 Photographie 233—241.
 Photographie mit dem Drachen 67.
 Photographische Scherze 255—261.
 Pilâtre de Rozier 49.
 Plateau 124.
 Pole der elektrischen Elemente 459.
 — — Erde 43.
 — — Magnete 431.
 Politur 11.
 Prisma 303.
 Profilspiegel 288.
 Projektion von Experimenten 270.
 Pulvermännchen 531.
 Pumpen 101—106.
 Pupille 248.

Q.

Quecksilberbarometer 58.
 Quinte 164.

R.

Rauchringe 82.
 Rechenmeister, elektrischer 407.
 Regenbogenhaut 248.
 Reibungselektrifiziermaschine 370.
 Reibungselektrizität 353—427.
 Reifen 41.
 Renard und Krebs 50.
 Roulettepiel, magnetisches 435.

Rückstoß 109.
Rückstoßrad 110.

S.

Saccharimeter 332.
Säure 513, 533.
Säureheber 90.
Saiteninstrumente 167—169.
Salz 533.
Sammelflaschen, elektrische 392.
Sandpapier 11.
Sauerstoff 502.
Saugpumpen 102.
Schallempfindliche Flammen 188.
Schallgeschwindigkeit 127—133.
Schalllehre 126—192.
Schatten, bunte 228, 351.
—, gegenläufige 227.
—, tangente 230.
Schattenwurf 227—231.
Schaukel, elektrische 381.
Scheibenschütz, elektrischer 424.
Schellack 11, 373.
Schmetterling, elektrischer 484.
—, künstlicher 72.
Schnellseher 343.
Schrift, leuchtende 525.
Schwefelsäureflecke 203.
Schwerkraft 35.
Schwerpunkt der Körper 26.
Seeeschlacht, elektrische 424.
Seifenblasen 119.
Seifenblasenfiguren 124.
Eingende Flammen 172.
Sonne 220.
Sonnenuhr 220.
Spektralanalyse 314.
Spektroskop 312.
Spektrum 307.
Spezifisches Gewicht 99, 114.
Spiegelcamera 245.
Spiegel, durchsichtige 286.
—, ebene 275.

Spiegel, Hohlspiegel 289.
—, Kugelspiegel 300.
—, merkwürdige 280.
Spiegelbilder ohne Ende 278.
Spiegelgesehe 276.
Spiele, magnetische 438—450.
Sprachrohr 136.
Springbrunnen, elektrischer 358.
—, leuchtender 319.
Stehauf 31.
Stoffwechsel 207.
Stoßheber 108.
Straßenbahnwagen 491.
Strom, galvanischer 455—495.
Stromwärme 494.
Sympathetische Tinten 518.

T.

Täuschungen, akustische 140.
—, optische 332—352.
Tascher, kartesischer 96.
—, magnetischer 446.
Taupunkt 214.
Telegraphie 464, 472.
Telephon, Fadentelephon 134.
Terz 164.
Thermometer aus Metall 193.
—, Luftthermometer 195.
Tinten, sympathetische 518.
Tonbildung 156—162.
Tonverhältnisse 162—176.
Trägheit der Körper 21.
Trockenelement 461.

V.

Verfilberung von Glas 295.
Verteilung, magnetische 450.
Verzerrte Bilder 258, 280, 301,
303.
Vergierspiegel 280.
Vogel, mechanischer 75.

W.

Wärme, verborgene 208.
 Wärmezeugung durch Elektrizität
 494.
 — ohne Feuer 197—209.
 Wärmelehre 191—218.
 Wärmequellen 197—209.
 Wärmeschlange 196.
 Wasserstoffgas 50, 496.
 Wasserstrahl, tönender 184.
 Wasserzerlegung, galvanische 462.
 Werkstatt 3.
 Werkzeuge 19.
 Wind, elektrischer 383.
 Windkessel 106.
 Windmühle, elektrische 385.

Wunderperspektiv 284.
 Wundertrichter 84.

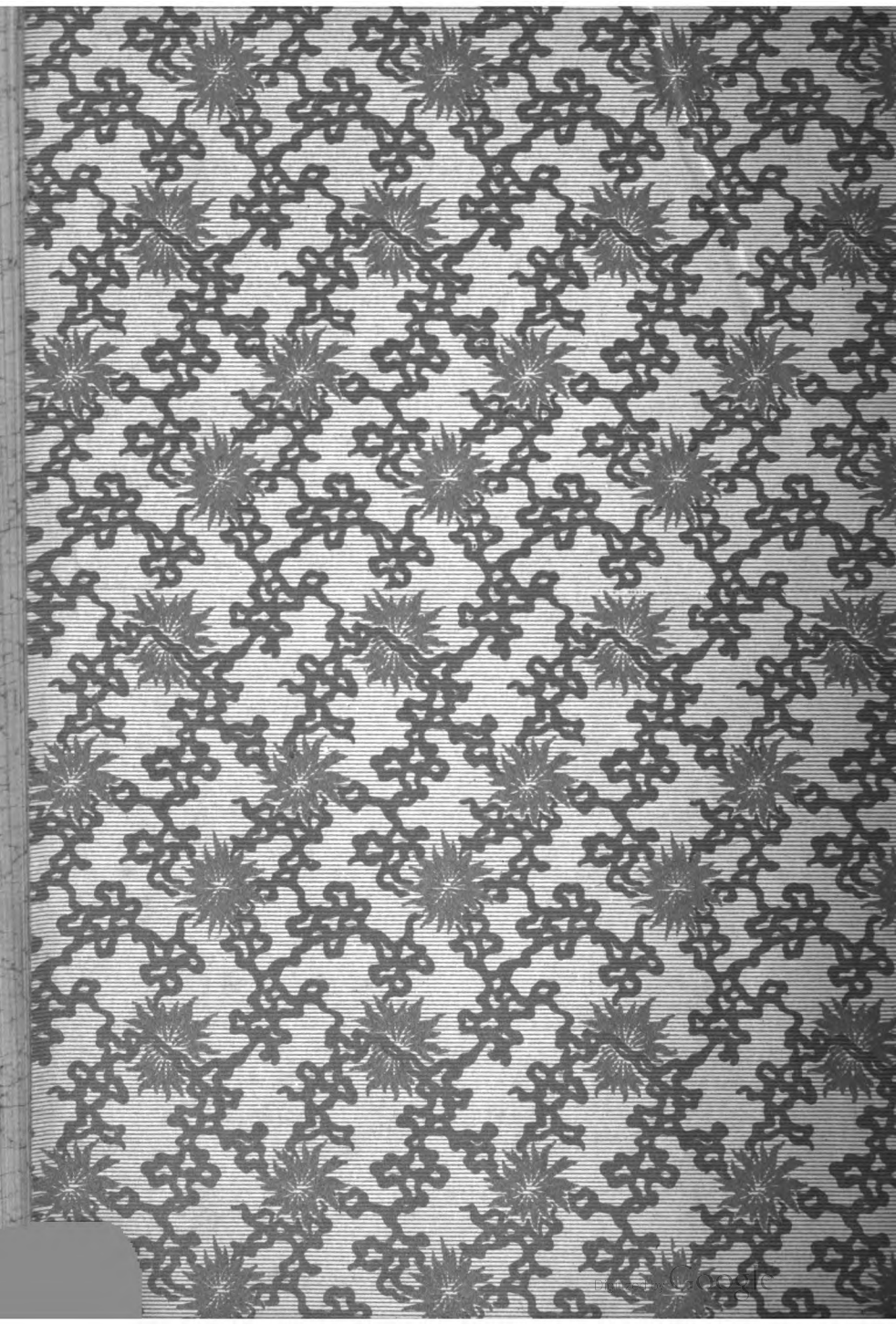
Z.

Zauberspiegel 281.
 Zentrifugalkraft 34.
 Zerrspiegel 300.
 Zerstreuung des Lichtes 308.
 Zimmerfontäne 107.
 Zurückwerfung des Lichtes 277.
 — des Schalles 137—151.
 —, totale 320.
 Zusammendrückbarkeit der Luft 91.
 — des Wassers 99.
 Zustand, elektrischer 352.
 Zylinder Spiegel 302.

Druckfehler und Verbesserungen.

Seite 280, Zeile 25 von oben lies *Wegier* Spiegel statt *Fixier* Spiegel.

*J. H.
L. 112*



HDI



U 6796 MH

