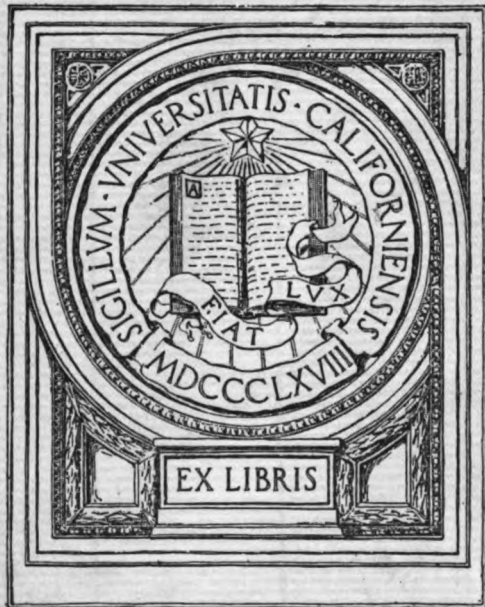


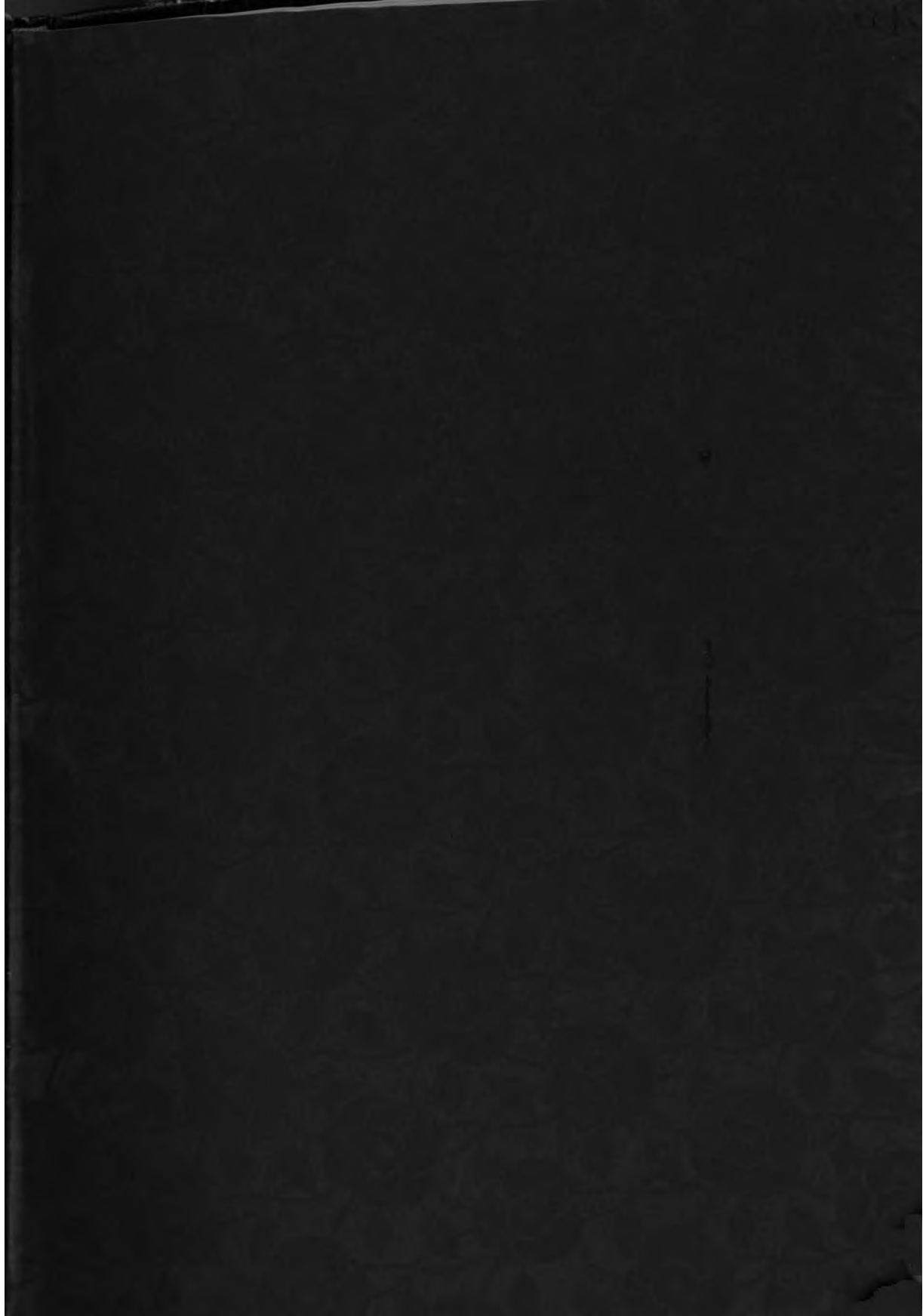


MEDICAL SCHOOL  
LIBRARY



EX LIBRIS







3399

# Radium

## in Biologie und Heilkunde

Monatsschrift für biologisch-therapeutische Forschung

### MITARBEITER:

Dr. K. ASCHOFF (Bad Kreuznach), Prof. Dr. BAYET (Brüssel), Prof. Dr. E. BEUTNER (Genf), Prof. Dr. A. BLASCHKO (Berlin), Geheimrat Prof. Dr. L. BRIEGER (Berlin), Dr. A. CAAN (Heidelberg), Prof. Dr. CADE (Lyon), Dr. J. B. CATHOMAS (St. Gallen), Dr. K. A. F. DEELEN (Tilburg), Prof. Dr. K. DOHI (Tokio), Dr. ERICH EBLER (Heidelberg), Prof. Dr. J. ELSTER u. H. GEITEL (Wolfenbüttel), Prof. Dr. S. EHRMANN (Wien), Geheimrat Prof. Dr. K. ENGLER (Karlsruhe), Stabsarzt Dr. FLEMMING (Berlin), Dr. FORCHHAMMER (Kopenhagen), Dr. L. FREUND (Wien), Dr. A. FÜRSTENBERG (Berlin), Dr. H. GREINACHER (Zürich), Prof. Dr. P. GRUNER (Bern), Prof. Dr. O. HAHN (Berlin), Prof. Dr. F. HENRICH (Erlangen), Dr. E. HEUSS (Zürich), Geheimrat Prof. Dr. W. HIS (Berlin), Dr. G. HOLZKNECHT (Wien), Prof. Dr. J. JADASSOHN (Bern), Prof. Dr. A. JESIONEK (Gießen), Dr. F. L. KOHLRAUSCH (Brüssel), Prof. Dr. P. KRUSCH (Berlin), Dr. B. LAQUER (Wiesbaden), Dr. A. LAQUEUR (Berlin), Prof. Dr. P. LINSER (Tübingen), Dr. LÖWENTHAL (Braunschweig), Prof. Dr. EDGAR MEYER (Aachen), Prof. Dr. ST. MEYER (Wien), Dr. F. NAGELSCHMIDT (Berlin), Geheimrat Prof. Dr. A. NEISSER (Breslau), Geheimrat Prof. Dr. NERNST (Berlin), Prof. Dr. J. DE NOBELE (Gent), Prof. Dr. H. PÄSSLER (Dresden), Prof. G. PINI (Bologna), Dr. E. PLATE (Hamburg), Dr. JOHANN PLESCH (Berlin), Dr. E. REGENER (Berlin), Dr. A. REYN (Kopenhagen), Geheimrat Prof. Dr. E. RIECKE (Göttingen), Stabsarzt Dr. A. RIEDEL (Straßburg), Dr. P. ROETHLISBERGER (Genf), Prof. Dr. H. SAHLI (Bern), Prof. Dr. H. W. SCHMIDT (Gießen), Prof. Dr. W. SCHOLTZ (Königsberg), Prof. Dr. E. v. SCHWEIDLER (Wien), Prof. Dr. H. SIEVEKING (Karlsruhe), Prof. Dr. J. STARK (Aachen), Dr. A. E. STEIN (Wiesbaden), Prof. Dr. A. STICKER (Berlin), Prof. Dr. W. WEINTRAUD (Wiesbaden), Dr. J. WETTERER (Mannheim), Dr. P. WICHMANN (Hamburg)

### HERAUSGEBER:

**Dr. F. Gudzent**

Assistenzarzt der I. Medizinischen  
Klinik der Universität Berlin

**Prof. Dr. W. Marckwald**

Geheimer Regierungsrat, Berlin

### 1. Band

Mit vielen Abbildungen



Leipzig 1912

Verlag von Johann Ambrosius Barth

Dörrienstraße 16



Druck von Grimme & Trömel in Leipzig.

1800 1801 1802

# Inhaltsübersicht.

## Heft 1.

### Originalabhandlungen.

	Seite
<b>Wilhelm His</b> , Zur Einführung . . . . .	1
<b>Willy Marckwald</b> , Einiges aus dem Gebiete der radioaktiven Erscheinungen . . . . .	2
<b>F. Gudzent</b> , Einiges über die biologischen Eigenschaften der Radium-Emanation und ihre Anwendung bei Krankheiten. Mit 8 Figuren . . . . .	14
Tagesereignisse . . . . .	35

---

## Heft 2.

### Originalabhandlungen.

<b>Regener, Erich</b> , Die Strahlen der radioaktiven Substanzen I . . . . .	39
<b>Kikkoji, T.</b> , Über den Einfluß von Radiumemanation auf den Gesamtstoff- wechsel im Organismus . . . . .	46
<b>Glaessgen I.</b> , Quellemanatorien und natürliche Radiumsolbäder . . . . .	65

### Referate.

<b>Artmann, Prof. Dr. P.</b> , Die Radioaktivität des Meerwassers . . . . .	69
<b>Fürstenberg, A.</b> , Weitere Beiträge zur Behandlung mit der Radiumemanation . . . . .	70

---

## Heft 3.

### Originalabhandlungen.

<b>Regener, Erich</b> , Die Strahlen der radioaktiven Substanzen II (Fortsetzung) . . . . .	71
<b>Gudzent, Dr. F.</b> , Über den Gehalt von Radiumemanation im Blute des Lebenden bei den verschiedenen Anwendungsformen zu therapeutischen Zwecken . . . . .	79

### Referate.

<b>Loewy, A. und Plesch, J.</b> , Über den Einfluß der Radiumemanation auf den Gaswechsel und die Blutzirkulation des Menschen . . . . .	90
<b>Falta, W. und Schwarz, G.</b> , Wachstumsförderung durch Radiumemanation . . . . .	90
<b>Bickel, A.</b> , Ein transportabler Inhalationsapparat für Radiumemanation mit kontinuierlicher, regulierbarer Emanationsspeisung . . . . .	90
<b>Engelmann, W.</b> , Einrichtung und Wirkungsweise eines neuen Inhalations- apparates für Radiumemanation mit dosierbarer Emanationsspeisung . . . . .	90
<b>Sommer, E.</b> , Heilquellenaktivität, physiologische Wirkung und therapeutische Anwendung . . . . .	90
<b>Kemen</b> , Gicht und Rheumatismus . . . . .	91

	Seite
<b>Braunstein, A.</b> , Wer hat die Radiumemanation in die Therapie eingeführt?	91
<b>Loewenthal</b> , Bemerkungen zu der vorstehenden Frage . . . . .	91
<b>Hirs, F.</b> , Über Injektionen mit natürlichem radioaktivem Thermalwasser direkt an der Quelle . . . . .	91
<b>Menadowics</b> , Die Bedeutung der radioaktiven Gasquelle von Franzensbad für den Internisten . . . . .	91
<b>Sommer, E.</b> , Beiträge zur Therapie mittels Radiumemanation . . . . .	92
<b>Isitani, D. und Manabe, K.</b> , Über Radiumemanation einer Geiserquelle in Japan	92
<b>v. Benzúr, S.</b> , Über einen nach Gebrauch einer Radiumemanationskur wesentlich gebesserten Fall von Sklerodermie . . . . .	92
<b>Straßburger, S.</b> , Über Behandlung mit Radiumemanation . . . . .	92
<b>Plesch, S.</b> , Zur biologischen Wirkung der Radiumemanation . . . . .	93
<b>Kionka, H.</b> , Die Radioaktivität der Mineralwässer . . . . .	93
<b>Armstrong, W.</b> , Radium Water Therapy . . . . .	93
<b>Churchward, A.</b> , Treatment of rodent ulcer by Calcio-phosphate of Uranium	94
<b>His, W.</b> , The treatment of gout and rheumatism by Radium . . . . .	94
<b>Morton, Ch. J.</b> , Radium in Cancer . . . . .	94
<b>Haret, Danne et Jaboin</b> , Sur une nouvelle méthode d'introduction du radium dans les tissus . . . . .	94
<b>Dominici, H., Haret, P., Jaboin, A.</b> , Sur les modifications des tissus consé- cutives à l'introduction du radium par l'électrolyse dans l'organisme vivant	95
<b>Béclère</b> , Un nouveau mode d'application du radium . . . . .	95
<b>Dominici</b> , Résultats éloignés de l'application du radium dans le traitement des tumeurs malignes . . . . .	96
<b>Bertier</b> , Les étuves locales radioactives dites Berthollet à Aix-les-Bains .	96
<b>Fabre, G.</b> , Action du radium sur les organismes végétaux . . . . .	96

---

### Heft 4.

#### Originalabhandlungen.

<b>Regener, Erich</b> , Die Strahlen der radioaktiven Substanzen (Schluß) . . .	97
<b>Steffens, Dr. P.</b> , Radioaktivität und Anionenbehandlung . . . . .	105

#### Referate.

<b>Sticker, Anton</b> , Internationale Vereinigung für Krebsforschung am 7. und 8. August 1911 in Dresden . . . . .	118
<b>Rutherford, E.</b> , Radiumnormalmaße und deren Verwendung bei radioaktiven Messungen . . . . .	119

---

### Heft 5.

#### Originalabhandlungen.

<b>Bennewitz</b> , Meßmethoden der Radioaktivität und ihre Anwendung in der Rediotherapie . . . . .	121
<b>Gudzent, Dr. F.</b> , Klinische Erfahrungen über die Behandlung der Arthritiden und der Gicht mit Radiumemanation . . . . .	132
<b>Jellinek, Dr. O. E.</b> , Zur Nomenklatur der radioaktiven Strahlungen . . .	142



**Referate.**

	Seite
<b>Pinzi</b> , The Radium treatment of cancer, experiences of over 100 cases . . . . .	145
<b>Moullin</b> , The treatment of malignant growths by radium . . . . .	146
<b>Robinson, L.</b> , A note concerning the treatment of tuberculosis by „radioactive Jodine and Menthol“ . . . . .	146
<b>Sticker, Falk, Laubenheimer und Caan</b> , Zur Radiumfermenttherapie . . . . .	146
<b>Flemming und Krusius</b> , Zur Einwirkung „strahlender Energie“ auf die experimentelle Tuberkulose des Auges . . . . .	147
<b>Eichholz</b> , Über Aufnahme und Ausscheidung der Radiumemanation. Inhalation oder Trinkkur? . . . . .	147
<b>Sticker, Falk, Laubenheimer und Caan</b> , Zur Radiumfermenttherapie . . . . .	148
<b>Ramsauer und Caan</b> , Über das Verhalten der Organe nach Radiumeinspritzungen am Ort der Wahl . . . . .	148
<b>Frendenthal, W.</b> , Über die Behandlung maligner Tumoren der oberen Luftwege mittels Radium . . . . .	148
<b>Hirsch</b> , Über kombinierte Röntgen-Radiumbehandlung bei Lidkarzinom . . . . .	149
<b>Bickel und Minami</b> , Über die biologische Wirkung des Mesothoriums . . . . .	149
<b>Czerny und Caan</b> , Über die Behandlung bösartiger Geschwülste mit radioaktiven Substanzen, speziell mit Aktinium . . . . .	149
<b>Arendt, E.</b> , Die Behandlung inoperabler Karzinome des Uterus mit Radiumstrahlen . . . . .	149
<b>Plok</b> , Über einen geheilten Fall von chronischer Stirnhöhleenerterung mit radiumemanationshaltiger Luftdruckerniedrigung, untermischt mit Adrenalinnebel . . . . .	150
<b>v. Bolton</b> , Einige biologische Wirkungen des radioaktiven Thoriummetalls . . . . .	150

**Buchbesprechung.**

<b>Mme. P. Curie</b> . Die Radioaktivität. . . . .	151
--	-----

**Heft 6.**

**Originalabhandlungen.**

<b>Bennowitz</b> , Meßmethoden der Radioaktivität und ihre Anwendung in der Radiotherapie (Schluß) . . . . .	153
<b>Mandel, H.</b> , Arthritis urica unter Radiumemanation . . . . .	163

**Referate.**

<b>Wichmann, P.</b> , Besprechung über die Entdeckung des Mesothoriums . . . . .	187
--	-----

**Heft 7.**

**Originalabhandlungen.**

<b>Hahn, Otto</b> , Über Mesothorium und Radiothorium . . . . .	189
<b>Wichmann, Dr. P.</b> , Instrumentarium zur externen therapeutischen Anwendung von hochaktiven Radium- und Mesothorpräparaten . . . . .	196
<b>Jansen, Hans</b> , Behandlung mit Radiumemanation besonders gichtischer und rheumatischer Leiden . . . . .	199

<b>Referate.</b>		<b>Seite</b>
<b>Hertwig, O.</b> , Die Radiumkrankheit tierischer Keimzellen . . . . .		217
<b>Hertwig, O.</b> , Das Radium als Hilfsmittel für entwicklungsphysiologische Experimente . . . . .		218
<b>Flemming</b> , Anwendung des Radiums in der Ophthalmologie . . . . .		218
<b>Levy, P.</b> , Untersuchungen über den Einfluß ultravioletter Strahlen auf Sperma und Eier von Amphibien . . . . .		218
<b>Dohi, K.</b> , Über die physikalische Therapie der Hautkrankheiten, speziell über die Radiumtherapie . . . . .		219
<b>Saubermann, S.</b> , Radium Emanation and physiological processes . . . . .		219
<b>Armstrong, W.</b> , Radium Water Therapy . . . . .		219
<b>Horsley, V., und Pinzi, S.</b> , The action of filtered radium rays when applied directly to the brain . . . . .		220
<b>Wickham</b> , Tumeurs vasculaires cutanées et sous-maguenses guéries par le radium . . . . .		220
<b>Rubens-Duval</b> , L'action du rayonnement ultra-pénétrant du radium sur les cancers inopérables du col de l'utérus . . . . .		220

## Heft 8.

### Originalabhandlungen.

<b>Schneckenberg, Erich</b> , Prof. Beckers Emanationsmeßapparat für direkte Ablesung . . . . .	221
<b>Bayet, Dr.</b> , Einige Einzelheiten über die Anwendung von Radium zwecks Bestrahlung . . . . .	227

### Referate.

<b>Plate</b> , Über die Erscheinungen der Radioaktivität und ihre Anwendung in der internen Medizin . . . . .	239
<b>Caan, Albert</b> , Über Radioaktivität menschlicher Organe . . . . .	240
<b>von den Velden</b> , Zur Wirkung der Radiumemanation . . . . .	241
<b>Gottlieb, L.</b> , Radiumbad St. Joachimsthal . . . . .	242
Radiumsalzige Tücher . . . . .	242
<b>Bernheim, S. und Dieupart, L.</b> , Nouveau traitement de la tuberculose par l'iode-menthol radioactif. . . . .	242
<b>Chasport et Jaubert de Beaujeu</b> , La radio-activité des eaux de Vals-les Bains . . . . .	243
<b>Chéron</b> , Traitement des lésions extra-pulmonaires profondes par l'introduction des tubes radifères . . . . .	243
<b>Chéron</b> , Résultats éloignés de la radiumthérapie des annexités et périannexites . . . . .	244
<b>Dubois-Havenith</b> , Radio- et radiumtherapie des angiomes . . . . .	244
<b>His</b> , La goutte et son traitement par l'émanation du radium . . . . .	244

## Heft 9.

### Originalabhandlungen.

<b>Krusch, P.</b> , Über die nutzbaren Uranlagerstätten und die Zukunft des Radiummarktes . . . . .	245
---	-----

	Seite
<b>Levy, Margarete,</b> Über Veränderungen der weißen Blutkörperchen nach Injektionen therapeutischer Dosen löslicher Radiumsalze . . . . .	256

**Referate.**

Verhandlungsbericht der Berliner medizinischen Gesellschaft . . . . .	267
Verschiedenes . . . . .	276

**Heft 10.**

**Originalabhandlungen.**

<b>Engler, C. und Sieveking, H.,</b> Zur Radioaktivität der Mineralquellen . . .	277
<b>Engelmann, Dr. W.,</b> Über die Einwirkung von Radiumemanation auf die Funktion lebensfrischer Zellen . . . . .	286

**Referate.**

33. Balneologenkongreß. Berlin 7.—11. März 1912. Radium-Debatte . . .	291
Bericht aus der Berliner medizinischen Gesellschaft vom 13. März 1912 . .	294
<b>Chalupecky, H.,</b> Die schädlichen Wirkungen der Röntgenstrahlen . . . .	298
<b>Wickham, L.,</b> Das Radium und der bösartige Krebs . . . . .	299
<b>Smith, E. Bellingham,</b> The distribution and excretion of radium and its emanation after interal administration . . . . .	299
<b>Jost, B.,</b> Explosion von Radiumbromid durch Einwirkung von Wasser . .	300
<b>Kohlrausch, K. W. F. und Schweidler, E. v.,</b> Beobachtung von Schwankungen der Radioaktivität . . . . .	301
<b>Prszibram, K.,</b> Eine einfache Beobachtungsart der $\alpha$ -Strahlen-Reichweite .	302
Beständige Radioaktivität des Körpers durch Injektion des unlöslichen Radiums; und Radlumserum-Therapie . . . . .	302

**Patente.**

Austreiben der Emanation aus Radiumstoffen durch Kochen . . . . .	304
Austreiben der Emanation aus Radiumwässern durch Kochen . . . . .	305
Metallfäden mit Radiumseele . . . . .	306
Verschiedenes . . . . .	307

**Heft 11.**

**Originalabhandlungen.**

<b>His, Prof. Dr.,</b> Begrüßungsrede zur Einweihung des Radiuminstituts der Kgl. Charité für biologisch-therapeutische Forschung zu Berlin . . . . .	309
<b>Engler, C. und Sieveking, H.,</b> Zur Radioaktivität der Mineralquellen (Schluß)	314

**Referate.**

Kongreß für Chirurgie, Berlin 1912 . . . . .	331
Röntgenkongreß, Berlin 1912 . . . . .	331
Kongreß für innere Medizin, Wiesbaden 1912 . . . . .	332
<b>Falta, W. und Freund, E.,</b> Über die Behandlung innerer Krankheiten mit Radiumemanation . . . . .	334
<b>Meldner, S.,</b> Die Behandlung bösartiger Geschwülste mit radioaktiven Substanzen . . . . .	335



	Seite
<b>Strasburger, J.</b> , Über den Emanationsgehalt des arteriellen Blutes bei Einatmung von Radiumemanation und bei Einführung derselben in den Darm	335
<b>Schnee, Ad.</b> , Über Emanationskuren und deren Kombination unter besonderer Berücksichtigung der Emanationsinhalation	336
<b>Lachmann</b> , Die Bedeutung der hochradioaktiven Quellen im Lichte der modernen Emanationstherapie	336
<b>Mesernitzky, P. G.</b> , Über den zerstörenden Einfluß der Radiumemanation auf die Haut	337
<b>Minami, D.</b> , Über die biologische Wirkung des Mesothoriums. II. Strahlenwirkung auf Verdauungsfermente	337
<b>Baumm, G.</b> , Vorläufige Mitteilung über die therapeutische Verwendbarkeit des Mesothoriums	337
<b>Benczúr, J. v.</b> , Über Heilerfolge mit Radiumemanationskuren	338
<b>Reicher, K. und Lenz, E.</b> , Weitere Mitteilungen zur Verwendung der Adrenalinanämie als Hautschutz in der Röntgen- und Radiumtherapie	338
<b>Darms, Hans</b> , Über Radium und seinen Einfluß auf die Körpertemperatur	339
<b>Knaffe-Lenz, E. v.</b> , Über die Wirkungen der Radiumemanation	339
<b>Patente.</b>	
Radioaktive Gummihäutchen	339
Verschiedenes	340

---

## Heft 12.

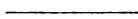
### Originalabhandlungen.

<b>Mayer, Dr. Karl</b> , Die Radiumtherapie in der Praxis	341
<b>Mache, H. und Meyer, St.</b> , Notiz über die Maßeinheiten der Radiumemanation	350
<b>Hahn, O., Meyer, St. und Schweidler, E. v.</b> , Bericht über die Versammlung der internationalen Radiumstandardkommission in Paris vom 25. bis 28. März 1912	354

### Referate.

Kongreß für innere Medizin, Wiesbaden 1912. (Schluß)	357
<b>Satterly, John</b> , Die Radioaktivität von Sumpfgas	358
<b>Chalupecky, H.</b> , Die Wirkung des Mesothoriums auf den Schapparat	359
<b>Pinkus, A.</b> , Zur Mesothoriumtherapie bei Krebskranken	360
<b>Körösy, K. v.</b> , Radioaktivität und Fermentwirkung	360
<b>Minami</b> , Über die biologische Wirkung des Mesothoriums	360
<b>Stein, E.</b> , Über die perkutane Anwendung radioaktiver Substanzen, speziell des Aktiniums	361
<b>Albanus</b> , Die Methodik der Radiumbestrahlung in der Nasen-, Mund- und Rachenhöhle, im Kehlkopf, in der Luftröhre, im Schlund	361
<b>Kenji-Kojo</b> , Über die biologische Wirkung des Mesothoriums	361
<b>Jansen, H. und Strandberg, O.</b> , Untersuchungen darüber, ob die Bakterizidität der Radiumemanation auf Ozonentwicklung zurückzuführen ist	361
<b>Gudzent, F.</b> , Zur Frage der Vergiftung mit Thorium X	362
<b>Czerny, Vinzenz und Caan, Albert</b> , Über die Behandlung bösartiger Geschwülste mit Mesothorium und Thorium X	362

	Seite
<b>Loewy, A.</b> , Versuche über die Wirkung der Radiumemanation auf das Blutgefäßsystem . . . . .	363
<b>Benedikt, W.</b> , Zur Frage der Anwendung großer oder kleiner Dosen von Radiumemanation . . . . .	364
<b>Kablé</b> , Radiumemanationskuren in Bad Münster a. St. . . . .	364
<b>Kridg</b> , Das Büttenquell-Emanatorium Baden-Baden . . . . .	364
<b>Anchoff</b> , Die Radioaktivität der Kreuznacher Solquellen . . . . .	364
<b>Kolarz</b> , Die Emanationseinrichtungen in Teplitz-Schönau . . . . .	364
<b>Knaffe-Lenz, E. v. und Wiechowsky, W.</b> , Über die Wirkung von Radiumemanation auf Mononatriumurat . . . . .	364
<b>Falta, W., Kriser und Zehner, L.</b> , Über die Behandlung der Leukämie mit Thorium X . . . . .	365
<b>Mesernitzky, F.</b> , Contribution à l'étude de décompositon des purines par l'action du radium. . . . .	365
<b>Markwald, W.</b> , Über die Technik des Nachweises der Anreicherung der Radiumemanation im Blute bei deren Einatmung . . . . .	366
<b>Mollisch, H.</b> , Über Heliotropismus im Radiumlichte . . . . .	366
<b>Klonka, H.</b> , Über Resorption und Elimination der Emanation . . . . .	367
Verschiedenes . . . . .	367



## Autorenverzeichnis.

**A.**  
 Abraham 75.  
 Albanus 189. 196. 198.  
 361.  
 Allen, H. S. 281. 282.  
 Alpagó 282.  
 Andersson 251.  
 Arendt, E. 149.  
 Armstrong, W. 93. 184.  
 219. 273.  
 Artmann, P. 69.  
 Aschkinass 272.  
 Aschoff 147. 308.  
 Aubertin 256.

**B.**  
 Babanek, Fr. 248.  
 Baumm, G. 337.  
 Bayet 227.  
 Bechold 211. 212.  
 Becke, F. 248. 249.  
 Becker, A. 221. 240. 285.  
 Bécclère 95.  
 Becquerel, H. 2. 4. 151.  
 309.  
 Benczur, v. J. 294. 338.  
 Benczur, v. S. 92.  
 Benedikt, W. 364.  
 Bennewitz 80. 81. 87.  
 121. 133. 153. 269. 293.  
 Bergell 16. 91. 163. 213.  
 286. 304.  
 Berger 294.  
 Bernheim, S. 146. 242.  
 Bertier 96.  
 Bickel, A. 16. 90. 149.  
 163. 213. 271. 275.  
 286. 294. 295. 304.  
 308. 337.  
 Bier 274. 312.  
 Birch 298.  
 Blegvad 201.  
 Bloch 163.  
 Bolton, v. 150.  
 Boltwood 329.  
 Borgmann, J. 282.

Borne, v. d. 281.  
 Brasch 186.  
 Braun 271.  
 Braunstein, A. 16. 91.  
 163. 213. 286.  
 Brieger 202.  
 Brill 332.  
 Brugsch 163. 269. 271.

**C.**  
 Caan 15. 146. 148. 149.  
 240. 271. 362.  
 Caspari 272. 287.  
 Castillo, de M. 282.  
 Cecco, M. T. 282.  
 Cepape 282.  
 Chaluppecky, H. 298. 359.  
 Chaspont et Jaubert de  
 Beaujeu 243.  
 Chaveau, A. 302.  
 Chéron 220.  
 Chevrier 303.  
 Churchward, A. 94.  
 Claude 210.  
 Corsi 278.  
 Curie, P. u. S. 4. 119.  
 120. 151. 281. 282.  
 315. 316. 317. 328.  
 330. 337. 340.  
 Czerny 118. 119. 146. 149.  
 362.

**D.**  
 Danne 94.  
 Darms, H. 339.  
 Dautwitz 164. 210.  
 Davidssohn 184. 210.  
 Dégrais 220. 227. 238.  
 Delamosse 256.  
 Determann 293.  
 Dieupart, L. 242.  
 Dohi, K. 219.  
 Dominici, H. 95. 96. 227.  
 244. 302. 303.  
 Donald, A. 247.  
 Dreuw 37.

Duane 315.  
 Dubois-Havenith 244.

**E.**  
 Ebert, M. 277.  
 Ebler 133. 278. 315. 316.  
 329.  
 Eckert 274.  
 Edelstein 16. 163. 213.  
 Eichholz 32. 36. 38. 80.  
 84. 87. 88. 147. 166.  
 308. 323.  
 Elster 12. 125. 154. 155.  
 158. 277. 279. 280.  
 282.  
 Embden 287. 288. 289.  
 Engelmann, W. 37. 90.  
 214. 286. 308.  
 Engler, C. 65. 81. 170.  
 226. 277. 314.  
 Eve 277.

**F.**  
 Fabre, G. 96.  
 Faivre 303.  
 Falk, E. 146. 147. 148.  
 298.  
 Falkenstein 270.  
 Falta, W. 38. 90. 132.  
 169. 180. 186. 257.  
 266. 267. 287. 294.  
 332. 334. 358. 365.  
 Farjas, H. 242.  
 Farkas 105. 106.  
 Faure-Beaulieu 303.  
 Fellner 278.  
 Finkelstein, B. 151.  
 Finzi, S. 145—146. 220.  
 Fischer 164.  
 Fleiner 239.  
 Fleischmann 82. 133.  
 Flemming 147. 218. 277.  
 Fonfanow 20. 38. 137.  
 212. 257.  
 Forbes Rickard 250.  
 Franke 187.



Freudenthal, W. 148.  
 Freudweiler 20.  
 Freund, E. 334.  
 Friedmann 287.  
 Fuld 337.  
 Fürstenberg 35. 37. 70.  
 134. 135. 184. 210.  
 271. 287. 291. 294.

**G.**

Geiger 98.  
 Geitel 12. 125. 154. 155.  
 158. 277. 279. 280.  
 282.  
 Gerke 357.  
 Gilsel 282.  
 Glaessgen 65—68. 293  
 357.  
 Gockel, A. 108. 109. 110.  
 277.  
 Görner 210.  
 Gottlieb, L. 210. 242.  
 Grabley 105. 106.  
 Grunmach 331.  
 Gudzent, F. 14. 37. 38.  
 46. 47. 62. 65. 79. 117.  
 132. 163. 164. 165.  
 166. 167. 180. 182.  
 184. 185. 186. 200.  
 206. 211. 212. 216.  
 244. 258. 267. 269.  
 270. 271. 272. 286.  
 292. 294. 312. 324.  
 334. 335. 358. 362.

**H.**

Haase 308.  
 Hahn, O. 15. 17. 117.  
 187. 189. 312. 354.  
 Haret, P. 94.  
 Helber 256.  
 Henrich, F. 283.  
 Hertwig, O. 217. 218.  
 274. 291. 312. 331.  
 Hildebrand 274.  
 Himstedt 108. 280.  
 Hirsch 149. 293.  
 His, W. 1. 20. 94. 141.  
 166. 184. 211. 244.  
 267. 269. 271. 273.  
 275. 309.  
 Hirz, F. 91.  
 Hoenigschmidt 340.  
 Hoestermann 36. 70. 287.  
 Hoffmann 241. 269. 274.  
 293.  
 Hopkins 170.  
 Horsley, V. 220.

**I.**

Isatini, D. 92. 165. 282.  
 284.

**J.**

Jaboin, A. 94. 215. 242.  
 302.  
 Jacobs, Ch. 306.  
 Jansen, H. 199. 361.  
 Jaquett 30. 47.  
 Jellineck 142.  
 Joly 69. 277.  
 Jost, B. 300.  
 Just 323.

**K.**

Karczag 333.  
 Kaufmann 75.  
 Kelvin 13.  
 Kemen 29. 91. 166. 210.  
 291. 308. 357.  
 Kenji-Kojo 361.  
 Kerb 274.  
 Kethmann 334.  
 Kikoji, T. 30. 46. 137.  
 166. 180. 186. 213.  
 Kionka, H. 35. 95. 184.  
 293. 308. 366.  
 Klapp 239.  
 Klecki, v. 210.  
 Klemperer 272. 274. 293.  
 Klüb 246.  
 Knaffe-Lenz, E. v. 336.  
 364.  
 Knoche 69. 277.  
 Kohlrausch, K. 130. 214.  
 239. 301. 305.  
 Korany 294.  
 Kornel 163.  
 Korösy, v. 163. 360.  
 Kraus 274. 358.  
 Krieg 25. 46. 167. 212.  
 293.  
 Kriser, A. 332. 365.  
 Krüger-Schmidt 48.  
 Krusch, P. 245.  
 Krusius 147.  
 Kurz, K. 65.

**L.**

Laborde 281. 317.  
 Lachmann 29. 35. 293.  
 336.  
 Landin, J. 251.  
 Laqueur 184. 210. 273  
 293.  
 Laska 82. 133. 271.

Lazarus 38. 219. 267.  
 Laubenheimer, K. 146.  
 148.  
 Lautenschläger 321. 331.  
 Lehmann 294.  
 Lenz, E. 338.  
 Lesser 274.  
 Levi da Zara 282.  
 Levi 282.  
 Levy, F. 218.  
 Levy, M. 256—266. 334.  
 Linser 256.  
 Loewy 36. 70. 90. 271.  
 291. 294. 363.  
 Löwenthal 16. 25. 32. 37.  
 47. 62. 65. 80. 84. 91.  
 120. 130. 137. 163.

**M.**

Maase 269. 270. 274. 275.  
 278. 293.  
 Mache 154. 242. 284.  
 314. 319. 350.  
 Magri 282.  
 Manabe, K. 92. 165. 282.  
 284.  
 Mandel, H. 163.  
 Mannes 167.  
 Marckwald 1. 35. 81. 133.  
 246. 253. 269. 274.  
 293. 212. 366.  
 Mare, F. de 306.  
 Mayer 214. 284. 340.  
 Mayer, C. 341.  
 Meidner, S. 298. 335.  
 Mendel 34. 165. 184. 258.  
 Mesernitzky, P. 29. 91.  
 167. 337. 365.  
 Meyer 242. 350. 354.  
 Michaud 287. 288.  
 Minani, D. 149. 337. 360.  
 Molisch, H. 366.  
 Moore 282.  
 Morton, Ch. J. 94.  
 Mosler 307.  
 Moullin 146.  
 Mouren, O. 282.

**N.**

Nagelschmidt 210.  
 Nahmmacher 118. 119.  
 Nasini 282.  
 Nenadowics 91.  
 Neuberg 16. 163. 272.  
 Neumann 32. 92. 166.  
 214. 312.  
 Neusser 164. 210.  
 Nick, H. 330.

Noorden, v. 132. 169. 180.  
186. 206. 257. 266.  
287. 294. 310. 334.  
Nottebohm, E. 339.  
Nötzel 239.

**O.**

Obersteiner 339.  
Orth 312.

**P.**

Pacini, N. 277.  
Pässler 210.  
Paul 16. 269. 274.  
Peter 304.  
Petit, G. 302. 303.  
Pick 150. 271. 272. 275.  
Pinkus, A. 360.  
Pinto, O. 282.  
Plate 239.  
Plesch 37. 85. 90. 93.  
271. 333. 334. 358.  
Precht 300.  
Prytz 203.  
Przibran, K. 302.

**R.**

Ramsauer 15. 148.  
Ramsay 11.  
Regener 39. 71. 97. 124.  
Reicher, K. 38. 338.  
Richt 16. 287.  
Riedel 210.  
Robinson, L. 146.  
Röntgen 2.  
Rothky 163.  
Royds 98.  
Rubens-Duval 220.  
Ruhemann 36.  
Rumpel 358.  
Runge, C. 277.  
Russell, A. S. 253.  
Rutherford, E. 6. 32. 98.  
100. 117. 119. 120.  
155. 329.

**S.**

Sasserly 282.  
Satterly 358.  
Saubermann, S. 219.  
Scherer 67.  
Schiffner 322.  
Schittenhelm 163.  
Schlundt 282.  
Schmidt, H. W. 65. 120.  
125. 249. 284. 293.  
329.  
Schmitz 289.  
Schneckenberg, E. 221.  
Schnee, Ad. 165. 214.  
336.  
Schwarz 90.  
Schweidler, E. v. 301.  
354.  
Selka 210.  
Sharp 200.  
Sieveking 65. 81. 147.  
170. 202. 226. 277.  
314.  
Silbergleit 29. 46. 166.  
212. 271.  
Smith, E. 299.  
Soddy 200.  
Sommer, E. 90. 184. 281.  
305.  
Sommer, R. 308.  
Spratz 166.  
Stachelin 30. 47. 59.  
Steffens, P. 105.  
Stegmann 323.  
Stein 38. 361.  
Step, J. 248.  
Stephan 163.  
Sticker, A. 118. 119. 146.  
291. 298. 331.  
Strandberg, O. 361.  
Strassburger, J. 87. 92.  
166. 273. 293. 335.  
358.  
Strasser 210.  
Strutt 102.  
Szendeffy 242.

**T.**

Tagle 271.  
Thomsen, J. J. 280. 282.  
Tuma 91.

**U.**

Ulzers, F. 308.  
Umber 38. 167.

**V.**

Velden, van den 38. 163.  
241. 256. 287. 358.  
Vicentini 282.  
Vogt, J. H. L. 247.

**W.**

Warburg-Boden 241.  
Warden 239.  
Weber 294.  
Weidig, M. 322.  
Wellmann 167.  
Werner 331.  
Wessely, K. 332.  
Westphal, W. 196.  
Weszelsky, v. 285. 317.  
Wichmann, P. 187. 196.  
258.  
Wickham, L. 220. 227.  
238. 299.  
Wiechowsky, W. 364.  
Wilke 25. 46. 167. 212.  
Wilson, C. T. R. 101.  
Winkler 252.  
Wohlgemuth 16. 37. 163.  
213. 286. 337.  
Wolff 272. 296.  
Wulf 126. 158.

**Z.**

Zehner 332. 365.  
Ziegler 211.  
Zuntz 312.

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1911

Heft 1

## Zur Einführung.

Von Professor W. His.

Der Plan vorliegender Zeitschrift ist hervorgegangen aus dem Bedürfnis, das jeder, der sich mit dem Studium und der Anwendung radioaktiver Stoffe befaßt, empfindet, über die neuen Erscheinungen auf diesem Gebiete zuverlässig und verständlich unterrichtet zu werden; auch der nicht selber Tätige möchte gern und mit gespannter Aufmerksamkeit den Fortschritten auf diesem so eigentümlich anziehenden Felde folgen.

Dem Staunen über die wunderbare Entdeckung und die Eigenschaften der radioaktiven Stoffe folgt nun das Stadium wissenschaftlicher Vertiefung, und schon die ersten Schritte in dieser Richtung haben eine völlige Umwandlung des physikalischen, astronomischen und geologischen Weltbildes eingeleitet.

Auch die Medizin, nach Überwindung eines anfänglichen Taumels, findet in ernsthafter Forschung Verständnis für langbekannte empirische Daten, und Mittel, wichtige Lebensvorgänge, Wachstum, Fermentationen, pathologische Prozesse weitgehend und oft in therapeutisch überraschend wertvollem Sinne zu verändern und zu beeinflussen.

Die zerstreuten Nachrichten aus dem Bereich der Biologie und praktischen Medizin zu sammeln und übersichtlich zusammenzufügen, ist die Hauptaufgabe dieser Zeitschrift.

Indessen kann die Medizin sich der radioaktiven Stoffe nur mit Sicherheit bedienen unter engster Anlehnung an deren Chemie und Physik; sie muß deren Fortschritten um so mehr folgen, als nur aus ihnen sichere Meßmethoden zu gewinnen sind, derer sie bei Anwendung so differenter Mittel dringend bedarf.

Wenige Mediziner aber sind imstande, den für Chemiker und Physiker bestimmten Publikationen mit Verständnis oder gar mit Kritik zu folgen. Es ist daher besonders zu begrüßen, daß ein bewährter Radiumforscher, Geheimrat Marekwald, sich bereit finden ließ, in die Redaktion einzutreten und den Konnex mit der Chemie und Physik dadurch zu unterhalten, daß er für Übersichtsartikel und kritische Referate Sorge trägt.

Damit ist Gewähr geleistet, daß die neue Zeitschrift dem Mediziner das Wissenswerte auf seinem Gebiete, jedem anderen Interessenten

zugleich eine Übersicht über die Gesamtgebiete der radioaktiven Stoffe bringen wird.

Möge sie Schritt halten mit dem Wachstum des Wissens und zahlreiche Freunde finden!

## **Einiges aus dem Gebiete der radioaktiven Erscheinungen.**

Von **W. Marcwald.**

Im Jahre 1896 entdeckte Röntgen die nach ihm benannten durchdringenden Strahlen, die außerhalb der längst bekannten Hittorfschen oder Crookeschen Röhren auftreten, wenn die in ihnen erzeugten Kathodenstrahlen die gegenüberliegende Glaswand treffen. Das Phänomen ist von einer lebhaften Fluoreszenz des Glases begleitet. Es lag daher nahe, zu einer Zeit, wo das Wesen der Erscheinung noch völlig im dunkeln lag, einen Zusammenhang zwischen dieser Phosphoreszenzerscheinung und dem Auftreten der Röntgenstrahlen zu vermuten. Dieser Gedanke gab einigen Physikern die Anregung zu untersuchen, ob nicht vielleicht ganz allgemein phosphoreszierende Körper die Eigenschaft zeigen, Röntgenstrahlen auszusenden.

Der französische Physiker Henri Becquerel wurde durch solche Überlegungen wenige Monate nach dem Bekanntwerden von Röntgens Entdeckung veranlaßt, mit Uransalzen in dieser Hinsicht Versuche anzustellen. Das Uran ist ein seltenes Metall, dessen Salze durchweg die Eigenschaft der Phosphoreszenz zeigen, d. h. sie leuchten, wenn sie belichtet gewesen sind, eine gewisse, übrigens nur sehr kurze Zeit, im Dunkeln nach. Solche Uransalze legte nun Becquerel auf in schwarzes Papier eingewickelte, photographische Platten und fand, daß nach mehrtägiger Einwirkung die Platte nach der Entwicklung dort, wo das Salz gelegen hatte, deutlich geschwärzt war. Durch diese Versuche schien zunächst bewiesen zu sein, daß die phosphoreszierenden Uransalze in geringem Maße Röntgenstrahlen aussenden. Indessen zeigte sich bald, daß die Erscheinung mit der Phosphoreszenz gar nichts zu tun hat. Denn erstens beobachtete man die gleiche Wirkung auf die photographische Platte, wenn man statt der phosphoreszierenden Uransalze das Uranoxyd oder Uranmetall, welche beide gar nicht phosphoreszieren, zur Anwendung brachte. Die Wirkung trat sogar noch schneller ein. Zweitens

wurden viele Körper, welche viel stärker als die Uransalze phosphoreszieren, in ähnlicher Weise untersucht, ohne daß eine von ihnen ausgehende, schwarzes Papier durchdringende Strahlung an der photographischen Platte hätte nachgewiesen werden können.

Unter diesen Umständen blieb, so unwahrscheinlich dies auch zunächst erscheinen mußte, nichts anderes übrig als anzunehmen, daß die beobachteten Erscheinungen ihre Quelle in dem Uran selbst fänden, und daß dieses Element und alle seine Verbindungen die Eigenschaft besäßen, unausgesetzt Energie auszusenden in Form von Strahlen, welche mit den Röntgenstrahlen jedenfalls eine gewisse Ähnlichkeit zeigen. Nach ihrem Entdecker wurden sie „Becquerelstrahlen“ genannt.

Die Strahlung des Urans ist nur sehr gering. Diejenige seiner Verbindungen hängt lediglich von ihrem Urangehalt ab. Um überhaupt eine deutliche photochemische Wirkung zu erzielen, muß man stundenlang exponieren. Will man aber nicht nur durch schwarzes Papier, sondern durch Holzkassetten oder dergleichen hindurch auf die photographische Platte wirken, so erfordert das eine Expositionszeit von mehreren Wochen.

Die Becquerelstrahlen lassen sich schneller und zuverlässiger noch auf andere Weise erkennen. Ultraviolette Lichtstrahlen, Röntgen- sowie Kathodenstrahlen besitzen die Eigenschaft, die Luft, die ja ein Nichtleiter der Elektrizität ist, in gewissem Grade leitend für den elektrischen Strom zu machen. Diese Eigenschaft zeigen nun auch die vom Uran ausgehenden Strahlen, und dadurch lassen sie sich an jedem Elektrometer, z. B. dem bekannten Goldblattelektroskop, leicht nachweisen. Nähert man einem aufgeladenen Elektroskop eine Uranverbindung, so wird jenes durch die Luft hindurch entladen, und wenn man die Geschwindigkeit mißt, mit welcher diese Entladung erfolgt, so hat man ein Maß für die von der Strahlungsquelle ausgesandte Energie.

Nachdem die Becquerelstrahlung an einem längst bekannten Stoff, dem Uran, entdeckt war, lag es nahe, zu prüfen, ob nicht auch andere bekannte Stoffe „radioaktiv“ seien. Alle bekannten Grundstoffe wurden sowohl auf photographischem Wege wie am Elektroskop untersucht. Es fand sich aber nur noch ein einziger, der in dieser Hinsicht dem Uran gleicht, nämlich das Thorium. Das Oxyd dieses Metalles bildet bekanntlich den Hauptbestandteil des Glühkörpers der Auerlampe. Es genügt, einen solchen Glühkörper einem Elektroskop zu nähern, oder ihn einige Tage auf eine

photographische Platte zu legen, um sich zu überzeugen, daß er die vom Uran angegebenen Erscheinungen gleichfalls zeigt.

Die Entdeckung Becquerels hatte eine noch interessantere Entdeckung zur Folge. Im Laboratorium dieses Forschers beschäftigte sich das Ehepaar Curie damit, die Radioaktivität der bekannten Uranmineralien, welche zur Gewinnung des Urans dienen, zu prüfen. Dabei hatten sie das überraschende Ergebnis, daß viele dieser Mineralien sich weit stärker aktiv zeigten als das Uran selbst, obwohl dieses doch nur einen gewissen Anteil jedes Minerals ausmachte. Die Forscher zogen aus dieser Entdeckung den, wie sich späterhin zeigte, berechtigten Schluß, daß in diesen Erzen noch irgend ein Stoff enthalten sein müßte, der viel stärker „radioaktiv“ als das Uran wäre. Eine sorgfältige analytische Untersuchung der Joachimsthaler Pechblende, des am leichtesten zugänglichen Uranminerals, bestätigte diese Vermutung. Es gelang dem Ehepaar Curie, hier das Vorkommen von zwei radioaktiven Elementen nachzuweisen, die Polonium und Radium genannt wurden. Beide wurden zunächst nur als Begleiter bekannter Grundstoffe, des Wismuts bzw. Baryums, abgeschieden, welche sich beide in sehr geringen Mengen in dem Erze vorfinden. Erst nach Verarbeitung vieler Tonnen des Erzes vermochte Frau Curie eine Menge von radiumhaltigen Baryumsalzen zu gewinnen, um durch ein höchst mühsames Kristallisationsverfahren einige Zehntelgramm reinen Radiumchlorides zu gewinnen.

Das Strahlungsvermögen dieses Salzes übertrifft dasjenige des Urans um das Millionenfache. Einige Milligramm davon genügen, um in wenigen Minuten den Röntgenbildern ähnliche photographische Aufnahmen zu machen, die freilich wegen der Komplexität der Strahlen an Schärfe zu wünschen übrig lassen. Beim Auftreffen der Strahlen auf phosphoreszierende Stoffe, wie z. B. die zur Röntgendurchleuchtung dienenden Baryumplatinzyanürschirme, werden diese zu lebhaftem Leuchten angeregt. Deshalb senden die Radiumsalze auch ein beständiges Eigenlicht aus.

Bei der Verarbeitung großer Mengen von Pechblende auf Radium wurden im Laufe der Zeit noch mehrere radioaktive Stoffe aufgefunden. Einer von ihnen begleitet das Blei, andere die Erden. Von ihnen seien hier nur Aktinium und Ionium genannt, deren Trennung von den ihnen verwandten Grundstoffen bisher nur unvollkommen geglückt ist. Nur das bereits erwähnte Polonium hat sich von denjenigen Elementen, die es begleitet, durch spezifische

Reaktionen abscheiden lassen. Indessen ist es in der Pechblende in so geringer Menge enthalten, daß bei der Verarbeitung von 5000 kg des Erzes nur  $\frac{1}{1000}$  g annähernd reinen Poloniums gewonnen wird.

Daß sich diese Spuren eines bis dahin unbekanntes Elementes überhaupt verrieten und aufgefunden werden konnten, ist lediglich ihrem Strahlungsvermögen zu verdanken, und die Art ihrer Entdeckung erinnert lebhaft an die Entdeckung der seltenen Alkalimetalle mittels der Spektralanalyse. Der Nachweis des Radiums mittels des Elektrometers ist millionenmal empfindlicher als der spektroskopische, obwohl das Spektrum des Elements höchst charakteristisch ist. Die Radioaktivität des Poloniums ist der des Radiums noch tausendmal überlegen. Um von der Empfindlichkeit der elektrometrischen Methode eine Vorstellung zu gewinnen, wollen wir annehmen, daß wir  $\frac{1}{1000}$  g Polonium auf einem Kupferband von der Länge des Äquators elektrolytisch niedergeschlagen hätten. Alsdann würde ein Abschnitt in der Länge von 2 cm, also der zweitausendmillionste Teil, noch reichlich genügen, um die Radioaktivität am Elektroskop sicher nachzuweisen, und die Zahl der Abschnitte würde ausreichen, um jedem Erdbewohner einen davon zur Anstellung des Versuchs zu überlassen.

Die eingehende Untersuchung des Wesens der „Becquerelstrahlen“ hat gezeigt, daß man es hier mit dreierlei verschiedenen Strahlenarten zu tun hat. Es würde den Rahmen dieser einführenden Besprechung weit überschreiten, wenn hier die Natur dieser Strahlungen erschöpfend behandelt werden sollte. Es muß daher genügen, sie kurz zu charakterisieren. Man unterscheidet  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen. Die  $\alpha$ -Strahlen sind sehr wenig durchdringend. Sie werden von Papier, dünnem Aluminiumblech und Glaswänden völlig absorbiert und vermögen selbst Luftschichten nur in einem Bereich von 3—9 cm zu durchdringen. Die  $\beta$ -Strahlen gehen durch Pappe, Aluminiumblech und dünne Holzbretter mit geringer Schwächung hindurch, werden dagegen von dichteren Stoffen, wie Eisen- oder Bleiplatten, zurückgehalten. Gleichen hierin die  $\beta$ -Strahlen den Röntgenstrahlen, so unterscheiden sie sich von ihnen charakteristisch in ihrem Verhalten gegen den Magneten. Ähnlich den Kathodenstrahlen werden sie durch starke Magnete aus ihrer Richtung abgelenkt, während auf Röntgenstrahlen der Magnet nicht einwirkt. Die in der evakuierten Glasbirne erzeugten Kathodenstrahlen sind freilich sehr wenig durchdringend, doch läßt sich dieser Unterschied



der Kathoden- und  $\beta$ -Strahlen unschwer durch die verschiedene Geschwindigkeit dieser Strahlen erklären. Beide werden als negativ geladene Massenteilchen, deren Größe weniger als den tausendsten Teil eines Wasserstoffatoms beträgt, Elektronen genannt, aufgefaßt.

Auch die  $\alpha$ -Strahlen werden, wenn auch in geringerem Maße als die  $\beta$ -Strahlen, vom Magneten abgelenkt, aber in entgegengesetzter Richtung wie diese. Sie sind also positiv geladene, größere Massenteilchen. Welcher Stoff hier der Träger der positiven Ladung ist, davon wird noch weiter unten die Rede sein.

Die  $\gamma$ -Strahlen sind die am wenigsten absorbierbaren Strahlen, die noch durch dicke Metallplatten hindurchzudringen vermögen. Da sie durch den Magneten nicht merklich abgelenkt werden, gleichen sie völlig sehr harten Röntgenstrahlen.

Jeder einheitliche, radioaktive Stoff sendet entweder nur  $\alpha$ -Strahlen oder  $\beta$ -Strahlen aus. Die  $\gamma$ -Strahlen treten neben den  $\beta$ -Strahlen als eine sekundäre Erscheinung auf. Wenn Uran und Radium alle drei Strahlenarten auszusenden scheinen, so liegt das nur daran, daß sich diesen Stoffen, wie wir alsbald sehen werden, bei der Aufbewahrung andere beimischen. Polonium liefert z. B. nur  $\alpha$ -Strahlen.

Wenn die Strahlen irgend welche Wirkungen ausüben sollen, so muß selbstverständlich nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie die Strahlung geschwächt werden. Je stärker die Absorption ist, um so größer wird die Wirkung sein. Das bequemste Maß, um Energie zu messen, ist ihre Umwandlung in Wärme. Schließt man Radiumsalz in eine Bleikapsel ein und bringt diese in ein Kalorimeter, so kann man die durch die Absorption der Strahlung erzeugte Wärme messen. Diese ist sehr beträchtlich. Denn 1 g Radiumchlorid liefert in der Stunde mehr als 100 Kalorien, d. h. es gibt mehr Wärme ab, als ausreichen würde, um 100 g Wasser um 1° zu erwärmen. Daraus läßt sich berechnen, daß 6 kg Radium stündlich die Arbeit einer Pferdekraft leisten würden.

Seit der Entdeckung der Radioaktivität hat die Frage nach dem Ursprung der in der Becquerelstrahlung scheinbar unerschöpflich auftretenden Energie das höchste Interesse in Anspruch genommen. Schien doch anfänglich dieses Phänomen mit dem Gesetz von der Erhaltung der Energie kaum vereinbar. Schon frühzeitig hat E. Rutherford durch eine sehr scharfsinnige Hypothese die Radioaktivität mit jenem Grundgesetz der Physik in Einklang zu setzen gesucht. Diese Hypothese hat sich im weiteren Verlauf der experimentellen

Erforschung dieses Gegenstandes so glänzend bewährt, daß man heute von ihr als der allgemein anerkannten Theorie der Radioaktivität sprechen kann.

Rutherfords Hypothese ging von einer Beobachtung aus, die er zuerst an den schwach radioaktiven Elementen, Thor und Uran, gemacht hat. Aus diesen Stoffen lassen sich durch geeignete chemische Reaktionen Oxyde oder Salze gewinnen, welche denjenigen der Ausgangsstoffe in bezug auf ihr Strahlungsvermögen nicht mehr völlig gleichen. Löst man z. B. kristallwasserhaltiges Urannitrat in Äthyläther auf, so erhält man eine wässrige Schicht, die sehr wenig Uransalz gelöst enthält. Verdampft man diese Lösung, so hinterbleibt eine äußerst geringe Menge einer Substanz, welche keine  $\alpha$ -Strahlen, aber sehr stark  $\beta$ -Strahlen aussendet. Die aus der ätherischen Lösung zurückgewonnene Hauptmenge des Salzes hingegen sendet nur  $\alpha$ -Strahlen, aber keine  $\beta$ -Strahlen aus. Demnach ist vom Uran ein Bestandteil abgesondert worden, welcher der Träger der  $\beta$ -Strahlung ist. Rutherford nennt ihn Uran X. Im Verlaufe von einigen Monaten verschwindet nun die Strahlung des Uran X völlig; in demselben Tempo aber nimmt das davon befreite Uran wieder  $\beta$ -Strahlung an. Man kann dem genügend abgelagerten Uran immer wieder auf dem angegebenen oder auch einigen anderen Wegen Uran X entziehen und so den Vorgang sich beliebig oft wiederholen lassen. Aus der Abklingungskurve des Uran X ergibt sich, daß die Abnahme in geometrischer Progression verläuft. In 22 Tagen sinkt die Wirkung auf die Hälfte, in der doppelten Zeit auf ein Viertel, in 66 Tagen auf ein Achtel usw.

Diese Beobachtungen hat nun Rutherford durch die Hypothese gedeutet, daß das Uran X ein in schneller Umwandlung begriffener Stoff sei. Er entsteht aus dem Uran, zerfällt aber sehr schnell weiter. Deswegen kann immer nur ein unwägbare kleiner Teil des Urans aus Uran X bestehen. Aus theoretischen Gründen muß ein solcher Zerfall in geometrischer Progression fortschreiten.

Ganz ähnliche, nur noch kompliziertere Verhältnisse hat Rutherford am Thorium aufgedeckt. Es gelang ihm, hier ein Thorium X abzuscheiden, dessen Strahlungsvermögen schon in vier Tagen auf die Hälfte sinkt; ferner aber gelang es auch, das Zerfallsprodukt des Thorium X zu fassen. Dieses sendet nämlich, indem es zerfällt, ein chemisch indifferentes Gas, die sog. Emanation aus, welche gleichfalls radioaktiv ist. Die Aktivität dieser Thoriumemanation sinkt schon in 50 Sekunden auf die Hälfte; sie ist also

in sehr schnellem Zerfall begriffen. Leitet man durch eine Thoriumsalzlösung Luft, so führt diese beständig von dieser Emanation mit sich fort. Die Wände der Gefäße, die der Gasstrom passiert, belegen sich bald mit einer natürlich wegen ihrer geringen Menge unsichtbaren, aber durch ihr Ionisationsvermögen nachweisbaren radioaktiven Substanz, welche wiederum das Umwandlungsprodukt der Emanation darstellt. Sie wird als Thorium *A* bezeichnet und hat eine viel längere Lebensdauer als die Emanation, denn ihre Aktivität sinkt erst in zehn Stunden auf die Hälfte. Daß es sich hier wirklich um einen Stoff und nicht etwa, wie man anfänglich annahm, um „induzierte“ Aktivität handelt, ist dadurch bewiesen, daß man den Stoff durch chemische Agenzien, z. B. Salzsäure, von den Gefäßwänden ablösen kann. Sammelt man die Säure in einem Schälchen und verdampft sie, so befindet sich nunmehr der unsichtbare, radioaktive Stoff in diesem Schälchen. Er geht im Zerfall in einen anderen aktiven Stoff, Thorium *B*, dieser in Thorium *C*, letzterer in Thorium *D* über, dessen weiteres Umwandlungsprodukt noch nicht bekannt ist. Jedes dieser „Metabole“ ist durch seine Umwandlungszeit und sein Strahlungsvermögen charakterisiert.

Alle diese Verhältnisse lassen sich durch die Hypothese deuten: Radioaktive Stoffe sind in Umwandlung begriffene Stoffe. Damit ist auch die Quelle für die von diesen Stoffen ausgesandte Energie gegeben. Bei der Umwandlung eines radioaktiven Elements entsteht ein solches, dessen Atome einen geringeren Energiegehalt besitzen.

Hiernach haben wir anzunehmen, daß auch Uran und Thorium in einem beständigen Zerfall begriffen sind. Nur ist ihre Lebensdauer sehr groß. In grober Schätzung würde erst nach mehreren Milliarden Jahren die Hälfte ihrer Atome umgewandelt werden. Von ganz anderer Größenordnung muß die Lebensdauer des Radiums angenommen werden. In roher Annäherung läßt sich aus hier nicht näher zu erörternden Gründen schätzen, daß die Hälfte in 2000 Jahren zerfallen ist.

Auch das Radium liefert als erstes Umwandlungsprodukt eine Emanation, die in vier Tagen auf die Hälfte abklingt. Diese Emanation entweicht aber nur aus Lösungen der Radiumsalze oder beim Erhitzen der trockenen Substanz. Andernfalls bleiben die geringen Gasmengen, die unter Bildung fester Produkte weiter zerfallen, sich also nicht zu beträchtlicher Menge ansammeln können, in dem festen Salze okkludiert. Die Wirkung der Emanation und

ihrer Zerfallsprodukte macht den größten Teil des Strahlungsvermögens der trockenen Radiumsalze aus. Denn wenn man solches Salz in Wasser löst und dann wieder eintrocknet, so zeigt es nur noch etwa ein Viertel der früheren  $\alpha$ -Strahlung; die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlungen sind völlig verschwunden. Erst nach mehreren Wochen hat es durch Nachbildung der Emanation seine frühere Aktivität wieder erlangt.

Wenn man sich nun die Frage vorlegt, woher das Radium in den Uranmineralien stammt, deren Alter doch weit über die Lebensdauer des Radiums hinausgeht, so liegt die Hypothese nahe, daß das Uran selbst die Stammsubstanz des Radiums ist. Diese Hypothese wird zunächst dadurch bestätigt, daß sich Radium in allen Uranmineralien, und zwar innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler in einem konstanten Verhältnis zum Urangehalt findet. Dieses Verhältnis beträgt etwa 1:3000000. Wie wir vorher sahen, wandelt sich Uran in Uran X um. Dessen weiteres Zerfallsprodukt ist aber nicht direkt Radium, sonst müßte man wegen der Feinheit der Meßmethoden die Entstehung des Radiums im Uran unschwer nachweisen können.

Nun hat man neuerdings in den Uranerzen noch eine Erde, die chemisch dem Thorium sehr nahe steht, aufgefunden, das „Ionium“. Diese Erde ist  $\alpha$ -strahlend, sendet aber keine Emanation aus. Bewahrt man sie auf, so kann man sehr bald nachweisen, daß sie Radiumemanation auszusenden beginnt, und dieses Emanierungsvermögen nimmt proportional der Beobachtungszeit zu. Man ist daher genötigt anzunehmen, daß bei der radioaktiven Umwandlung des Ioniums Radium entsteht, und zwar mit einer sehr langsamen Zerfallsperiode des ersteren von schätzungsweise 20000 Jahren. Wenn es noch gelingt, die Entstehung des Ioniums aus dem Uran experimentell nachzuweisen, so ist der Übergang des Uran in Radium lückenlos erwiesen.

Sehr gründlich sind die weiteren Umwandlungsprodukte der Radiumemanation studiert worden. Man hat deren sechs sicher aufgefunden und durch ihre Halbierungskonstanten charakterisiert. Sie werden als Radium *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* bezeichnet. Von ihnen sendet das Radium *A*, ebenso wie Radium selbst und seine Emanation, nur  $\alpha$ -Strahlen aus. Radium *C* gibt  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung. Wenn also Radiumsalze  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen aussenden, so rührt dies lediglich von dem durch Abbau gebildeten Radium *C* her.

Von diesen Zerfallsprodukten des Radiums bietet das Radium *F*

besonderes Interesse, weil es mit dem Polonium identisch ist. Auch das Polonium zeigt nämlich eine regelmäßige Abnahme seines Strahlungsvermögens, und zwar büßt es in 140 Tagen die Hälfte seiner Wirkung ein. Die gleiche Halbierungskonstante zeigt nun auch das Radium *F*, das letzte experimentell nachgewiesene Umwandlungsprodukt des Radiums.

In welchen Stoff sich das Polonium umwandelt, ist noch nicht sicher festgestellt. Da es sich aber in einen strahlenlosen Stoff umwandelt, so liegt es nahe anzunehmen, daß daraus eines der altbekannten Elemente entsteht. Diese Überlegung gibt nun auch eine Vermutung an die Hand, welcher Grundstoff wohl daraus entstehen könnte. Denn dieser muß sich offenbar in allen Uranerzen, die seit dem Entstehen unserer festen Erdkrinde abgelagert sind, in beträchtlichem Maße vorfinden. Nun enthalten alle Uranerze Blei, und zwar ist dieser Bleigehalt bei allen Erzen eines Fundortes, die also das gleiche Alter haben werden, annähernd konstant, und er ist um so höher, je älter aus geologischen Gründen die Ablagerung des Erzes anzunehmen ist. Diese Tatsachen besonders haben auf die Vermutung geführt, daß das Blei das Endprodukt der radioaktiven Umwandlung des Urans sein dürfte.

Neben dieser langen Reihe von Zerfallsprodukten des Urans, von denen eines immer das folgende erzeugt, findet sich regelmäßig in den Uranerzen noch eine Erde, das oben schon genannte Aktinium, ebenfalls in einem konstanten Verhältnis zum Urangelalt. Man vermutet deshalb auch hier einen genetischen Zusammenhang, der aber noch nicht nachgewiesen werden konnte. Das Aktinium zerfällt unter Bildung einer sehr kurzlebigen Emanation, die schon in vier Sekunden zur Hälfte zerfällt. Von ihr leiten sich wiederum andere radioaktive Elemente ab. Im ganzen sind jetzt etwa 30 radioaktive Grundstoffe beobachtet worden, von denen allerdings die meisten lediglich durch ihre Strahlung und ihre Zerfallsperiode charakterisiert sind.

In neuester Zeit hat ein Umwandlungsprodukt des Thoriums besondere Bedeutung erlangt, weil es erst in 5—6 Jahren zur Hälfte zerfällt und dabei in ein stark  $\beta$ - und  $\gamma$ -strahlendes Metabolon übergeht. Es wird aus den Ablaugen der Thoriumfabrikation gewonnen und ist vielleicht geeignet, das Radium in solchen Fällen zu ersetzen, wo die Konstanz der Strahlung und die Emanationswirkung keine Rolle spielen.

Beim Zerfall der radioaktiven Stoffe kann außer den genannten

Produkten noch ein anderes Element auftreten, nämlich das Helium. Aus der Ablenkung, die die  $\alpha$ -Strahlen durch ein magnetisches Feld erleiden, kann man ihre Masse berechnen. Dabei ergab sich, daß die  $\alpha$ -Teilchen, verglichen mit der Masse eines positiven Wasserstoffions, bei gleicher Ladung die doppelte Masse besitzen. Nun ist unter allen bekannten Grundstoffen dasjenige, dessen Atomgewicht dem des Wasserstoffes — bekanntlich das Element von kleinstem Atomgewicht — am nächsten kommt, das Helium. Sein Atom ist etwa viermal so schwer als das Wasserstoffatom. Man konnte daher vermuten, daß die  $\alpha$ -Teilchen Heliumatome seien, die die doppelte elektrische Ladung transportieren wie ein Wasserstoffion. Diese Hypothese wurde von Ramsay experimentell dadurch bestätigt, daß er zeigte, daß die Radiumemanation bei ihrem Zerfall Helium bildet. Wenn man die aus einer größeren Menge Radium entstehende Emanation in einem evakuierten Glasröhrchen ansammelt, so zeigt beim Durchgang des elektrischen Stromes dieses Gas zunächst ein ihm selbst eigenes Spektrum. Nach einigen Tagen aber treten an dessen Stelle die Heliumlinien auf. Schon länger ist die Tatsache bekannt, daß alle Uranerze Helium in kleinen Mengen eingeschlossen enthalten.

Wenn die Lebensdauer der radioaktiven Elemente in einigen Fällen nach Sekunden, in anderen nach Jahrmilliarden zählt, so wird der Gedanke nahegelegt, ob nicht auch die übrigen Elemente sich in einer Entwicklung befinden, welche noch langsamer vor sich geht als diejenige des Urans und ohne nachweisbare Strahlung verläuft. Wenn wir uns vergegenwärtigen, daß das Baryum dem Radium in jeder Beziehung mehr ähnelt als irgend einem anderen bekannten Element, so wird uns in der Tat die Vorstellung wenig plausibel erscheinen, daß diese beiden Stoffe sich in bezug auf die Radioaktivität prinzipiell und nicht nur graduell unterscheiden sollen. Wir kennen viele Elemente, die, wie Uran und Radium, in der Natur regelmäßig vergesellschaftet vorkommen. Dahin gehören Silber und Blei, Nickel und Kobalt, Niob und Tantal u. a. m. Liegt es nicht nahe, auch zwischen solchen Elementen einen genetischen Zusammenhang zu vermuten?

Die radioaktiven Elemente haben uns gelehrt, daß den Atomen eine ungeheure Energie innewohnt, von deren Existenz wir früher nichts ahnten. Wir sahen, daß ein Gramm Radium in der Stunde 100 Kalorien entwickelt, und daß in 2000 Jahren die Hälfte umgewandelt wird. Daraus läßt sich berechnen, daß die gesamte in

einem Gramm Radium verfügbare Energie derjenigen gleichkommt, die 500 kg Kohle bei der Verbrennung zu liefern vermögen. Daß zwei einander so ähnliche Stoffe wie Radium und Baryum sich in ihren Energie-Inhalten so unterscheiden sollten, daß beide von ganz verschiedener Größenordnung wären, ist nicht anzunehmen. Vielmehr werden wir uns vorzustellen haben, daß auch in den Atomen der nichtstrahlenden Elemente enorme Energiemengen aufgespeichert ruhen. Wir können theoretisch die Möglichkeit nicht mehr von der Hand weisen, daß es auch dem Chemiker einst gelingen möchte, ein Element in ein anderes umzuwandeln. Aber der radioaktive Zerfall lehrt uns, daß bei der Umwandlung eines Grundstoffes in einen anderen ungeheure Energiemengen entweder aufgewendet werden müßten oder andererseits gewonnen werden würden. Wenn sich daher der Traum der Alchimisten einst erfüllen sollte, daß die Umwandlung des Bleis in Gold gelänge, so würde der Wert des dabei gewonnenen Goldes ganz unbedeutend sein im Vergleich zu dem Werte der dabei gewonnenen Energie.

Doch kehren wir jetzt aus dem Reiche der Phantasie in die Wirklichkeit zurück! Wir haben gesehen, daß man vermittelt des Elektrometers imstande ist, die geringsten Spuren von radioaktiven Stoffen nachzuweisen. Durch Bestimmung ihrer Halbwertsperiode aber oder derjenigen ihrer Zerfallsprodukte hat man auch die Möglichkeit, jeden radioaktiven Stoff, der in noch so kleiner Menge vorliegt, von jedem anderen zu unterscheiden. Diese feinen und zuverlässigen Meßmethoden haben zu der Erkenntnis geführt, daß die radioaktiven Stoffe auf unserem Weltkörper sehr verbreitet sind.

Den Physikern war es längst bekannt, daß die atmosphärische Luft niemals völlig frei von Ionen ist. Elster und Geitel haben nun nachgewiesen, daß dieses Leitvermögen der Luft von einem Gehalt an Radiumemanation herrührt. Sie spannten einen 30 m langen Kupferdraht in freier Luft auf, luden ihn auf ein hohes negatives Potential auf und fanden diesen Draht nach einigen Stunden sehr merklich radioaktiv. Die darauf niedergeschlagene, radioaktive Substanz erwies sich in jeder Hinsicht, namentlich durch die Abklingungsgeschwindigkeit der Aktivität, identisch mit den Zerfallsprodukten der Radiumemanation.

Der Gehalt der atmosphärischen Luft an Emanation ist örtlich wie zeitlich recht schwankend. Im allgemeinen steigt er in der Richtung vom Meere zum Gebirge und ändert sich mit der Windrichtung und dem Barometerstand. Die Luft am Erdboden ist

stärker ionisiert als diejenige in höheren Schichten. Besonders reich an Emanation ist Luft aus dem Erdboden, Kellerluft und Höhlenluft. Das ist sehr begreiflich, weil die Emanation einem Gehalt des Erdbodens an Radium entstammt.

Die meisten Erdböden sind radiumhaltig, namentlich die Tonböden. Besonders stark radioaktiv sind Erdarten vulkanischen Ursprunges und Höhlenlehme, wie z. B. der Fangoschlamm aus Bataglia und vulkanische Ablagerungen und Höhlenlehme aus Capri. Doch selbst der Gehalt dieser Böden an Radium beträgt noch nicht ein Tausendstel von dem der Joachimsthaler Pechblende. Erheblich höher ist die Radioaktivität der Sedimente mancher Heilquellen. Hat sich doch der Schlamm der Baden-Badener Hauptstollenquelle und des „Ursprungs“ nahezu hundertmal stärker aktiv erwiesen als der Fangoschlamm.

Die hohe Aktivität der Quellsedimente ist darauf zurückzuführen, daß solche Heilquellen Radium enthalten. Jedes Quellwasser führt nachweisbare Mengen von radioaktiver Emanation mit sich, in den Heilquellen aber findet sie sich häufig in viel höherem Grade. Die Gasteiner, Baden-Badener, Wiesbadener, Kreuznacher Quellen, diejenigen der böhmischen Bäder und viele andere enthalten reichlich Radiumemanation, deren Menge vielfach ein wenig schwankt.

Durchschnittlich enthält unsere feste Erdrinde in einem Kubikmeter nicht viel mehr als den billionsten Teil eines Grammes Radium. So gering diese Menge auch ist, so würde sie doch, wenn man im Erdkern den gleichen Radiumgehalt annimmt, genügen, um nicht nur den Wärmeverlust, den unser Weltkörper durch Ausstrahlung in den Weltenraum erleidet, zu ersetzen, sondern sie würde sogar eine Temperatursteigerung unserer Erde bedingen. Da bekanntlich das Gegenteil der Fall ist, so muß entweder das Erdinnere ärmer an radioaktiven Stoffen sein, oder wir müssen annehmen, daß unter dem ungeheuren Druck und der hohen Temperatur des Erdinnern die radioaktiven Prozesse langsamer, wenn nicht sogar in umgekehrter Richtung verlaufen.

Wie dem auch sei, jedenfalls ist die Erkenntnis von der allgemeinen Verbreitung des Radiums auf der Erde geeignet, einen Widerspruch aufzuklären, der bisher in den Anschauungen der Geologen und Physiker über das Alter der Erdrinde bestand. Während erstere genötigt sind, das Alter der festen Erdrinde auf 1000 Millionen Jahre zu schätzen, hatte Lord Kelvin aus der Erstarrungstemperatur, der geothermischen Tiefenstufe und der Wärmekapazität der



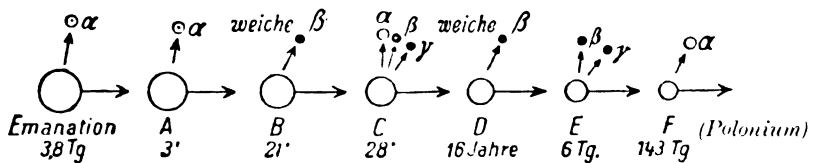
Erdoberfläche ein Maximalalter von 40 Millionen Jahren berechnet. Bei dieser Berechnung war natürlich die Möglichkeit, daß aus der Erde selbst eine dauernde Wärmezufuhr stattfände, nicht berücksichtigt worden, die nunmehr durch die Entdeckung der radioaktiven Stoffe sicher erwiesen ist.

### Einiges über die biologischen Eigenschaften der Radiumemanation und ihre Anwendung bei Krankheiten.

Von Dr. F. Gudzent, Assistenten der I. Mediz. Klinik, Berlin.

Vom Radium und seinen Zerfallsprodukten gehen sowohl Lokalwirkungen, ähnlich denen der Röntgenstrahlen, als auch Allgemeinwirkungen aus. Während die Lokalwirkungen in der Hauptsache hervorgerufen werden von den beim Zerfall starker Radiumpräparate emittierten  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen, sind die Allgemeinwirkungen im wesentlichen ein Ausdruck der Wirkungen der Radiumemanation und ihrer Zerfallsprodukte. Diese Allgemeinwirkungen sind nun besonders von deutschen Autoren erfolgreich studiert worden. Ausgehend von den empirischen Beobachtungen über Heilwirkung der Radiumemanation in den Bädern mit radioaktiven Quellen hat man durch experimentelle Untersuchungen mit künstlicher Radiumemanation aufzuklären unternommen, wie sich die Radiumemanation im Organismus verhält, und welche biologischen Reaktionen sie dort hervorbringt. Unsere Kenntnisse hierüber sind im gegenwärtigen Zeitmoment so vorgeschritten, daß der Versuch einer gemeinverständlichen Darstellung gerechtfertigt erscheint.

Um ein leichteres Verständnis für die folgenden Ausführungen zu finden, ist es notwendig, die physikalischen Eigenschaften der Radiumemanation und ihrer Zerfallsprodukte kurz wiederzugeben. Folgendes Schema sei vorangestellt:



Die Radiumemanation ist ein Gas mit allen Eigenschaften eines solchen; sie zerfällt unter Abgabe von  $\alpha$ -Strahlen so, daß nach 3,8 Tagen nur noch die Hälfte ihrer ursprünglichen Masse vorhanden ist. Die entstehenden Zerfallsprodukte Radium A, B, C, D, E und F sind im Gegensatz zu ihrer Muttersubstanz feste Körper, die mehr oder weniger schnell sich nacheinander umwandeln und hierbei ebenfalls Strahlen emittieren. Bis vor kurzem hat man bei Radium D eine Emission von Strahlen nicht nachweisen können. Dr. Hahn, Berlin, hat aber gefunden, daß Radium D bei seinem Zerfall weiche  $\beta$ -Strahlen abgibt.

Radium A, B und C haben eine Halbwertszeit von nur einigen Minuten; sie trennen sich also als eine besondere Gruppe ab von Radium D, E und F, von denen D eine Halbwertszeit von 16 Jahren, E von 6 Tagen und F von 144 Tagen hat.

Die biologische Wirkung der Radiumemanation geht aus von den beim Zerfall emittierten  $\alpha$ -Strahlen und den weiteren Zerfallsprodukten, die bei ihrem Zerfall  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen abgeben und im Gegensatz zur Emanation feste Körper sind. Eine besonders interessante Stellung kommt dem langlebigsten der Zerfallsprodukte, dem Radium D, zu; es hebt sich von den anderen Zerfallsprodukten dadurch ab, daß es nach den Feststellungen von Dr. Hahn  $\beta$ -Strahlen von sehr geringer Durchdringungskraft emittiert und nach meiner Feststellung Mononatriumurat in leichter lösliche Körper umzuwandeln und bis zu Kohlensäure und Ammoniak zu zersetzen vermag. Über die letzte Eigenschaft wird später ausführlicher die Rede sein.

Die Radiumemanation verhält sich dem menschlichen Organismus gegenüber wie ein indifferentes Gas. Auch von sehr großen Dosen hat man bisher keinerlei Schädigungen gesehen. Die in den Körper (Atmung, Verdauungstraktus, Injektion) aufgenommene Emanation verläßt ihn mit der Ausatemungsluft innerhalb weniger Minuten fast restlos. Nur ein äußerst geringer Prozentsatz wird im Urin ausgeschieden. Ob eine Aufnahme und Abgabe durch die Haut erfolgt, ist noch strittig. Das Blut transportiert die aufgenommene Emanation bis in die Zellen des Organismus, wo sie selbst nebst den immerfort entstehenden festen Zerfallsprodukten ihre biologische Wirkung entfalten kann.

Wie lange Zeit die festen Zerfallsprodukte im Körper verbleiben, läßt sich vorläufig noch nicht genau angeben. Nach den Arbeiten von Ramsauer und Caan über Radiumausscheidung im Urin ist

aber anzunehmen, daß die Ausscheidung sich über einen Zeitraum von mehreren Jahren hinziehen kann.

Worin bestehen nun die Einwirkungen? Bei der Röntgen- und Radiumbestrahlung hat man mit Sicherheit bakterientötende und wachstumshemmende Wirkungen beobachten können. Es lag demnach nahe, an bakterizide Eigenschaften der Emanation zu denken. In der Tat hat eine Reihe von Autoren eine solche geglaubt nachweisen zu können. Loewenthal, Braunschweig, hat dann aber durch überzeugende Experimente dargetan, daß bei den therapeutisch angewandten Emanationsmengen ein bakterizider Effekt ausgeschlossen ist. Ebenso unhaltbar haben sich durch die Untersuchungen des genannten Autors die Behauptungen erwiesen, daß das Lezithin der Zellen durch Emanation zersetzt und durch autolytische Fermente angreifbar wird, daß Toxine im Tierkörper durch Emanation zerstört und daß rote Blutkörperchen, Ambozeptoren, Komplement verändert werden können.

Dahingegen hat sich der Gedanke, die spezifische Einwirkung der Emanation auf den Organismus in einer Beeinflussung der Körperfermente zu suchen, als richtig erwiesen. Neuberg hat durch Radiumbestrahlung am Karzinom, Wohlgemuth an tuberkulösem Lungengewebe eine erhebliche Steigerung der Autolyse gesehen und auf eine Aktivierung der autolytischen Fermente zurückgeführt. Als bald hat man diese aktivierende Eigenschaft des Radiums auch für die Radiumemanation nachweisen können, so Braunstein und Bergell für das Pankreasferment, Bergell und Bickel für das Pepsin, Richet für die Milchsäuregärung.

Eine Sicherung der bisherigen Kenntnisse nach dieser Richtung und ihre weitere Vertiefung brachten aber erst die systematischen Untersuchungen von Loewenthal, Braunschweig, in Gemeinschaft mit Edelstein und Wohlgemuth. Das Ergebnis dieser Arbeit war der überzeugende Nachweis, daß die Radiumemanation die autolytischen Fermente, ferner das diastatische Ferment aktiviert.

Von ganz anderen Gesichtspunkten aus unternommene Studien sollten weiterhin zur Entdeckung neuer andersartiger Wirkungen der Radiumemanation führen. Untersuchungen über das physikalisch-chemische Verhalten der Harnsäure und ihrer Salze, die von His und Paul begonnen und von mir fortgeführt worden waren, hatten mich nämlich bezüglich der Harnsäure zur Feststellung geführt, daß diese im Blut nur als Salz, und zwar als Mononatriumurat,

existieren kann. Ich fand nun weiter, daß dieses Mononatriumurat in zwei isomeren Formen auftritt, von denen die zuerst entstehende Form, das Laktamurat, zwar löslicher, aber unstabil ist und sich allmählich in die stabile, aber weniger lösliche Form, das Laktimurat, umlagert.



Die Löslichkeit der zuerst entstehenden Form beträgt in 100 ccm Serum 18,4 mg, die der umgewandelten stabilen Form nur 8,3 mg. Das hervorstechendste Symptom bei der Gicht ist nun die Urikämie, die dauernde Anwesenheit der Harnsäure im Blut.

Ich vermochte nun auf Grund der gefundenen Löslichkeitswerte zahlenmäßig festzustellen, daß bei dieser Krankheit, bei der das Urat in seiner stabilen, aber weniger löslichen Form anwesend sein muß, das Blut zu gewissen Zeiten mit Harnsäure übersättigt ist. Diese Erkenntnis veranlaßte mich, nach Mitteln zu suchen, durch die diese für den Organismus offenbar schädlichen Vorgänge verhindert werden konnten. Systematische Untersuchungen führten mich dann auch zur Feststellung der Tatsache, daß durch eines der Zerfallsprodukte der Radiumemanation, und zwar durch Radium D, von dem vor kurzem Dr. Hahn nachgewiesen hat, daß es bei seinem Zerfall ganz weiche  $\beta$ -Strahlen emittiert, das Mononatriumurat in sehr viel löslichere Körper umgewandelt und dann weiter bis zu Kohlensäure und Ammoniak zersetzt wird.

Die Wiedergabe eines Auszuges aus meinen Protokollen soll zeigen, wie diese Eigenschaft gefunden wurde.

### Versuchsordnung.

Sämtliche Versuche sind bei der Temperatur von 37° vorgenommen. Die stabile Laktimform des Mononatriumurats wird in physiologischer Kochsalzlösung bzw. in reinem Wasser zur Lösung gebracht; als Gefäß dient eine größere Flasche (Pulverflasche); durch einen aufrechtstehenden Rührer mit Quecksilberschluß, dessen Antrieb durch eine Wasserturbine erfolgt, wird das Urat mit seinem Lösungsmedium kräftig geschüttelt. Die Flasche befindet sich in einem Thermostaten, der die Temperatur konstant auf 37° hält. Durch eine Hebevorrichtung wird in bestimmten Zeitabschnitten eine bestimmte Menge aus dem Lösungsgefäße entnommen, filtriert und der Gehalt des Filtrats an N nach Kjeldahl bestimmt.

### Vorversuch.

Es mußte natürlich zunächst festgestellt werden, daß das **Mononatriumurat** in physiologischer Kochsalzlösung oder in reinem Wasser ohne Zuführung irgend welcher anderer fremder Stoffe sich nicht verändert.

Bei Beginn des Versuches waren vorhanden in 100 ccm physiologischer Kochsalzlösung 2,4 mg N (9 mg Mononatriumurat).

Nach drei Wochen waren vorhanden in 100 ccm 2,4 mg N (9 mg Mononatriumurat).

Die vielfache Wiederholung dieses Versuches hat immer das gleiche Resultat ergeben. Das gleiche gilt, wenn als Lösungsmittel reines Wasser dient.

Das Mononatriumurat bleibt also in physiologischer Kochsalzlösung bzw. in reinem Wasser unverändert.

### Versuch mit Radiumemanation.

Durch das Versuchsgefäß, in welchem sich physiologische Kochsalzlösung ohne Mononatriumurat befand, wurde Radiumemanation mehrere Tage lang (um ein gewisses Gleichgewicht zwischen der abgegebenen und der sich im Versuchsgefäße ansammelnden Emanationsmenge zu erzielen) hindurchgeleitet, alsdann Mononatriumurat in fester Substanz zugesetzt und nun unter ununterbrochener Durchleitung von Emanation in bestimmten Zeitabständen die Löslichkeitsveränderung des Mononatriumurats, wie in der Versuchsanordnung beschrieben, festgestellt.

					in 100 ccm 2,4 mg N (9 mg Mono-
					natriumurat)
nach 24 Stunden	waren	vorhanden	„	100	„ 2,6 „ N
„ 40	„	„	„	100	„ 6,37 „ N
„ 67	„	„	„	100	„ 10,29 „ N
„ 90	„	„	„	100	„ 14,5 „ N
„ 138	„	„	„	100	„ 20,23 „ N

Auch diese Versuche sind vielfach und immer mit demselben Erfolge wiederholt. Durch Vorversuche war festgestellt worden, daß die durchgesaugte Luft ohne Emanation das Mononatriumurat unverändert läßt. Demnach ist erwiesen, daß durch die Radiumemanation eine gewaltige Zunahme des N-Gehaltes der Lösung, die vorher ohne Emanation ausblieb, erzielt werden kann.

Es war nun weiter zu entscheiden, worauf die Wirkung der Emanation beruht, d. h. ob die Wirkung hervorgerufen wird durch die emittierten  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen der gewöhnlichen Art oder durch die wenig durchdringenden  $\beta$ -Strahlen des Radium D.

**Versuch mit  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen.**

Reines Polonium emittiert bekanntlich nur  $\alpha$ -Strahlen, Radiumsalz  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen. Schließt man das Radiumsalz in eine Glashülse ein, so werden die  $\alpha$ -Strahlen zurückgehalten, und nur  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen gehen hindurch. Ich fügte nun in einem Versuche der Mononatriumurat-Lösung Polonium ( $\alpha$ -Strahlen), in einem zweiten Versuche 7 mg Radiumbromid, das in einer zugeschmolzenen Glashülse eingeschlossen war ( $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen), hinzu.

a) Versuch mit Polonium ( $\alpha$ -Strahlen).

Bei Beginn sind in 100 ccm physiologischer Kochsalzlösung gelöst 9 mg Mononatriumurat.

Nach vierzehn Tagen Schütteldauer sind in 100 ccm physiologischer Kochsalzlösung gelöst 9 mg Mononatriumurat.

b) Versuch mit 7 mg Radiumbromid ( $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen).

Es ergibt sich der gleiche Effekt wie beim Polonium.

Mithin hat mit absoluter Sicherheit festgestellt werden können, daß die  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen auf das Mononatriumurat keinen löslichkeitserhöhenden Einfluß ausüben.

**Versuch mit Radium D.**

Radium D wurde in folgender Weise isoliert:

Physiologische Kochsalzlösung bzw. reines Wasser wird durch Emanation emaniert. Nach 8 Tagen wird die Emanation durch Auskochen entfernt, das Lösungsmedium 48 Stunden stehen gelassen, in welcher Zeit Radium A, B, C ebenfalls bis auf geringe Spuren verschwunden sein mußten, und nun zu diesem in überwiegender Masse nur noch das langlebige Radium D enthaltene Lösungsmedium Mononatriumurat hinzugefügt und dessen Löslichkeitsveränderung in der früher beschriebenen Weise bestimmt.

Bei Beginn des Versuches sind in 100 ccm Lösung 2,4 g (9 mg Mononatriumurat)

nach 24 Stunden . . . . .	100	2.7	„
„ 48 „ . . . . .	100	9.94	„
„ 72 „ . . . . .	100	13.8	„

Bei der vielfachen Wiederholung dieses Versuches hat sich immer wieder dasselbe Resultat ergeben.

Demnach ist erwiesen, daß der eigentlich wirksame Körper das Radium D ist.

Einer unserer Mitarbeiter, Dr. Fofanow, Kasan, studierte nun diejenigen Veränderungen, welche durch Radiumemanation auf künstlich erzeugte Ablagerungen von Mononatriumurat im Organismus hervorgerufen wurden. Vor langer Zeit hatte His gezeigt, daß Harnsäuredepots, natürliche und künstliche, nicht allein auf chemischem oder physikalischem Wege beseitigt werden, sondern daß bei ihrer Entfernung die Phagozytose eine bedeutende Rolle spielt. Die dabei vor sich gehenden Prozesse sind namentlich von Freudweiler eingehend studiert worden.

Spritzt man bei Kaninchen eine Aufschwemmung von Mononatriumurat unter die Haut, dann entsteht zunächst eine reaktive Leukozyteninfiltration in der Umgebung mit allen Zeichen hochgradiger Entzündung, zu der aber später Nekrose des Gewebes hinzutritt. In 12—14 Tagen schaffen die Phagozyten die gesamte Harnsäure, die sie in sich aufnehmen, fort.

Fofanow fand nun, daß unter dem Einfluß der Radiumemanation das Bild ein wesentlich anderes ist: die reaktive Leukozyteninfiltration fehlt vollständig oder fast vollständig, die sämtlichen entzündlichen Erscheinungen sind reduziert. Dagegen ist die Nekrose der Gewebe eine weit heftigere und weiterreichende.

Diese Verhältnisse veranschaulichen folgende Photographien mikroskopischer Schnitte durch Tophi (Seite 21—24).

Besonders schön läßt sich der Einfluß der Radiumemanation auf die Leukozyten zeigen, wenn man Holundermarkkugelnchen Fröschen in den Lymphsack schiebt und die Emanation einwirken läßt.

Gleichzeitig läßt sich konstatieren, daß das Urat trotz Fehlens der Phagozytose sowohl von der Peripherie als auch aus den zentralen Teilen des Tophus verschwindet. Die Radiumemanation löst und zerstört also auch im Organismus wie im Reagenzglas das Mononatriumurat. Diese erhöhte Löslichkeit ließ sich auch gewichtsanalytisch feststellen. Aus der schnellen und erhöhten Auflösung erklärt sich auch die gesteigerte Nekrose, da nach His gelöstes Mononatriumurat ein intensives Gewebegift ist. Während diese Untersuchungen also einerseits eine Bestätigung der von mir gefundenen Einwirkung der Radiumemanation

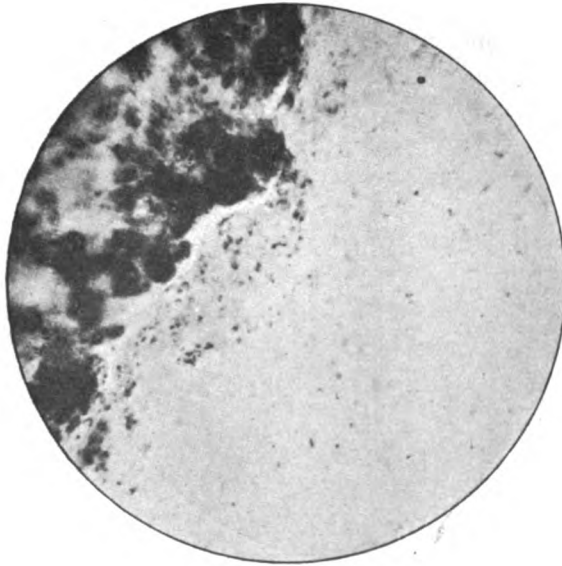


Fig. 1.

Tophus vom Emanationstier (24 stündige Einwirkung). Fast vollständiges Fehlen von entzündlichen Erscheinungen in der Umgebung des Tophus. Außerst spärliche Leukozytose.

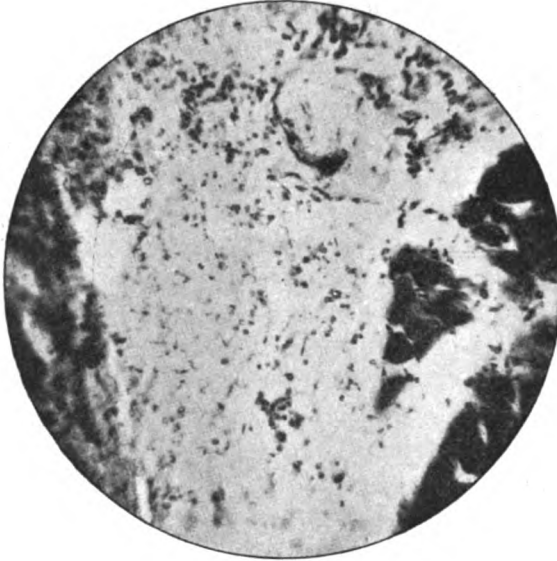


Fig. 2.

Tophus vom Kontrolltier. Heftigste entzündliche Erscheinungen. Starke Leukozytose.



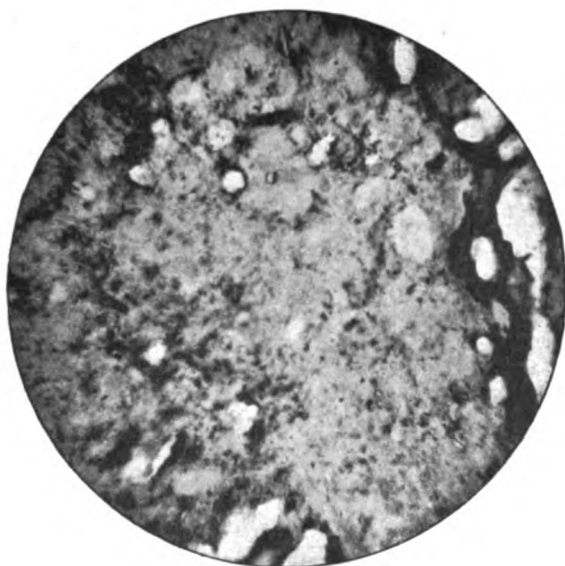


Fig. 4.  
Tophus vom Kontrolltier. Weniger intensive Nekrose; die Leukozyten sind teilweise erhalten.

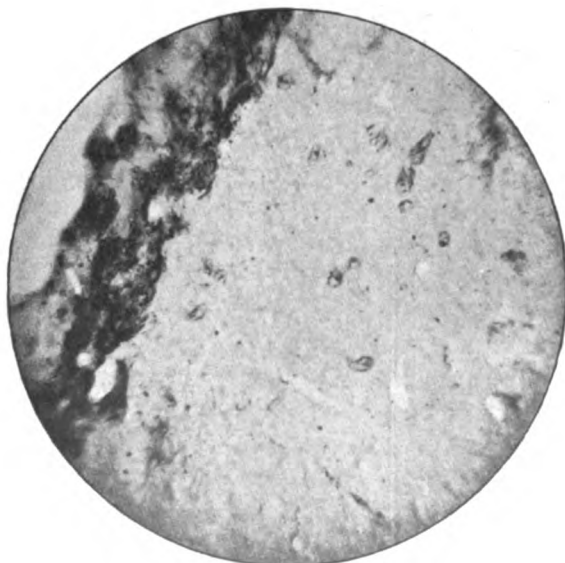


Fig. 3.  
Tophus vom Emanationstier (48 stündige Einwirkung. Das Urat ist durch Abwaschen entfernt). Vollständige Nekrose sämtlicher Elemente.

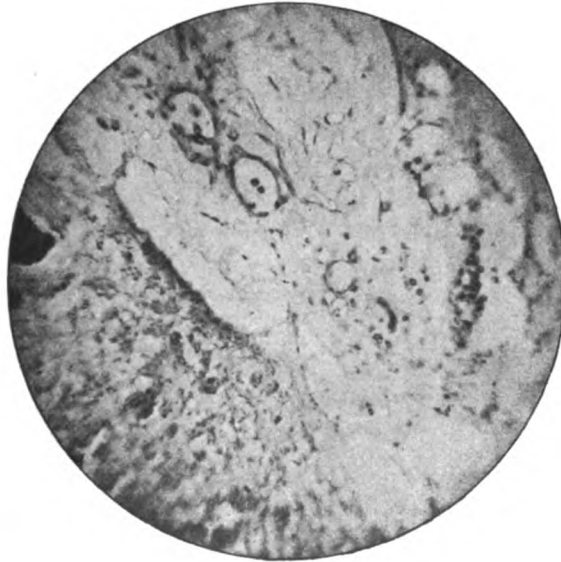


Fig. 5.

Tophus vom Emanationstier (3tägige Einwirkung). Fehlen der entzündlichen Erscheinungen und der Phagozytose; Entwicklung und Organisation des Bindegewebes um die Uratablagerungen.



Fig. 6.

Tophus vom Kontrolltier. Heftigste entzündliche Erscheinungen; hochgradige Phagozytose des Urats durch die Leukozyten.

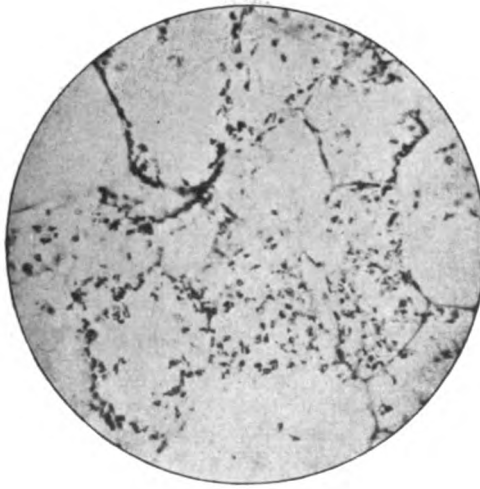


Fig. 8.

Holundermarkstück vom Kontrollfrosch. Starke Leukozyten-  
einwanderung in die Zellen.

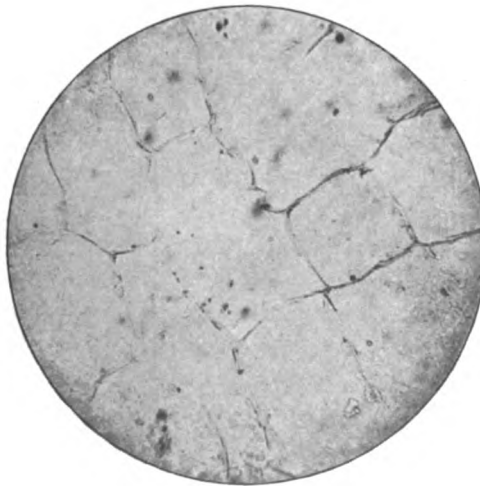


Fig. 7.

Holundermarkstück vom Emanationsfrosch (2 tägige Ein-  
wirkung). Vollständiges Fehlen der Leukozyteneinwanderung  
in die Zellen.

auf Mononatriumurat brachten, führten sie andererseits zur Feststellung der bisher unbekanntem Tatsache, daß Radiumemanation entzündungshemmend wirkt.

Nunmehr erschienen uns genügend Grundlagen dafür gegeben zu sein, das Verhalten des Purinstoffwechsels im menschlichen

Organismus unter dem Einfluß der Radiumemanation zu studieren. In Gemeinschaft mit Dr. Loewenthal, Braunschweig, unterwarf ich Purinstoffwechselgesunde, also vorwiegend Rheumatiker, und Purinstoffwechselkranke, also Gichtkranke, einer Stoffwechseluntersuchung; vor uns hatten Krieg und Wilke bereits im Versuch an einem Gesunden und in einem Selbstversuch eine Vermehrung der Harnsäureausscheidung durch die stark radioaktive Büttquelle in Baden-Baden bzw. durch Radiogewasser finden können. Doch in beiden Fällen sind die Versuchsbedingungen nicht ganz einwandfrei; will man den Faktor der Emanation isoliert prüfen, so muß man ihn ganz rein verwenden, d. h. alle mitwirkenden Faktoren nach Möglichkeit ausschalten. Diese Bedingungen werden erfüllt, wenn man die Emanation einatmen läßt. Da nun aber bekanntlich die eingeatmete Emanation mit den nächsten Atemzügen den Körper wieder verläßt, ist es notwendig, den Organismus in eine Atmosphäre von konstantem Emanationsgehalt zu bringen und darin zu belassen; dann ist anzunehmen, daß der Emanationsgehalt im Körper nach kurzer Zeit sich mit dem der umgebenden Luft in ein Gleichgewicht einstellt und während des ganzen Versuchs auf dieser Höhe bleibt. Versuche an Kaninchen haben zweifelsfrei bestätigt, daß ein erhebliche Menge Emanation in den Körper gelangt<sup>1)</sup>.

Wir ließen uns dementsprechend eine von der Außenluft gut abgedichtete Kammer von etwa 10 cbm Inhalt herstellen. In diese Kammer kam der von der Radiogengesellschaft Charlottenburg hergestellte Apparat zu stehen, welcher folgenden Zwecken dient: 1. die Emanation zum Einatmen zu liefern, 2. den verbrauchten Sauerstoff nachzuliefern, 3. die ausgeatmete CO<sub>2</sub> zu absorbieren, 4. die überschüssige Wärme zu binden, 5. den übermäßigen Wasserdampf zu kondensieren.

-----  
<sup>1)</sup> Untersuchungen von mir am Blut von Menschen aus jüngster Zeit haben diese Ansicht nicht nur bestätigt, sondern das überraschende Resultat ergeben, daß sich die Emanation beim Aufenthalt des Menschen in unserem Emanatorium sukzessive anhäuft und zwar so, daß schon nach  $\frac{1}{4}$  Stunde im Liter Blut etwa so viel Emanation gefunden wird, wie im Liter Luft des Emanatoriums, nach drei Stunden aber schon die siebenfache Menge. Die Ursache dieser Anhäufung ist noch nicht aufgeklärt. Beim Trinken ist das Verhalten, wie eigentlich nicht anders zu erwarten, umgekehrt. Ich fand nach  $\frac{1}{4}$  Stunde im Liter Blut (entnommen aus einer Armvene) nur  $\frac{1}{200}$  der eingegebenen Menge, nach zwei Stunden keine Spur mehr.

Verläßt der Patient das Emanatorium bzw. den geschlossenen Raum, so ist nach einer Stunde in seinem Blute keine Spur von Emanation nachzuweisen.

So war es möglich, 6—8 Versuchspersonen in diesem geschlossenen Raume drei und mehr Stunden hintereinander ohne Belästigung atmen zu lassen.

Die einzuatmende Emanationsmenge betrug im Durchschnitt 200—400 Volteinheiten (etwa 2—4 Macheinheiten) im Liter Luft, bzw. in 10 cbm 2—4 Millionen Einheiten.

Die Versuchspersonen wurden auf eine möglichst gleichmäßige purinfreie Diät gesetzt und alsdann im Urin in einer Vorperiode in 5—8 Tagen, in einer Emanationsperiode von etwa durchschnittlich 14tägiger Dauer und, soweit als möglich, in einer 5—8tägigen Nachperiode der Gesamtstickstoff, die Harnsäure und die Purinbasen bestimmt. Wir konnten nun in der Tat bei sieben untersuchten Fällen sechsmal zum Teil ganz erhebliche Abweichungen der Harnsäure beziehungsweise Purinbasenwerte gegenüber der emanationsfreien Vorperiode konstatieren; nur in einem Falle ließ sich aus den gefundenen Zahlen ein Einfluß nicht ersehen.

Auszugsweise sei hier zur Demonstration ein Versuch wiedergegeben (siehe nebenstehende Tabelle).

Der Einfluß der Radiumemanation ist deutlich erkennbar. Die endogene Harnsäure- und Purinbasenausscheidung wird gesteigert, das Verhältnis  $\frac{U-N}{P-N}$  (Harnsäure-Stickstoff zum Purinbasenstickstoff) wächst um ein Geringes. In der radiumemanationsfreien Periode sinken die Werte wieder etwas ab.

Wir glauben, die Ursache dieser Beeinflussung am besten durch die Annahme zu erklären, daß eine Aktivierung der Fermente stattfindet, ähnlich wie beim autolytischen und diastatischen Ferment. Die Deutung unserer Beobachtungen im Einzelfalle bereitet aber deswegen einige Schwierigkeiten, weil wir ja beim Purinstoffwechsel lediglich nicht in einer Richtung wirkende Fermente haben, sondern zwei gewissermaßen gegensätzlich eingestellte Fermentgruppen, von denen die eine harnsäureaufbauend, die andere harnsäurezerstörend wirkt. Rein theoretisch ist demnach zu erwarten, daß bei einer gleichmäßigen Aktivierung aller Fermente aus den Harnsäure- und Purinbasenwerten im Urin überhaupt kein Einfluß erkennbar wird, obwohl ein solcher schon stattfindet. In diese Gruppe könnten wir etwa den Fall rubrizieren, bei dem Harnsäure- und Purinbasenwerte gegenüber der emanationsfreien Vorperiode keine Veränderung gezeigt haben. Offenbar ist es aber sehr viel häufiger, daß nicht eine gleichmäßige Akti-

Tabelle I.

Harmmenge	Spezifisches Gewicht	Gesamt-N	Harnsäure		Purinbasen N	U-N P-N	Bemerkungen	
			N	g				
460	1028	5,350	0,0838	0,2515	0,0130		} Vorperiode.	
410	1030	4,746	0,0873	0,2616	0,008			
460	1032	5,699	0,0734	0,2203	0,008			
1000	1015	5,498	0,0848	0,2404	0,017			
560	1023	4,490	0,0578	0,1733	0,009			
		Mittelwert:	0,0774	0,2294	0,011	7,0		
830	1019	6,176	0,0994	0,2981	0,016		} Emanationsperiode.	
695	1020	4,555	0,0821	0,2462	0,014			
530	1025	5,798	0,0923	0,2769	0,012			
505	1026	4,829	0,0848	0,2486	0,015			
440	1030	4,450	0,1048	0,3142	0,008			
695	1022	5,355	0,0984	0,2951	—			
590	1029	6,236	0,1204	0,3612	0,010			
700	1022	6,310	0,0978	0,2933	0,013			
		Mittelwert:	0,0980	0,2917	0,0125	7,85		
550	1017	0,349	0,0796	0,2388	0,013			} Nachperiode.
850	1023	7,035	0,0711	0,5134	0,039			
325	1034	5,803	0,0635	0,1900	0,025			
430	1030	5,160	0,0828	0,2485	0,001			
745	1019	4,307	0,0677	0,2032	0,005			
335	1035	5,633	0,0946	0,2838	0,009			
300	1038	5,877	0,0855	0,2565	0,010			
495	1032	6,193	0,0890	0,2669	0,007			
400	1035	5,580	0,1159	0,3477	0,014			
		Mittelwert:	0,0846	0,2544	0,0105	5,0		

vierung aller Fermente stattfindet, sondern nach Analogie der Beobachtungen bei Störungen des Stoffwechsels die eine Gruppe mehr, die andere weniger beeinflußt wird. Nach unseren Resultaten scheinen durch die Radiumemanation die harnsäureaufbauenden Fermente ein gewisses Übergewicht über die harnsäurezerstörenden zu erlangen. In vier von den sieben untersuchten Fällen sahen wir nämlich ein deutliches, zum Teil recht erhebliches Ansteigen der Harnsäure- und Purinbasenwerte und nur in zwei Fällen eine Abnahme. Hier scheint also das urikolytische Ferment am stärksten aktiviert worden zu sein.

Besonderes Interesse beanspruchen aber unsere Untersuchungen an Gichtkranken. Nach neueren Anschauungen ist die Gicht der Ausdruck einer ausgesprochenen Störung des ganzen fermentativen Systems des Purinstoffwechsels, die in einer verlangsamten Harnsäurebildung, verlangsamten Harnsäurezerstörung und verlangsamten Harnsäureausscheidung besteht und zu einer dauernden Anhäufung von Harnsäure im Blut, zur Urikämie, führt.

Unsere auf ihren Purinstoffwechsel geprüften Gichtkranken wiesen in der Vorperiode ebenfalls diese Störungen auf, sie schieden exogen zugeführtes purinhaltiges Material verschleppt aus und hatten Harnsäure im Blut. Nach einer etwa dreiwöchigen Behandlung mit Emanation unterzogen wir einen Patienten einer erneuten Prüfung und konnten nun feststellen, daß er exogen zugeführtes purinhaltiges Material prompt ausschied und aus seinem Blut die Harnsäure verschwunden war. Ferner konnten wir konstatieren, daß die bei einem anderen Gichtiker vorhandenen Ohrtophi erheblich kleiner geworden waren.

Diese Beeinflussung der Fermente des Purinstoffwechsels demonstrieren nebenstehende Tabellen.

Die jetzt fortlaufend angestellten Untersuchungen an Gichtkranken brachten eine ausgezeichnete Bestätigung unserer Beobachtungen. Wir hatten Gelegenheit, bisher in 25 Fällen bei Gicht vor und nach der Behandlung im Emanatorium eine Harnsäureanalyse des Blutes vorzunehmen und dabei zu konstatieren, daß in 22 Fällen nach der Behandlung die Harnsäure aus dem Blut verschwunden war. Wir konnten weiterhin beobachten, daß Ohrtophi von Gichtkranken ganz offensichtlich kleiner wurden, in zwei Fällen sogar ganz verschwanden.

Eine Untersuchung des Purinstoffwechsels, wie in dem einen Falle, war hier nicht durchführbar. Doch hatte ich in Gemeinschaft

mit Loewenthal Gelegenheit, bei einem Patienten mit Polyarthritis chronica, der zwar keine Harnsäure im Blute hatte, aber trotzdem exogen zugeführtes purinhaltiges Material verschleppt ausschied, nach der Behandlung abermals seinen Purinstoffwechsel zu prüfen. Wir fanden, daß auch dieser Patient nunmehr exogen zugeführtes purinhaltiges Material prompt ausschied.

Durch diese Tatsache ist einerseits eine schöne Stütze für unsere Annahme gegeben, daß die Radiumemanation die Fermente des Purinstoffwechsels aktiviert, andererseits erwiesen, daß die von mir gefundene Eigenschaft der Radiumemanation, auf das Mononatriumurat lösend und zerstörend einzuwirken, auch für den menschlichen Organismus seine Gültigkeit hat<sup>1)</sup>.

**Tabelle I.**

Harnmenge	Spez. Gewicht	Gesamt-N	Harnsäure		Purinbasen N	Bemerkungen.
			N	g		
—	—	9,974	0,1414	0,4240	0,019	Endogener Mittelwert der Vorperiode
1770	1013	11,024	0,1717	<b>0,5150</b>	0,025	10 g thymonukleinsaures Natrium
1990	1015	11,026	0,2628	<b>0,7883</b>	0,008	Desgleichen
1650	1020	12,060	0,5258	<b>1,5770</b>	0,009	—
1140	1020	12,460	0,1638	<b>0,4915</b>	0,020	—
1500	1020	14,070	0,0731	0,2194	0,008	—

**Tabelle II.**

—	—	12,474	0,1710	0,5130	0,018	Endogener Mittelwert der Emanationsperiode
1610	1022	14,720	0,2345	<b>0,7034</b>	0,028	10 g thymonukleinsaures Natrium
1275	1021	12,990	0,1593	0,4779	0,011	—
1410	1021	14,110	0,1490	0,4469	0,006	—

Es lag bei diesen Befunden nahe, nun auch den Gesamtstoffwechsel unter dem Einfluß der Radiumemanation zu prüfen. Silbergleit hat als erster derartige Versuche an drei Patienten angestellt; während er nun bei dem einen ein negatives Resultat erhielt, fand

<sup>1)</sup> Die späteren Untersuchungen von Kemen, Mesernitzki und Lachmann in dieser Richtung bestätigen unsere Befunde.



er bei den beiden anderen eine sukzessiv ansteigende Erhöhung sowohl des  $O_2$ -Verbrauches als auch der  $CO_2$ -Produktion. Gleichzeitig stieg der respiratorische Quotient. Einer unserer Mitarbeiter, Dr. Kikoji, prüfte nun unter Beobachtung sämtlicher Kautelen den Gesamtstoffwechsel in 5 Fällen systematisch in unserem von Prof. Staehelin nach Jaquetts Prinzip konstruierten Respirationsapparat durch. In zwei Fällen fand er gar keinen Einfluß; in drei Fällen dagegen konnte er einen Anstieg des  $O_2$ -Verbrauches und der  $CO_2$ -Produktion konstatieren. Diese Erhöhung trat am deutlichsten in der Nüchternperiode hervor und ließ sich noch mehr oder weniger lange nach Aussetzen der Radiumemanation verfolgen. Gleichzeitig wuchs mit dem Anstieg des Gaswechsels der respiratorische Quotient. Eine Deutung dieser Befunde im einzelnen vermögen wir noch nicht zu geben. Wenn wir aber berücksichtigen, daß bei keinem der untersuchten Fälle eine Abnahme des  $O_2$ -Verbrauchs beziehungsweise der  $CO_2$ -Produktion gefunden wurde, müssen wir zum Schluß kommen, daß mit großer Wahrscheinlichkeit der Gesamtstoffwechsel des Menschen durch Radiumemanation in Einzelfällen erhöht wird.

#### **Anwendung der Radiumemanation bei Krankheiten.**

Auf Grund der bisherigen Erfahrungen hält man die therapeutische Anwendung bei folgenden Krankheiten für angezeigt:

1. chronischer Gelenk- und Muskelrheumatismus,
2. subakuter Gelenkrheumatismus,
3. lanzinierende Schmerzen der Tabes,
4. Neuralgien, speziell Ischias,
5. Eiterungen und Entzündungen,
6. Gicht und harnsaure Diathese.

Wenn man die bisherigen Erfahrungen, die man bei der Behandlung dieser Krankheiten mit Radiumemanation gemacht hat, zusammenfaßt, so kommt man zu dem Schluß, daß die Radiumemanation ein Mittel darstellt, welches bei richtiger Anwendung in den geeigneten Fällen bessernde und heilende Wirkungen ausübt.

Wir vermögen auf Grund unserer vorhin entwickelten biologischen Eigenschaften der Radiumemanation diese Heileffekte recht wohl zu verstehen. Die Aktivierung der autolytischen Fermente, die entzündungshemmende Wirkung, ferner die in einzelnen Fällen nachgewiesene Erhöhung des gesamten Stoffwechsels vermögen uns

die bei den Krankheiten 1—5 zu beobachtenden Besserungen und Heilungen sehr wohl zu erklären.

Für die Behandlung der Gicht erscheint nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse die Radiumemanation als ein außerordentlich wirksames Mittel; denn wir konnten beobachten, daß mit dem Verschwinden der Harnsäure aus dem Blut in fast allen Fällen auch die klinischen Krankheitssymptome schwanden. Auf die Fragen, ob damit die Gicht geheilt ist, bzw. wie lange die Besserung dauert, kann hier nicht eingegangen werden. Ebensowenig kann hier im einzelnen zu den klinischen Erfolgen bei den anderen Krankheiten Stellung genommen werden.

Dagegen soll die Technik der Anwendung ausführlicher besprochen werden.

Wir vermögen heute die Forderungen für eine rationelle Anwendung der Emanation aus unseren Kenntnissen über das physikalische und biologische Verhalten im Organismus leicht abzuleiten.

Es muß dafür Sorge getragen werden, daß die Radiumemanation wirklich in den Organismus hineinkommt und alsdann möglichst lange in ihm verbleibt.

Von dieser Basis aus seien nun die einzelnen Anwendungsmethoden einer kritischen Betrachtung unterzogen.

a) Die Darreichung der Emanation als Zusatz zum Bad.

Wenn auch strittig ist, ob durch die Haut Radiumemanation in den Körper gelangt, so ist gegenwärtig mit Sicherheit entschieden, daß der allergrößte Teil durch Inhalation aufgenommen wird; soll sie also beim Bad wirksam werden, wird man dafür zu sorgen haben, daß sie möglichst bald und vollständig in die Atemluft gelangt und nun eingeatmet werden kann. Deshalb sind bei dieser Anwendungsform folgende Bedingungen zu erfüllen:

1. der Baderaum soll nur mäßig groß und von der Außenluft gut abschließbar sein;
2. das Badewasser soll vor dem Baden tüchtig umgerührt werden, der Patient sich aber alsdann möglichst ruhig verhalten;
3. der Patient soll möglichst lange im Baderaum verweilen.

Nur da, wo diese Bedingungen erfüllt werden, kann die Anwendung der Radiumemanation als Zusatz zum Bad als rationell bezeichnet werden. Die angewandten Emanationsmengen pflegten bisher 150 000—580 000 Volteinheiten (oder 1290—5000 Macheinheiten) zu betragen.

## b) Die Darreichung per os.

Die Verabfolgung der Radiumemanation per os als Radiogenwasser, Radiogentrinkkur, Keiltabletten, Kreuznacher Präparate und Präparate der Radium-Aktiengesellschaft in Amsterdam ist unstreitig eine recht bequeme Methode. Wir wissen, daß die Emanation verhältnismäßig langsam aus dem Verdauungstraktus in das Blut diffundiert. Es wird somit die Forderung, dem Organismus möglichst lange Zeit hindurch Emanation zuzuführen, erfüllt, zumal wenn man nach Eichholz kleinere Mengen bei vollem Magen gibt. Aber da ja die ins Blut gelangende Emanation mit den nächsten Atemzügen den Körper zum größten Teil wieder verläßt, wird die wirklich zur Wirkung gelangende Menge recht winzig sein im Vergleich zu der, die verabfolgt wird. Dieser Nachteil ist teilweise dadurch auszugleichen, daß man in kurzen Zeiträumen, etwa fünfmal am Tage, die Präparate verabfolgt; eine andauernde Überschwemmung des Organismus mit größeren Emanationsmengen läßt sich aber nicht erreichen (siehe Anmerkung Seite 25). Die Grenze für die anzuwendende Emanationsmenge kann sich in großer Breite bewegen; wir verwenden gegenwärtig höhere Dosen als früher, weil wir bessere Erfolge gesehen haben. So geben wir als Trinkkur 116 000 Volteinheiten bzw. etwa 1000 Macheinheiten täglich, in einzelnen Fällen versuchsweise noch mehr.

## c) Inhalation von Radiumemanation.

Der Gedanke, die Radiumemanation mittels der Atmungsluft in den Körper zu bringen, hat schon vor längerer Zeit zur Konstruktion mancherlei Apparate geführt, die zwar bei den ersten Atemzügen Radiumemanation hergeben, dann aber erschöpft sind. Nachdem wir nun wissen, daß fast die gesamte Emanation mit den nächsten Atemzügen den Organismus wieder verläßt, ist ihre Anwendung als höchst unzweckmäßig zu bezeichnen<sup>1)</sup>.

Will man diesen Übelstand bei der sonst so äußerst bequemen Methode vermeiden, so muß man den Patienten in eine Atmosphäre von konstantem Emanationsgehalt bringen und ihn darin belassen.

Diese Überlegung hat zu der von Loewenthal (Braunschweig)

<sup>1)</sup> Neuerdings werden Inhalationsapparate in den Handel gebracht (Neumann-Kreuznach, Radiogengesellschaft, Radiumaktiengesellschaft-Amsterdam), die eine dauernde Zufuhr von Emanation ermöglichen. Wie weit sie jedoch den zu stellenden Anforderungen entsprechen, ist noch bei keinem durch exakte Blutuntersuchung und Erprobung seiner Leistung beim Kranken erwiesen.

und mir angegebenen Methode der Inhalation im geschlossenen Raum geführt (siehe S. 25). Erst diese Art der Behandlung brachte uns die schönen Resultate bei der Gicht, wie das auf S. 26ff. näher ausgeführt ist. Die Trinkkur erwies sich gerade hier als entschieden unrationeller. Nach den jüngsten Blutuntersuchungen ist das nunmehr verständlich (siehe Anmerkung S. 25).

Wir halten für das Minimum der zu entwickelnden Emanationsmenge 200 Volteinheiten (1,72 Macheeinheiten) pro Liter Luft und für das Minimum der täglichen Sitzungsdauer zwei Stunden.

Der Patient kann in dem Raum beliebig lange sitzend oder liegend verbleiben. Da man den Raum beliebig groß wählen kann, wenn man nur die nötige Radiumemanationsmenge zur Verfügung hat, ist das Emanatorium für Kliniken und Sanatorien die gegebene Einrichtung.

#### d) Radioaktive Kompressen und radioaktiver Schlamm.

Biologische Wirkungen können wir, da die Emanation nicht in Frage kommt, nur von den beim Zerfall der radioaktiven Produkte emittierten  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen erwarten. Es ist deshalb zu verstehen, wenn wir bei dieser Methode nur in jenen Fällen therapeutische Effekte sehen, die einerseits leichter Natur sind, andererseits sich auf ganz umschriebene Stellen des Körpers beschränken.

#### e) Injektion von Radiumsalzen.

Durch Tierversuche und durch Arbeiten im Krebsinstitut in Heidelberg war schon früher festgestellt, daß Injektionen geringer Mengen gelöster und auch ungelöster Radiumsalze für den Organismus unschädlich sind. Durch Versuche an mir selber und an anderen gesunden Menschen habe ich mich von der Richtigkeit dieser Beobachtungen überzeugen können. Ich möchte noch besonders hervorheben, daß ich bisher niemals Albumen im Urin auftreten sah.

Diese Art der internen Radiumtherapie unterscheidet sich von der bis jetzt geübten Emanationstherapie dadurch, daß wir neben der Allgemeinwirkung durch die Radiumemanation eine mächtige Lokalwirkung durch die von den Radiumsalzen und deren Zerfallsprodukten emittierten  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen erhalten. Gerade von dieser, wenn auch nur verhältnismäßig kurze Zeit andauernden Lokalwirkung dürfen wir nach unserer gegenwärtigen Kenntnis über die biologischen Wirkungen der Radiumstrahlen (Beschleunigung

gung der Autolyse, Aufhebung bzw. Verhinderung entzündlicher Prozesse) schnelle therapeutische Effekte erwarten.

Dementsprechend kommen als Injektionsstellen vornehmlich die Umgebung der erkrankten Körperteile in Frage.

Der von Mendel, Essen, gemachte Vorschlag, die Injektionstherapie zur Allgemeinbehandlung anzuwenden, ist wegen der schnellen Ausscheidung der Emanation aus dem Organismus nicht erfolgversprechend.

---

Obwohl wir nun eine recht gute Kenntnis von dem physikalischen und biologischen Verhalten der Radiumemanation haben, obwohl die Technik verfeinert und vereinfacht ist, die Indikationen strenger gestellt werden können, ist mit einer schematischen Anwendung der Radiumtherapie den Patienten vielfach nicht gedient. Wenn also gegenwärtig Institute für Emanationsbehandlung eingerichtet werden, in denen wahllos alles mit Inhalation behandelt wird, so ist mit Sicherheit zu erwarten, daß dort Erfolge ausbleiben, die unter der Behandlung eines denkenden und mit der Radiumtherapie erfahrenen Arztes zu erreichen gewesen wären. So sieht man oft Besserungen erst bei der Kombination der Emanationskur mit der Injektionskur, manchmal bei Variierung der Dosis. Insbesondere ist bei Kranken mit nervöser Komponente Vorsicht angeraten. Diese finden nach eigener Beobachtung Besserung bei einer geringeren Dosis als die übliche, während ihnen die übliche Dosis offenbar unzutraglich ist. Demgegenüber gibt es Patienten, die augenfällig erst auf eine höhere Dosis reagieren.

Irgendwelche bestimmte Zahlen lassen sich vorläufig nicht angeben, da unsere Erfahrungen noch zu gering sind.

Bei einem so neuartigen Heilmittel kann es auch nicht ausbleiben, daß einerseits unzuverlässige Radiumpräparate auf den Markt geworfen, andererseits in schwindelhafter Weise die Wirkungen der Radiumemanation übertrieben werden. Dem denkenden Arzt wird es aber nicht schwer fallen, hier die Spreu vom Weizen zu sondern.

---

## Tagesereignisse.

### 32. Balneologenkongress zu Berlin, 3.—6. März 1911.

Referent Dr. Alfred Fürstenberg,

Assistenzarzt am hydrotherapeutischen Institut der Universität Berlin.

Der diesjährige Balneologenkongress wurde mit einer interessanten Debatte über die Radiumemanation bezüglich ihres Wesens und ihrer Wirkungsweise eröffnet. Zunächst sprach Herr

Marckwald-Berlin über „Das Radium vom physikalisch-chemischen Standpunkt.“ Er beschrieb zunächst die drei verschiedenen Strahlenarten des Radiums und hob dabei besonders ihre verschiedene Durchdringungsfähigkeit hervor. Er ging auf die Rutherford'schen Versuche ein, die sich mit der Strahlung des Urans befassen; man unterscheidet zwei verschiedene Reihen von radioaktiven Substanzen, je nachdem sie vom Uran oder Thorium stammen. Trockene Radiumsalze senden keine Emanation aus. Aber schon eine Anfeuchtung durch einfaches Anblasen gibt ihnen die Fähigkeit, Emanation auszusenden. Die Zerfallstheorie ist wesentlich für das Verständnis der Meßmethoden. Bei der Messung werden leider die Zerfallsprodukte noch nicht genügend gewürdigt. Sie soll z. B. bei Quellen erst nach etwa 3—4 Stunden vorgenommen werden. Im Anschluß daran schildert der Vortragende noch eine Reihe anderer Fehlerquellen bei der Messung; z. B. hält er den Gummiverschluß der Meßkannen für durchaus schädlich. Die Gummipropfen sollten mit einer Paraffinschicht überzogen werden. Der Referent schließt seinen durch verschiedene Experimente erläuterten Vortrag mit dem Wunsche, daß wir bald in den Besitz einer einheitlichen internationalen Radiummessung kämen.

Herr Kionka-Jena: „Das Radium vom biologischen Standpunkt.“ Vortragender bespricht zunächst die physiologischen Wirkungen der radioaktiven Mineralwässer, soweit sie uns bis jetzt bekannt sind. Sie enthalten entweder Radiumsalze in Substanz oder nur die Emanation. Bei Bestrahlung mit Radiumsalzen wird die Haut gereizt, von der einfachen Rötung an bis zur Nekrosenbildung. Tierische Fermente werden durch Radiumsalze inaktiv gemacht, Lecithin zerfällt unter ihrem Einfluß. Vollkommen verschieden hiervon ist die Wirkungsweise der Emanation. Diese vermag Fermente zu aktivieren. Bei Radiumbestrahlungen handelt es sich um lokale Wirkungen, bei der Emanationsbehandlung dagegen um eine allgemeine Beeinflussung des Körpers. Therapeutisch wichtig ist die Eigenschaft der Emanation, sobald sie ins Blut gelangt, die Harnsäure aus letzterem zu vertreiben. Es handelt sich dabei um interessante chemische Vorgänge, die besonders für die Behandlung der Gicht wichtig sind. Unter dem Einfluß der Emanation erhält der Purinstoffwechsel, der bei der Gicht verlangsamt ist, eine Beschleunigung. Die Inhalation ist die beste Art der Radiumzuführung, da bei ihr der Körper dauernd eine Zeitlang unter dem Einflusse einer bestimmten Emanationsmenge steht. Die Ausscheidung der Emanation aus dem Körper erfolgt durch die Lungen. Die Erfolge der Radiumtherapie sind bisher noch schwankende, bei der Gicht wird in vielen Fällen eine nachhaltige Besserung erzielt. Geschwülste werden von der Bestrahlung sehr verschieden beeinflußt. Die stärksten radioaktiven Quellen finden wir in Lacco Ameno, Landeck, Joachimsthal i. Böh., Gastein, Baden-Baden usw.

Herr Lachmann-Landeck i. Schl.: „Die Bedeutung der hochradioaktiven Quellen im Lichte der modernen Emanationstherapie.“ Nachdem sich gezeigt

hat, daß die Radiumemanation bzw. das aus ihr entstehende Radium D am besten durch Einatmung dem Körper einverleibt wird, stellte Vortragender sich die Aufgabe, festzustellen, inwieweit natürliche radioaktive Quellen zur Speisung von Emanatorien geeignet sind. Verteilt sich Emanation zwischen Wasser und Luft, so enthält schließlich die Luft  $\frac{4}{6}$ , das Wasser nur noch  $\frac{1}{6}$  der gesamten Emanationsmenge. Diesem rein physikalisch gefundenen Ergebnis entsprechen die Untersuchungen an Quellen. Die Quellgase erweisen sich bei gasarmen Quellen stets etwa viermal so stark emanationshaltig wie das Quellwasser. Bei den stark gashaltigen Quellen bleibt ein größerer Teil der Emanation an das Wasser gebunden, aber wegen des hohen Kohlensäuregehalts eignen sich die Gase dieser Quellen ohnehin nicht zur Inhalation. Von den gasarmen Quellen dagegen sind die stark emanationshaltigen Thermen von Baden-Baden, Gastein und Landeck zur Speisung von Emanatorien ganz besonders geeignet, da sie mit einem Aufwand von nur 4 cbm Wasser einen Raum von 100 cbm Größe auf einem Emanationsgehalt von fünf Macheinheiten pro Liter Luft dauernd erhalten können.

Herr Fürstenberg-Berlin: „Weitere Beiträge zur Behandlung mit der Emanation des Radiums.“ Vortragender verfügt nunmehr bezüglich der Emanationstherapie über fast vierjährige Erfahrungen. Wie er schon vor zwei Jahren in einer Arbeit hervorgehoben hat, sind gichtische und rheumatische Affektionen die Hauptindikation für diese Art der Radiumbehandlung. F. hat aber auch fernerhin beobachtet, daß der Aufenthalt im Emanatorium in zahlreichen Fällen schlafbefördernd wirkt. Erregungszustände gibt es bei richtiger Emanationsstärke nur selten. Weiter hebt Vortragender hervor, daß er im Emanatorium leichte Anstiege der Körpertemperatur bei fieberfreien Patienten feststellen konnte. Diese Erhöhung um wenige zehntel Grad ging meistens noch während des Aufenthalts im Emanatorium wieder zurück. Auch die Luft des Emanatoriums ist von Loewy und ihm untersucht worden. Dabei zeigte sich eine dauernde Vermehrung der Kohlensäure, die aber jetzt, nachdem die Apparate nach F.s Angaben verändert sind, vermieden wird. — Der Hefegärungsprozeß wird in seinem Ablauf, wie er mit Hoestermann zusammen nachweisen konnte, durch sehr starke Konzentration der Radiumemanation anfangs um fast ein Drittel zurückgehalten. Allmählich ändert sich aber die Tätigkeit der Hefezellen wieder.

Herr Ruhemann-Berlin: „Radioaktives Gebäck.“ Es ist physikalisch interessant, daß Zwiebäcke, welche mit einer Lösung radioaktiver Salze zubereitet sind, nach drei Monaten noch die gleiche Menge an Emanation, nach vier Monaten zwei Drittel derselben aufweisen. Somit lassen sich solche Zwiebäcke versenden, um als radioaktives Gebäck Verwendung zu finden. Sie können zu Kurzwecken, ferner als Unterstützung bei häuslichen Trinkkuren, zum Ersatz für die dem Brunnen verloren gegangene Emanation und endlich in den Badeorten selbst zur Erhöhung radioaktiver Wirkungen der Trinkquellen benutzt werden.

Herr Eichholz-Kreuznach: „Aufnahme und Ausscheidung der Radiumemanation. Inhalation oder Trinkkur?“ Vortragender stellt als Resultat seiner Versuche, die an Kurven demonstriert werden, folgende Thesen auf: 1. Die Aufnahme und Ausscheidung der Emanation bei der Trinkkur wird verzögert durch den vollen Magen und kleine Flüssigkeitsmengen, und beschleunigt durch den leeren Magen und größere Flüssigkeitsmengen. 2. Bei Beobachtung dieser Tatsachen läßt sich bei der Trinkkur im vollen Maße die Anforderung erfüllen, die Emanation mehrere Stunden in wirksamer Dosis im Blut festzuhalten. 3. Die

Trinkkur gewährleistet die volle Ausnutzung der aufgenommenen Emanation. 4. Die Inhalationen verbrauchen mehr Emanation als die Trinkkuren. 5. Die Bleibeklistiere mit Emanation (1000—2000 Macheeinheiten auf 200 g Wasser) sind angezeigt bei habitueller Obstipation und Erkrankungen der Beckenorgane. 6. Bei Feststellung der Dosis ist die Füllung des Magens zu berücksichtigen.

In der Diskussion berichtet Herr Plesch zunächst über Versuche, die er gemeinschaftlich mit Loewy ausgeführt hat. Sie untersuchten im Radiumemanatorium den Einfluß auf den respiratorischen Stoffwechsel, auf die Sauerstoffkapazität und auf die Zusammensetzung des venösen Blutes. Alle diese Untersuchungen führten zu einem negativen Resultat, da keinerlei Änderungen zu konstatieren waren. Die zirkulatorischen Verhältnisse waren auch bezüglich des Schlagvolumens unverändert geblieben. Auffallend war, daß der Blutdruck fast konstant eine Erniedrigung zeigte. Vortragender führt diese Blutdruckerniedrigung auf eine direkte Herzwirkung zurück. Des weiteren berichtet er über Versuche, die er mit der Emanation angestellt hat, um eine etwa vorhandene Avidität des Blutes und der Organe zur Radiumemanation festzustellen. Dabei stellte sich heraus, daß die Emanation sich wie ein indifferentes Gas verhält. — Wollen wir den ganzen Körper der Wirkung der Emanation aussetzen, so muß die Inhalationstherapie angewandt werden, wogegen die Trinkkur angezeigt ist bei Einwirkung auf den Darm, Blut, Leber, Lunge. Die inhalierte Emanation wird sofort, die getrunzene langsam abgegeben.

Herr Wohlgemuth-Berlin hat das glykolytische Ferment unter dem Einfluß der Radiumemanation untersucht und dabei einwandfrei festgestellt, daß zunächst eine Hemmung in der Wirkung eintrat, dann ein Ausgleich und schließlich eine Förderung.

Herr Gudzent-Berlin: Gegen die von ihm in Gemeinschaft mit Loewenthal angegebene Methode der Behandlung von Patienten mit Radiumemanation im geschlossenen Raum, im sogenannten Emanatorium, sind eine Reihe von Angriffen erfolgt. Dieselben sind durch die Versuche des Herrn Plesch zurückgewiesen worden. Vortragender will aber noch hinzufügen, daß am besten für seine wiederholt geäußerte Anschauung der Erfolg spricht. Während es bisher nicht gelang, das Blut der Gichtkranken durch Trinkkuren von Harnsäure zu befreien, ist es mit der Behandlung im geschlossenen Raume (nicht aber mit einem Inhalationsapparat) in 22 Fällen bisher gelungen, das Blut harnsäurefrei zu machen. Trotzdem ist aber die Trinkkur nicht etwa zu verwerfen, sondern man muß im Gegenteil die verschiedenen Arten der Emanationsbehandlung kombinieren.

Herr Dreuw-Berlin demonstriert einen von ihm konstruierten Radiumbestrahlungsapparat für bösartige Geschwülste, der die Dosierung der Radiumstrahlen bedeutend erleichtert. Er pflichtet Fürstenberg bei, da auch er eine Besserung der Schlaflosigkeit in vielen Fällen beobachten konnte.

Herr Loewenthal-Braunschweig konstatiert die zunehmende wissenschaftliche Vertiefung, besonders auch in physikalischer Richtung, bei den in Betracht kommenden Fragen und hält auch weiterhin ein Zusammenarbeiten der Physiker und Biologen für notwendig. Für die eigentlichen Kurorte ist, wie L. glaubt, nirgends bisher ein Schaden aus der Ausbreitung der Emanationstherapie erwachsen, im Gegenteil ist für sie noch recht viel Nutzen von der Emanationstherapie zu erwarten.

Herr Engelmann-Kreuznach: In der Frage, ob Trinkkur oder Inhalation,



wird man sich wohl am besten auf einer in der Mitte liegenden Basis einigen. Vortragender setzte Kaninchen künstliche Harnsäuredepots in das Unterhautbindegewebe und gab diesen Tieren täglich Radiumemanation per os. Er konnte feststellen, daß die Resorption ganz erheblich beschleunigt wurde, im Gegensatz zu den Depots bei Kontrolltieren, die nur gewöhnliches Wasser erhielten. Die Paraffinschnitte ergaben histologisch ganz erhebliche Differenzen in der Weise, daß die Kristallmassen wesentlich schneller verschwanden. Im Gegensatz zu den Versuchen von Fofanoff, der seine Tiere Tag und Nacht im Emanatorium hielt, wurden diese Tiere nur einmal täglich der Radiumemanation ausgesetzt, indem sie das Wasser mit Emanation nur einmal am Tage zugeführt erhielten. Das spricht für die Wirksamkeit der Trinkkuren.

Der nächste Kongreß findet 1912 zu Berlin im Anschluß an den Kongreß für Physiotherapie statt.

### **Radiologisches vom 28. Kongreß für innere Medizin vom 19.—22. April 1911 zu Wiesbaden.**

Prinzipiell Wichtiges aus dem Gebiete der Radiumforschung ist nicht verhandelt worden. Es hat natürlich nicht an Mitteilungen gefehlt, deren Mangel an Kritik auch dem der Radiumforschung Fernstehenden sofort auffallen mußte. Diese Mitteilungen seien deshalb hier übergangen.

Von Interesse war die Mitteilung von Falta, daß er bei Anwendung ganz hoher Emanationsmengen im Emanatorium (20—50 Macheeinheiten pro Liter Luft) eine neutrophile Leukozytose (— 18 000) fand, gefolgt von einer Leukopenie am nächsten Tage resp. einer relativen Mononukleose.

Bezüglich des Blutdrucks waren keine gleichmäßigen Ergebnisse wahrzunehmen.

Herr Reicher hat bei experimentellen Untersuchungen bei drei unter fünf Diabetikern ein Herabgehen des Blutdruckes um die Hälfte nach einstündigem Aufenthalt in dem von Gudzent und Loewenthal angegebenen Emanatorium beobachten können; zwei Fälle blieben unverändert. Gasanalysen werden über das Schicksal des verschwundenen Zuckers entscheiden müssen. Für die Praxis sind diese Ergebnisse noch vorläufig unverwertbar.

Loewenthal-Braunschweig macht darauf aufmerksam, daß man oft nach Einsetzen der Emanationsbehandlung starke Sedimentierung im Harn findet.

Von der Velden-Düsseldorf teilt mit, daß Emanationskuren in jeder Form die Gerinnungsfähigkeit des Blutes erhöhten. (Um die Tragweite dieser Mitteilung zu ermessen, muß die Originalarbeit abgewartet werden. Der Ref.)

Umber-Altona konnte bei Radiumtrinkuren weder auf das saccharifizierende Ferment noch auf die Gicht irgend einen Einfluß wahrnehmen.

Herr Stein-Wiesbaden glaubt, daß durch Kombination der Radiumemanationsbehandlung mit Diathermie eine Sensibilisierung der erkrankten Gelenke für die Radiumemanation zu erwarten sei.

Herr Lazarus-Berlin zeigt einen von ihm konstruierten Apparat für Einzelinhalation.

Herr Eichholz-Kreuznach trägt nochmals die von ihm bereits auf dem Balneologenkongreß entwickelten Anschauungen über die Resorption von Radiumemanation vor (siehe Referat über den Balneologenkongreß).

Herr Gudzent-Berlin teilt im Anschluß hieran seine Befunde über den Emanationsgehalt im Blute mit (siehe Anmerkung auf Seite 25 dieser Zeitschrift).

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1911

Heft 2

## Die Strahlen der radioaktiven Substanzen I.

Von **Erich Regener.**

Die Eigenschaften und die Natur der radioaktiven Strahlen kennen zu lernen ist seit der Entdeckung der Radioaktivität eine der wichtigsten Aufgaben der Forschung gewesen. Wird doch nach der heute allgemein angenommenen Auffassung ein Körper als radioaktiv bezeichnet, wenn er die Eigenschaft hat, von selbst, d. h. ohne Zuführung äußerer Energie, Strahlen auszusenden; von einer genauen Kenntnis der radioaktiven Strahlung wird man daher wichtige Aufschlüsse über das Wesen der Radioaktivität selbst erwarten dürfen.

Der Erfolg ist der intensiven Bearbeitung, welche diesem Gebiete in allen Nationen zuteil geworden ist, nicht versagt geblieben. Wir sind heute — noch nicht 15 Jahre nach der Entdeckung der Radioaktivität — über die radioaktiven Strahlen so weit orientiert, daß wir dieselben ihrem Wesen nach klassifizieren und ihre Eigenschaften aus ihrer Natur ableiten können. Es ist dies erfreulich, sowohl im Interesse der theoretischen Erkenntnis, als auch in Hinsicht auf die praktische Anwendung, welche die Wirkungen der Strahlen in der medizinischen Wissenschaft zu finden beginnen.

Für das letzterwähnte Gebiet ist eine genaue Kenntnis des Wesens der Strahlen besonders wichtig, da die Strahlung der meisten dem Arzte zur Verfügung stehenden Präparate aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzt ist, deren Natur zum Teil sehr verschiedenartig ist.

Im folgenden sollen darum die Eigenschaften und die Natur der radioaktiven Strahlen kurz auseinandergesetzt werden, und zwar sollen zunächst die Wirkungen der Strahlen, wie sie der unverfeinerten Beobachtung ohne weiteres zugänglich sind, beschrieben werden. Der zweite Abschnitt soll dann die den radioaktiven wesensverwandten Strahlen behandeln, welche bei dem Durchgang der Elektrizität durch sehr verdünnte Gase auftreten. Durch die Kenntnis dieses Gebietes wird die dann folgende Behandlung der Natur der radioaktiven Strahlen selbst erleichtert werden.

Ohne besonderen Aufwand von Apparaten lassen sich eine Reihe von Wirkungen der radioaktiven Strahlen beobachten. Die-

selben sind darum auch bald nach der Entdeckung der radioaktiven Substanzen bekannt geworden. Es sind dies folgende:

1. die fluoreszenzerregende,
2. die photographische (chemische),
3. die wärmeerzeugende und
4. die elektrische (ionisierende) Wirkung der Strahlen.

Die fluoreszenzerregende Wirkung der Strahlen läßt sich mit einigermaßen starken Präparaten leicht beobachten. Eine Reihe von Substanzen fluoresziert unter der Wirkung der Strahlen besonders stark, so Bariumplatinzyanür, Zinksulfid (besonders künstliches), Willemit, Kunzit usw. Mit einem Bariumplatinzyanür- oder einem Zinksulfidschirme, wie sie für die Beobachtung an Röntgenstrahlen gebraucht werden, ist es leicht, sich von dem strahlenartigen Charakter der Erscheinung zu überzeugen. Gegenstände aus Metall, zwischen das radioaktive Präparat und den Fluoreszenzschirm gebracht, werfen einen deutlichen Schatten. Die Umgrenzung desselben wird um so schärfer, je punktförmiger das Präparat ist oder je weiter es von dem schattenwerfenden Gegenstande entfernt ist. Leicht läßt sich auch beobachten, daß durch dünnere Metallbleche die Fluoreszenz nur geschwächt wird, so daß also die Strahlen durch geringe Dicken fester und auch flüssiger Körper unter Schwächung hindurchgehen. Im allgemeinen ist bei gleicher Dicke des Zwischenkörpers die Absorption um so stärker, je höher die Dichte desselben ist. Bei sehr starken Radiumpräparaten läßt sich indessen eine Fluoreszenzwirkung auch noch hinter Schichten von mehreren Dezimetern Dicke von Körpern mit hohem spezifischem Gewicht wie Blei beobachten zum Zeichen dafür, daß wenigstens ein Teil der radioaktiven Strahlung außerordentlich durchdringungsfähig ist.

Auch das Eigenleuchten stärkerer radioaktiver Substanzen ist als eine Fluoreszenz aufzufassen. Es fluoresziert dann die radioaktive Substanz unter der Wirkung ihrer eigenen Strahlen. Die Stärke dieses Leuchtens ist indessen kein Maß für die Stärke des Präparates. Es ist nämlich in hohem Maße von der inaktiven Beimengung und der chemischen Konstitution, in welcher sich die radioaktive Substanz befindet, abhängig. Ganz reine Präparate leuchten daher unter Umständen schwächer, als passend verunreinigte.

Empfindlicher als der Fluoreszenzschirm ist die photographische Platte für die Wirkung der radioaktiven Strahlen. Es liegt dies

an der Fähigkeit der photographischen Platte, die Einwirkung der Strahlen über einen beliebig langen Zeitraum zu summieren. Starke Radiumpräparate wirken bereits in wenigen Sekunden auf die photographische Platte ein; von den schwach aktiven Substanzen Uranium und Thorium erhält man in einigen Tagen gute Wirkungen. Durch wochen- und monatelange Exposition läßt sich die photographische Wirkung auch der schwächst aktiven Substanzen nachweisen.

Auch durch die photographische Wirkung läßt sich wie bei der Fluoreszenzwirkung leicht die strahlenförmige Ursache der Erscheinung durch Schattenwirkung feststellen. Ebenso wie mit Röntgenstrahlen lassen sich auch mit den radioaktiven Strahlen Photographien absorbierender Körper anfertigen.

Jede Strahlung, wie beschaffen sie auch sei, bewirkt einen Transport von Energie. Geschieht die Strahlung in Form einer Wellenbewegung (Schallwellen, Lichtstrahlen), so steckt die Energie in der Bewegung des Mediums, welches die Strahlung fortpflanzt. Besteht die Strahlung in einem Schwarm fortgeschleuderter Teilchen (korpuskulare Strahlung), so ist die Energie in der kinetischen Energie der bewegten Masse der Teilchen zu suchen. In beiden Fällen lassen sich stets geeignete Mittel finden, welche durch Absorption der Strahlen die Energie derselben in Wärme umwandeln. Ohne also über die Natur der radioaktiven Strahlen irgend welche Annahme machen zu brauchen, können wir voraussagen, daß die radioaktiven Strahlen, falls es überhaupt Strahlen sind, sich durch Absorption in Wärme umwandeln lassen müssen.

In der Tat entspricht die dauernde Wärmeentwicklung, welche an starken radioaktiven Präparaten leicht nachweisbar ist, der Energie der Strahlen, welche in dem Präparate selbst, beziehungsweise in der Umhüllung des Präparates absorbiert werden. Diese Wärmeentwicklung ist selbst bei sehr starken Präparaten absolut genommen nicht groß, so daß man selten mehr als einige Grad Temperaturüberschuß des Präparates gegen die Umgebung erhält. Es ist indessen zu bedenken, daß auch die starken, uns zur Verfügung stehenden Radiumpräparate nur kleine Bruchteile eines Grammes an Gewicht repräsentieren, so daß die pro Gewichtseinheit entwickelte Wärmemenge sehr beträchtlich erscheint. Einige Kilogramm Radium würden beispielsweise genügen, um einen Liter Wasser in noch nicht 10 Minuten zum Kochen zu bringen. Immerhin ist der Nachweis der Wärmeentwicklung bei schwachradioaktiven Körpern mit Schwierigkeiten verbunden.

Die elektrische Wirkung der radioaktiven Strahlen endlich ist unter allen Reaktionen, welche dieselben hervorrufen, die allerempfindlichste, so daß durch dieselbe auch die schwächst aktiven Präparate in ungleich kürzerer Zeit als z. B. durch die photographische Platte untersucht werden können. Dabei ist der Nachweis der elektrischen Wirkung mit sehr geringen Mitteln anzustellen. Es genügt ein gut (am besten durch Bernstein) isoliertes Elektroskop als einzig notwendiger Apparat. Ein solches behält unter normalen Verhältnissen seine Ladung stunden- und tagelang. Bringt man jedoch einen radioaktiven Körper (es genügt ein sehr schwach aktiver) in die Nähe des Elektroskopes, so bemerkt man sofort, daß das Elektroskop die Fähigkeit zu isolieren verloren hat und daß dasselbe je nach der Stärke der radioaktiven Strahlung schneller oder langsamer seine Ladung verliert.

Die nähere Untersuchung dieser Erscheinung hat gezeigt, daß nicht das Isolationsmaterial des Elektroskopes, sondern die das Elektroskop umgebende Luft die Fähigkeit zu isolieren verloren hat; je nach der Stärke der wirkenden radioaktiven Strahlung ist die Luft unter dem Einflusse der Strahlen mehr oder weniger leitend geworden.

Die Vorstellung, welche man sich von diesem Vorgange des Leitendwerdens der Luft macht, ist kurz folgende: Es werden unter der Wirkung der radioaktiven Strahlen aus den an sich neutralen Luftmolekülen positiv und negativ elektrisch geladene Teilchen, die sogenannten „Ionen“ gebildet, und zwar in einer Anzahl, welche der Stärke der wirkenden Strahlung proportional ist. Befinden sich diese „Ionen“ in dem Wirkungsbereich der von der elektrischen Ladung des Elektroskopes herrührenden Kräfte — man sagt dann: die Ionen befinden sich im „elektrischen Felde“ des geladenen Elektroskopes —, so werden die Ionen je nach dem Vorzeichen ihrer Ladung vom Elektroskop angezogen beziehungsweise abgestoßen. Dadurch findet eine Neutralisation der auf dem Elektroskop vorhandenen Elektrizität statt, es sinkt darum die am Elektroskop abgelesene Spannung. Dieses Sinken der Spannung wird um so schneller erfolgen, je mehr Ionen in der Zeiteinheit zur Neutralisation der Elektroskopladung vorhanden sind, je stärker also die ionisierend wirkende radioaktive Strahlung ist.

Man hat früh erkannt, daß die ionisierende Wirkung der radioaktiven Strahlen ein sehr brauchbares Maß für die Stärke der radioaktiven Strahlung und damit für die Aktivität der betreffenden

Körper darstellt. Die Messung der durch die radioaktiven Strahlen erzeugten „Ionisation“ ist daher die heute am meisten geübte Methode für die Messung der Aktivität radioaktiver Körper. Sie geschieht gewöhnlich durch ein Elektrometer, nur bei sehr starken Präparaten ist der durch die Bewegung der Ionen hervorgerufene Strom so stark, daß er mit empfindlichen Galvanometern gemessen werden kann.

Immer ist aber die Bedingung für die exakte Messung des Ionisationsstromes die, daß die Bewegung der Ionen so schnell ist, daß die Ionen keine Gelegenheit haben, sich gegenseitig durch ihre Ladungen zu neutralisieren, so daß alle durch die Strahlung gebildeten Ionen auch zur Messung gelangen. Man spricht dann vom Vorhandensein des „Sättigungsstromes“. Der „Sättigungsstrom“, welcher allein die ganze von den Strahlen erzeugte Ionisation mißt, kann nur durch genügend starke elektrische Felder erhalten werden, bei der elektroskopischen Meßmethode also durch genügende hohe Spannung am Elektroskop. Nur dann ist die Bewegung der Ionen hinreichend schnell, daß kein merklicher Verlust von Ionen durch gegenseitige Wiedervereinigung eintritt.

Auch bei der ionisierenden Wirkung läßt sich die Absorption, welche die radioaktiven Strahlen in festen, flüssigen und gasförmigen Körpern erfahren, leicht nachweisen. Wie bei der Wärmewirkung ist auch bei der ionisierenden Wirkung der Strahlen die absorbierte Strahlung die Energiequelle für die Wirkung. Dasselbe ist natürlich auch bei der Fluoreszenzwirkung und bei der photographischen und Wärmewirkung der Strahlen der Fall. Bei der Ionisation tritt aber noch deutlicher als bei den anderen Wirkungen ein unterschiedliches Verhalten der Strahlen der meisten radioaktiven Körper in bezug auf Absorbierbarkeit hervor. Es zeigt sich dies darin, daß man z. B. bei einem unbedeckten Radiumpräparate zunächst eine Strahlung findet, welche eine außerordentlich starke Ionisation hervorruft, wenn man es in die unmittelbare Nähe eines Elektroskopes bringt. Bedeckt man jetzt das Radiumpräparat mit sehr dünner Metallfolie, so findet man, daß die ionisierende Wirkung der Strahlen zunächst nur wenig abnimmt, wenn die Metallfolie sehr dünn (einige Tausendstel Millimeter) ist. Überschreitet die Metallfolie aber eine bestimmte Dicke (einige Hundertstel Millimeter), so geht plötzlich das Ionisationsvermögen der Strahlen auf einen ganz geringen Bruchteil (ungefähr  $\frac{1}{100}$ ) des zuerst vorhandenen Betrages herunter. Vergrößert man jetzt die Dicke der eingeschalteten Metallfolie weiter,

so findet man wieder eine kontinuierliche Verminderung der ionisierenden Wirkung der Strahlen, die in einer bestimmten Beziehung zu der Dicke der Folie steht. Dieses Verhalten bleibt bestehen, bis man zu Metallblechen von einigen Millimetern Dicke (je nach der Art des Metalls) gekommen ist und die noch vorhandene Ionisation ungefähr  $\frac{1}{10000}$  oder noch weniger der ursprünglichen beträgt. Dann bemerkt man, daß der Einfluß der zunehmenden Dicke der eingeschalteten Schicht auf die Schwächung der Strahlen ein anderer, und zwar ein geringerer geworden ist: die Strahlen, die von den ursprünglichen hinter einigen Millimetern Metall übriggeblieben sind, sind jetzt sehr durchdringend geworden. Man ist imstande, sie bei starken Radiumpräparaten hinter Dezimeter starken Metallwänden noch nachzuweisen.

Es ordnen sich also die Radiumstrahlen, gemessen durch ihr Ionisierungsvermögen, in drei Gruppen ein. Die erste Gruppe — die  $\alpha$ -Strahlen — besitzt ein außerordentlich hohes Ionisierungsvermögen, wird aber durch wenige Hundertstel Millimeter Metallfolie sowie durch einige Zentimeter Luft bereits vollkommen absorbiert. Die zweite Gruppe — die  $\beta$ -Strahlen — ist in ihrer ionisierenden Wirkung ungefähr hundertmal schwächer, vermag aber Metallschichten bis zu einigen wenigen Millimetern Dicke zu durchdringen. Die dritte Gruppe — die  $\gamma$ -Strahlen — hat wieder eine ungefähr hundertmal schwächere ionisierende Wirkung, kann aber Metallschichten von erheblicher Dicke durchdringen.

Der Unterschied in der Durchdringungsfähigkeit und der Wirksamkeit der  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen dokumentiert sich auch bei der Fluoreszenz-, der photographischen und der Wärmewirkung derselben Strahlen, doch stehen hier häufig die Wirkungen nicht in dem gleichen Verhältnis, wie bei der Ionisation durch die Strahlen. So wirken beispielsweise die  $\alpha$ -Strahlen relativ schwach, die  $\beta$ -Strahlen stark auf die photographische Platte ein. Es liegt dies zum Teil an der geringen Eindringungstiefe der  $\alpha$ -Strahlen in die photographische Schicht. Zinksulfid fluoresziert besonders gut unter der Wirkung der  $\alpha$ -Strahlen, Bariumplatinzyanür besonders unter der Einwirkung der  $\beta$ -Strahlen. Bei der Wärmewirkung ist wieder die Wirkung der  $\gamma$ -Strahlen schwer quantitativ zu erhalten, weil zu ihrer Absorption außerordentlich große Metallklötze gehören, welche die Messungen ungenau machen.

Erhält man auf die beschriebene Art bereits eine Klassifizierung der Eigenschaften sowie der radioaktiven Strahlen selbst, so läßt

sich aus dieser Kenntnis noch nicht das Wesen der Strahlen bestimmen, noch nicht feststellen, was die radioaktiven Strahlen selbst eigentlich sind. Daß wir heute hierüber bereits in weitem Umfange orientiert sind, verdanken wir dem glücklichen Umstande, daß die Erforschung der Radioaktivität in eine Zeit fiel, in welcher wichtige Entdeckungen uns die Kenntnis eines neuen Zweiges der Elektrizitätslehre, nämlich der korpuskularen elektrischen Strahlung vermittelten, welche im Verein mit neuentdeckten optischen Phänomenen schließlich zu einer neuen, atomistischen Theorie der Elektrizität, der Elektronentheorie führten.

Es ist sehr wohl denkbar, daß die Radioaktivität durch eine ihrer oben beschriebenen Wirkungen bereits vor 100 Jahren oder früher entdeckt worden wäre; es ist aber sehr wahrscheinlich, daß die Wissenschaft mit dieser Entdeckung nicht viel hätte anfangen können, daß die radioaktiven Erscheinungen ein Kuriosum geblieben wären, für die eine befriedigende, erklärende und ordnende Theorie nicht gut hätte aufgestellt werden können, während heute die Radioaktivität und die Elektronentheorie sich gegenseitig ergänzen und noch ständig neue Aufschlüsse weittragender Bedeutung geben oder erhoffen lassen.

Da sich das Wesen der radioaktiven Strahlen bei Kenntnis der oben erwähnten korpuskularen elektrischen Strahlen leichter darstellen läßt, so soll im folgenden auf die letzteren zunächst eingegangen werden.

(Fortsetzung n. N.)

---



(Aus der I. mediz. Univ.-Klinik, Berlin. Direktor: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. His.)

## **Über den Einfluß von Radiumemanation auf den Gesamtstoffwechsel im Organismus.**

Von **T. Kikkoi.**

Untersuchungen über den Einfluß der Radiumemanation auf den Stoffwechsel sind schon früher angestellt worden. So haben Wilke<sup>1)</sup> und Krieg<sup>2)</sup> die Beeinflussung des Purinstoffwechsels, Silbergleit die des Gesamtstoffwechsels geprüft. Wilke sowie Krieg fanden eine Erhöhung der Harnsäureausscheidung. Silbergleit<sup>3)</sup> hat als erster den Einfluß von radiumhaltigen Bädern auf den Gesamtstoffwechsel des Menschen mittels des Zuntz-Geppert'schen Apparates untersucht und dabei irgend einen Einfluß nicht konstatieren können. Ein Jahr später nahm er eine neue Untersuchung an drei gesunden Personen vor, denen er dieses Mal die Radiumemanation in Form der Trinkkur zuführte. Bei zwei Fällen fand er eine sukzessiv ansteigende Erhöhung sowohl des O<sub>2</sub>-Verbrauchs, als auch der CO<sub>2</sub>-Produktion. Gleichzeitig stieg der respiratorische Quotient; im dritten Fall fand er keinen Einfluß. Er schloß hieraus, daß die Radiumemanation imstande ist, den Gesamtstoffwechsel des Menschen zu erhöhen. Seine Versuchsanordnung ist nicht ganz einwandfrei. Er hat einerseits die Ausscheidungen durch Urin und Fäzes nicht verfolgt, andererseits die dem Versuche vorangegangene Ernährung der Patienten nicht berücksichtigt, obwohl es feststeht, daß der Grundumsatz von der vorherigen Ernährung abhängig ist.

Die von Gudzent<sup>4)</sup> gemachte Feststellung, daß ein Zerfallsprodukt der Radiumemanation, das Radium D, das harnsaure Natrium in löslichere Körper umzuwandeln und bis zu Kohlensäure und Ammoniak zu zerstören vermag, gab die Veranlassung, unter Berücksichtigung aller Kautelen an einer größeren Versuchsreihe systematisch den Einfluß der Emanation einerseits auf den Purinstoffwechsel, andererseits auf den Gesamtstoffwechsel zu prüfen.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. physik.-diät. Therap., 1909, Bd. XIII, S. 430.

<sup>2)</sup> Ärztl. Mitteilungen aus und für Baden, 1909, Nr. 6—7.

<sup>3)</sup> Berlin. klin. Wochenschr., 1908, Nr. 1, und 1909, Nr. 16.

<sup>4)</sup> Kongreßverhandlungen f. innere Medizin, 1910, S. 539.

Gudzent und Loewenthal<sup>1)</sup> studierten an Rheumatikern und Gichtkranken den Purinstoffwechsel, indem sie diese im sogenannten „Emanatorium“ dem Einfluß der Radiumemanation aussetzten. Sie fanden im Gegensatz zu Krieg und Wilke nicht in allen Fällen eine Erhöhung der Harnsäureausfuhr, sondern nur in vier von sieben untersuchten Fällen; in zwei Fällen war eine Abnahme der Harnsäureausfuhr zu konstatieren, in einem Fall war eine Veränderung überhaupt nicht in Erscheinung getreten.

Mir wurde die Aufgabe zuteil, den Gesamtstoffwechsel in dem von Professor Staehelin<sup>2)</sup> nach Jaquets Prinzip konstruierten Respirationsapparat und gleichzeitig den Purinstoffwechsel an Menschen und Hunden unter dem Einfluß der Radiumemanation zu prüfen.

### Versuchsordnung.

Die Versuchsperson wurde zuerst auf eine bestimmte, gleichmäßige, purinfreie Diät gesetzt und nach ca. 1 Woche den Versuchen unterworfen. Die Versuchsperioden setzten sich zusammen aus der Vorperiode (I.), der Emanationsperiode (II.), der Nachperiode (III.).

In den einzelnen Perioden wurde der Respirationsversuch ein um den anderen Tag ausgeführt. Der von Professor Staehelin nach Jaquets Prinzip konstruierte Respirationsapparat gestattet, Versuche von längerer Dauer ohne Belästigungen der Versuchsperson anzustellen, so daß die verschiedenen Phasen eines Versuches einzeln verfolgt, und sowohl die Kohlensäureproduktion, als auch der Sauerstoffverbrauch direkt bestimmt werden können. Die Versuchsperson wurde 7 Uhr früh nüchtern in den Respirationskasten gebracht. Nach 2 $\frac{1}{2}$  Stunden wurde mit der Entnahme von Proben sowohl der atmosphärischen als auch der aus dem Kasten abgesogenen Luft begonnen. Die Proben, die in ihrer Zusammensetzung genau dem Durchschnitt der untersuchten Periode entsprechen, wurden mit dem Petterson-Höglandschen Apparat auf Kohlensäure und Sauerstoff verarbeitet. In der Emanationsperiode bekam die Versuchsperson zu einer bestimmten Zeit eine Portion Radiogenwasser aus den Radiogenemanatoren der Radiogengesellschaft Charlottenburg zu trinken. Dann wurde in den einzelnen Perioden der tägliche

---

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. klinische Medizin, 1910, Bd. LXXI, H. 3–6.

<sup>2)</sup> Charité-Annalen, 1909, Bd. XXXIII.

Harn vorsichtig gesammelt, auf Gesamtstickstoff und Harnsäure verarbeitet (Kjeldahl bzw. Krüger-Schmidtsche Methode). Die Fäzes wurden für jede Periode abgegrenzt, getrocknet und auf Stickstoffgehalt untersucht.

Für die beiden ersten Versuche nahm ich zwei Kranke, die an Polyarthrititis chronica litten.

### Versuch I.

Diagnose: Polyarthrititis chronica.

Anamnese: Fräulein Ann., Schneiderin, 22 Jahre alt. Körpergewicht 45,5 kg. Die Mutter leidet seit 25 Jahren an Arthritis deformans. Vor zwei Jahren bekam die Patientin im Anschluß an eine Erkältung rheumatische Beschwerden: Schmerzen in dem rechten Hand- und Ellbogengelenk, einhergehend mit Anschwellung und leichter Temperatursteigerung. Arznei- und Bäderbehandlung ohne Erfolg. Im Januar 1909 erneuerte größere Schmerzen und Anschwellung im linken Handgelenk und den beiden Knien. Trotz aller Behandlung bis jetzt keine Besserung.

Status: Innere Organe gesund. Rechtes Schultergelenk, beide Ellbogengelenke, beide Handgelenke, beide Kniegelenke und rechtes Großzehengelenk mehr oder weniger teigig angeschwollen, in der Bewegung beschränkt, bei passiver und aktiver Bewegung schmerzhaft. Die Patientin wurde auf folgende purinfreie Diät gesetzt:

Vormittags  $\frac{1}{2}$  11 Uhr: Milch 250 g, eine Semmel 40 g, Butter 10 g.

Nachmittags  $\frac{1}{2}$  1 Uhr: Kartoffeln 50 g, Mehl 5 g, gemischtes Gemüse 180 g, Butter 10 g, Apfelmus 100 g, Milch 250 g.

Abends 7 Uhr: Eier 168 g, weißes Brot 110 g, Milch 250 g, Butter 30 g.

Nach fünf Tagen begann die Vorperiode.

In der Emanationsperiode bekam die Patientin täglich dreimal Radiogenwasser à 40 000 Einheiten = 332 Macheinheiten zu trinken. Die Resultate sind in folgenden Tabellen (S. 49—52) zusammengestellt.

Wie die Tabellen (I—V) zeigen, sind die Kohlensäureausscheidung und die Sauerstoffaufnahme in der Emanationsperiode gegenüber der in der Vorperiode stark erhöht (Kohlensäureausscheidung in neun Stunden 20,52 Liter oder 18,8%, Sauerstoffaufnahme 19,516 Liter oder 16,6% mehr). In der Nachperiode ist die Kohlensäureausscheidung in neun Stunden 18,259 Liter oder 16,7%, Sauerstoffaufnahme 15,524 Liter oder 11% höher als die in der Vorperiode.

Tabelle I.  
Vorperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Verbrauchte O <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Respiratorischer Quotient			Mittel- zahl			
	17. XI.	18. XI.	19. XI.		21. XI.	17. XI.	18. XI.		19. XI.	21. XI.	17. XI.		18. XI.	19. XI.	21. XI.
9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	10,6743	10,7334	12,957	12,0213	—	14,533	13,64165	17,276	16,78764	—	0,73	0,77	0,75	0,72	0,742
10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	26,770	27,296	25,197	22,608	—	36,176	35,6554	32,7561	32,4618	—	0,74	0,76	0,77	0,71	0,745
12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	20,8696	25,852	23,1433	22,466	—	28,4733	33,2177	29,7205	30,5891	—	0,73	0,76	0,75	0,73	0,742
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	24,519	24,4083	21,0896	23,380	—	32,1996	30,7791	26,685	29,8095	—	0,75	0,79	0,74	0,78	0,765
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	28,1692	24,924	26,0131	21,7971	—	35,926	34,4782	34,90	25,9143	—	0,78	0,72	0,76	0,84	0,77
Summe	111,0021	113,2137	108,4001	102,2124	108,707	147,3079	147,77205	141,3376	135,5623	142,994	—	—	—	—	0,752

Tabelle II.  
Emanationsperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei O <sub>2</sub> und 760 mm B.			Mittel- zahl	Verbrauchte O <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Respirat. Quotient			Mittel- zahl			
	24. XI.	26. XI.	29. XI.		3. XII.	24. XI.	26. XI.		29. XI.	3. XII.	24. XI.		26. XI.	29. XI.	3. XII.
1 Uhr (nicht)	13,58910	13,64488	17,04795	15,3668	—	17,560	17,543	19,8830	18,1778	—	0,78	0,78	0,86	0,85	0,82
2—3 Uhr	24,804	30,040	37,1790	18,0414	—	31,5018	39,77	44,3670	21,5109	—	0,79	0,75	0,83	0,84	0,802
3—4 "	24,222	31,3279	23,9941	30,2634	—	30,5114	38,609	32,351	45,391	—	0,79	0,81	0,74	0,75	0,772
4—5 "	25,6959	32,1518	25,6914	33,4776	—	32,450	39,4976	30,9928	39,8112	—	0,78	0,84	0,83	0,84	0,82
5—6 "	32,6976	32,932	27,8223	26,7228	—	38,650	45,2815	32,880	33,4035	—	0,84	0,73	0,85	0,80	0,805
Summe	121,01	140,0966	131,7347	123,872	128,178	150,673	180,700	160,474	158,294	162,510	—	—	—	—	0,804

Tabelle III.  
Nachperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Verbrauchte O <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Respirat. Quotient			Mittel- zahl
	6. XII.	8. XII.	10. XII.		6. XII.	8. XII.	10. XII.		6. XII.	8. XII.	10. XII.	
1 Uhr (nüchtern)	11,5984	10,7244	10,875	—	14,745	14,2575	14,400	—	0,79	0,75	0,76	0,766
2—3 Uhr	25,4231	22,133	23,168	—	31,1378	28,564	28,201	—	0,8	0,77	0,82	0,7966
3—4 "	29,9884	27,000	28,380	—	38,4509	34,283	36,464	—	0,78	0,79	0,788	0,785
4—5 "	32,0580	28,2688	32,372	—	37,2366	36,131	40,976	—	0,86	0,78	0,79	0,81
5—6 "	34,994	29,1960	33,718	—	41,1600	38,360	41,0378	—	0,85	0,78	0,82	0,8166
Summe	134,0619	117,3222	128,514	126,966	162,7303	151,5955	161,079	158,468	—	—	—	0,795

Der respiratorische Quotient ist in der Emanationsperiode im allgemeinen erhöht. Wie wir uns die Erhöhung des R.-Q. sowohl nüchtern als auch nach Nahrungsaufnahme zu denken haben, ob schon die Nahrungszufuhr gleich blieb und das Körpergewicht sich nicht veränderte, könnte nur erörtert werden, wenn die Untersuchung sich statt über 9 Stunden über 24 erstreckt hätte (vgl. auch den Versuch am Hund).

Aus den Tabellen sieht man deutlich, daß die Erhöhung des Gaswechsels besonders in der Nüchternzeit in die Erscheinung tritt.

Bezüglich des Stickstoff- und Harnsäurestoffwechsels in den einzelnen Perioden ergab sich folgendes (Tabelle IV): In der Vorperiode aufgenommen täglich 9,6 g Stickstoff, ausgeschieden durch den Harn täglich durchschnittlich 6,911 g Stickstoff, im Kot täglich 1,925 g Stickstoff; somit wird täglich 0,764 g Stickstoff angesetzt. In der Emanationsperiode täglich aufgenommen 9,52 g Stickstoff, ausgeschieden durch den Harn täglich durchschnittlich 7,547 g Stickstoff, im Kot täglich 2,145 g Stickstoff; somit wird die aufgenommene Stickstoffmenge wieder vollständig ausgeschieden. In der Nachperiode aufgenommen täglich 9,66 g Stickstoff, ausgeschieden durch den Harn täglich durchschnittlich 7,483 g Stickstoff, im

Kot täglich 2,2621 g Stickstoff; somit ist die Stickstoffbilanz gleich der der Emanationsperiode geblieben. Die Harnsäureausscheidung beträgt in der Vorperiode durchschnittlich täglich 0,222 g, in der Emanationsperiode täglich 0,432 g, in der Nachperiode täglich 0,414 g. Somit ist die Harnsäureausscheidung in der Emanationsperiode erhöht und klingt nur um ein geringes in der Nachperiode ab.

Bei dieser Patientin hat sich also eine Erhöhung des Gesamtstoffwechsels unter dem Einfluß der Radiumemanation konstatieren lassen.

Tabelle IV.

	Datum	Körpergewicht in kg	N in der Nahrung in g	Harn				Kot	
				Menge in ccm	N in g	Harnsäure		Menge in g	N in g
						N in g	Harnsäure in g		
Vorperiode	17. XI.	45,5	9,6	350	6,448	0,060	0,180		
	18. XI.	"	"	720	6,550	0,071	0,213	im ganzen	im ganzen
	19. XI.	"	"	850	7,474	0,067	0,201		
	20. XI.	"	"	1050	6,862	0,077	0,231	295,0 täglich	13,471 täglich
	21. XI.	"	"	520	6,423	0,082	0,246		
	22. XI.	—	"	1200	7,285	0,083	0,249	42,1	1,925
	23. XI.	45,6	"	650	7,336	0,077	0,231		
Mittelzahl	—	—	—	6,911	0,074	0,222			
Emanationsperiode	24. XI.	45,6	9,52	700	7,013	0,106	0,318		
	25. XI.	"	"	560	7,229	0,114	0,342	im ganzen	im ganzen
	26. XI.	45,5	"	1550	7,411	0,235	0,705		
	27. XI.	—	"	1250	6,843	0,119	0,357	444,0 täglich	21,450 täglich
	28. XI.	—	"	1200	7,262	0,221	0,663		
	29. XI.	45,5	"	760	8,512	0,091	0,273	44,4	2,150
	30. XI.	"	"	1820	6,625	0,124	0,372		
	1. XII.	"	"	1000	7,532	0,120	0,360		
	2. XII.	"	"	1060	8,014	0,198	0,594		
	3. XII.	"	"	950	7,395	0,121	0,363		
Mittelzahl	—	—	—	7,547	0,144	0,432			
Nachperiode	4. XII.	45,5	9,66	690	8,300	0,157	0,471		
	5. XII.	—	"	1080	8,100	0,178	0,534	im ganzen	im ganzen
	6. XII.	45,7	"	920	7,857	0,039	0,117		
	7. XII.	45,6	"	990	6,597	0,143	0,429	295,0 täglich	15,830 täglich
	8. XII.	"	"	640	7,203	0,131	0,393		
	9. XII.	—	"	1490	7,386	0,148	0,444	41,3	2,262
	10. XII.	45,6	"	1135	7,644	0,137	0,411		
Mittelzahl	—	—	—	7,483	0,138	0,414			

Tabelle V.  
Mittelzahlen.

Vorperiode				Emanationsperiode				Nachperiode			
Ausgeschiedene Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Aufgenommene Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Harn	Ausgeschiedene Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Aufgenommene Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Harn	Ausgeschiedene Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Aufgenommene Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Harn	Ausgeschiedene Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Aufgenommene Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Harn
		Ge-samt-N in 24 Std.			Ge-samt-N in 24 Std.			Ge-samt-N in 24 Std.			Ge-samt-N in 24 Std.
108,707	142,990	6,911	128,178	162,510	7,547	126,966	158,468	7,483	0,752	0,795	0,414
		0,222	0,804	0,432	0,432	0,432	0,432	0,432	0,432	0,432	0,414

### Versuch II.

Diagnose: Polyarthritis chronica.

Anamnese: Frä. M. 30 Jahre alt. Am 5. März 1910 bekam sie im Anschluß an eine Erkältung Schmerzen und Anschwellung in der rechten Hüfte, im linken Fußgelenk, im rechten Schultergelenk, bald auch im rechten Kniegelenk. Durch ärztliche Behandlung allmählich gebessert, doch besteht jetzt noch Bewegungsbeschränkung und zeitweiliger Schmerz im linken Schultergelenk.

Status: Innere Organe völlig gesund, nur das linke Schultergelenk etwas dicker, Bewegung mäßig beschränkt und dabei schmerzhaft. Die Patientin wurde auf die folgende gleichmäßige purinfreie Diät gesetzt:

Morgens 7 Uhr: 200 g Milch, 50 g Weißbrot.

Vormittags 10 Uhr: 300 g Milch, 50 g Weißbrot, 10 g Butter.

Mittags 12 $\frac{1}{2}$  Uhr: 250 g Milch, 50 g Weißbrot, 200 g gemischtes Gemüse, 5 g Mehl, 10 g Butter.

Nachmittags 4 $\frac{1}{2}$  Uhr: 450 g Milch, 100 g Weißbrot, 20 g Butter.

Abends 6 $\frac{1}{2}$  Uhr: 300 g Milch, 100 g Schwarzbrot, 40 g Ei, 20 g Butter.

Nach fünf Tagen begann die Vorperiode.

Tabelle VI.  
Vorperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° u. 760 mm B.		Mittelzahl	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.		Mittelzahl	Respirat. Quotient		Mittel- zahl
	19. V.	24. V.		19. V.	24. V.		19. V.	24. V.	
9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Uhr	12,21005	11,90155	—	14,32094	13,8325	—	0,853	0,86	0,859
10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	26,7800	26,6000	—	30,9000	32,42286	—	0,866	0,82	0,843
12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	26,63969	27,4637	—	32,81943	33,1687	—	0,81	0,83	0,82
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	27,05724	26,0316	—	31,483	30,0990	—	0,86	0,84	0,85
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	30,426225	31,3206	—	34,62345	31,57808	—	0,86	0,87	0,885
Summe	123,11321	123,84062	123,818	144,14682	141,1310	142,6224	—	—	0,852

Tabelle VII.  
Emanationsperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.		Mittel- zahl	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.		Mittel- zahl	Respirat. Quotient		Mittel- zahl
	26. V.	28. V.		31. V.	26. V.		28. V.	31. V.	
9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Uhr	12,31055	11,983725	—	14,19334	14,4624	—	0,865	0,83	0,842
10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	26,20485	24,26765	—	30,44756	30,02855	—	0,86	0,81	0,835
12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	28,16345	28,8356	—	32,36695	34,4367	—	0,874	0,84	0,843
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	26,94997	26,7265	—	30,9404	32,3049	—	0,871	0,83	0,867
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	27,1392	29,5118	—	29,713312	34,5114	—	0,914	0,86	0,93
Summe	120,76802	121,3253	121,811	137,66154	145,7440	141,2330	—	—	0,859



Tabelle VIII.  
Nachperiode.

Datum		Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.	R.-Q.	Mittel- zahl
3. VI.	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Uhr	10,99725	13,51662	0,813	—
	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „	26,9742	31,30642	0,86	—
	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „	29,38056	33,63624	0,874	—
	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „	25,64972	30,51992	0,84	—
	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „	27,729	30,6029	0,906	—
Summe		120,731	139,588	—	0,859

Tabelle IX.

	Datum	Körper- gewicht in kg	N in der Nahrung in g	Harn				Kot	
				Menge in ccm	N in g	Harnsäure		Menge in g	N in g
						N in g	Harn- säure in g		
Vorperiode	17. V.	57,00	11,4	1500	10,626	0,135	0,406	im ganzen 414 täglich 46,0	im ganzen 20,529 täglich 2,28
	18. V.	57,20	„	1000	10,752	0,137	0,411		
	19. V.	57,15	„	1070	7,849	0,187	0,562		
	20. V.	57,00	„	1000	11,204	0,153	0,459		
	21. V.	—	„	850	5,069	0,066	0,198		
	22. V.	—	„	730	9,586	0,040	0,119		
	23. V.	—	„	1270	10,946	0,141	0,424		
	24. V.	57,30	„	1370	9,979	0,127	0,381		
	25. V.	57,10	„	760	9,213	0,121	0,364		
Mittelzahl		—	—	—	9,471	0,120	0,361		
Emanationsperiode	26. V.	57,0	11,4	1230	8,507	0,127	0,381	im ganzen 301 täglich 43,0	im ganzen 14,749 täglich 2,107
	27. V.	57,25	„	770	8,732	0,119	0,357		
	28. V.	57,07	„	1510	8,904	0,085	0,255		
	29. V.	—	„	1210	8,470	0,098	0,294		
	30. V.	—	„	1220	9,838	0,113	0,339		
	31. V.	—	„	1225	10,670	0,127	0,381		
	1. VI.	57,10	„	1260	11,466	0,100	0,300		
Mittelzahl		—	—	—	9,518	0,110	0,330		
Nachperiode	2. VI.	57,10	11,4	810	9,798	0,099	0,297	im ganzen 282,0 täglich 47,0	im ganzen 13,422 täglich 2,2372
	3. VI.	„	„	1180	10,623	0,133	0,399		
	4. VI.	—	„	825	9,937	0,137	0,411		
	5. VI.	—	„	490	7,410	0,060	0,180		
	6. VI.	—	„	850	9,282	0,137	0,411		
	7. VI.	57,14	„	1300	9,755	0,104	0,312		
	Mittelzahl		—	—	—	9,499	0,110		

In der Emanationsperiode bekam die Patientin täglich dreimal Radiogenwasser zu trinken à 40 000 Volt = 332 M.E.

Aus den Tabellen (VI—X) ergibt sich folgendes:

In den drei Perioden liegen die Werte der Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffaufnahme fast immer in gleicher Höhe. Auch die Stickstoffbilanz ist alle drei Perioden hindurch immer gleichmäßig, nur das Verhältnis der Harnsäureausscheidung ist anders, und zwar läßt sich eine Abnahme der Harnsäurewerte in der Emanationsperiode feststellen. In diesem Falle hat sich also eine Beeinflussung des Gesamtstoffwechsels unter dem Einfluß der Radiumemanation nicht konstatieren lassen.

Versuch III.

Ein gesunder Junge, 16 Jahre alt, wurde auf die folgende strenge purinfreie Diät gesetzt:

Vormittags  $\frac{1}{2}$  11 Uhr: 50 g Milch, 75 g Schrippe, 15 g Butter.

Mittags  $\frac{1}{2}$  1 Uhr: 50 g Kartoffelbrei, 200 g gemischtes Gemüse, 0,5 g Stärkemehl, 50 g Brot, 20 g Butter.

Abends 7 Uhr: 250 g Milch, 60 g Brot, 30 g Butter, 160 g Hühnereier, 120 g Apfel.

Der Stickstoffgehalt der Nahrung betrug zusammen 11,8 g.

Nach fünf Tagen begann die Vorperiode.

Tabelle X.  
Mittelzahlen.

Vorperiode			Emanationsperiode			Nachperiode		
Ausgeschiedene $\text{CO}_2$ -Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Aufgenommene O-Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	R.-Q.	Ausgeschiedene $\text{CO}_2$ -Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Aufgenommene O-Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	R.-Q.	Ausgeschiedene $\text{CO}_2$ -Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Aufgenommene O-Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	R.-Q.
123,8182	142,624	0,854	121,811	141,5461	0,859	120,731	139,589	0,859
Harn			Harn			Harn		
Ge-samt-N in 24 Std.	Harn-säure in 24 Std.		Ge-samt-N in 24 Std.	Harn-säure in 24 Std.		Ge-samt-N in 24 Std.	Harn-säure in 24 Std.	
9,471	0,360		9,518	0,330		9,499	0,330	

Tabelle XI.  
Vorperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Respirat. Quotient			Mittel- zahl
	13. XII.	15. XII.	17. XII.		13. XII.	15. XII.	17. XII.		13. XII.	15. XII.	17. XII.	
9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Uhr	11,5136	11,6338	11,4884	—	15,1475	15,0611	15,26316	—	0,76	0,77	0,75	0,77
10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	34,8008	35,5224	35,6368	—	41,1668	45,31272	45,044	—	0,84	0,78	0,76	0,79
12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	31,7526	29,1588	30,564	—	41,18499	35,7858	38,2050	—	0,77	0,81	0,89	0,79
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	35,268	35,8066	35,0932	—	43,2033	43,7944	43,7437	—	0,82	0,82	0,80	0,81
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	35,0790	35,2254	33,4475	—	42,6944	42,6898	41,3962	—	0,82	0,83	0,77	0,91
Summe	148,414	147,247	146,2299	147,297	183,397	182,6438	183,6521	183,231	—	—	—	0,8

Tabelle XII.  
Emanationsperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Respirat. Quotient			Mittel- zahl	
	20. XII.	22. XII.	27. XII.		29. XII.	20. XII.	22. XII.		27. XII.	29. XII.	20. XII.		22. XII.
9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	14,648	15,0768	12,4155	14,1174	18,8593	18,30156	15,17895	18,4382	—	0,86	0,82	0,82	0,77
10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	36,0469	27,5649	32,8788	30,685	41,915	37,2544	39,75855	35,6915	—	0,86	0,82	0,83	0,79
12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	35,794	36,7177	34,5384	32,1629	42,9528	45,34209	42,9624	39,598	—	0,83	0,81	0,81	0,81
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	38,8164	39,5002	34,555	35,222	48,15082	45,9409	41,63432	41,22575	—	0,81	0,86	0,83	0,86
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	—	36,9585	34,9461	36,3393	—	43,69316	41,9353	42,6776	—	—	0,85	0,83	0,85
Summe	—	155,8181	149,334	148,5267	151,226	—	190,3316	175,5602	177,6311	181,2409	—	—	0,83

Tabelle XIII.  
Nachperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° u. 760mm B.		Mittelzahl	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.		Mittelzahl	Respirat. Quotient		Mittelzahl
	3. I.	5. I.		3. I.	5. I.		3. I.	5. I.	
9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Uhr	11,87595	11,9451	—	15,50124	15,9748	—	0,73	0,75	—
10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	27,9510	29,8836	—	36,08220	36,1123	—	0,77	0,85	—
12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	33,9924	82,11125	—	41,61382	41,73232	—	0,82	0,77	—
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	34,9033	33,1188	—	41,28805	39,46876	—	0,85	0,86	—
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	34,6542	35,1568	—	40,42990	40,3077	—	0,86	0,87	—
Summe	143,3768	142,2155	142,7961	174,91521	172,5967	173,755	—	—	0,81

Tabelle XV.  
Mittelzahlen.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.	Vorperiode		Emanationsperiode		Nachperiode									
	Aufgenommene O-Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 770 mm B.	Harn Gesamt-N in 24 Std.	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Harn Gesamt-N in 24 Std.	Aufgenommene O-Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Harn Gesamt-N in 24 Std.								
148,297	184,164	0,792	9,914	0,359	151,2263	181,2409	0,83	10,736	0,390	142,7961	173,755	0,81	10,474	0,330

Tabelle XIV.

	Datum	Körpergewicht in kg	N in der Nahrung in g	Harn				Kot	
				Menge in ccm	N in g	Harnsäure		Menge in g	N in g
						N in g	Harn- säure in g		
Vorperiode	13. XII.	43,00	11,8	1250	9,094	0,084	0,254		
	14. XII.	42,90	"	1570	10,294	0,172	0,516	im	im
	15. XII.	43,40	"	1220	9,580	0,133	0,399	ganzen	ganzen
	16. XII.	—	"	1500	11,480	0,130	0,390	174,5	8,307
	17. XII.	—	"	1470	9,522	0,143	0,429	täglich	täglich
	18. XII.	—	"	1570	10,506	0,082	0,246	24,93	1,187
	19. XII.	43,01	"	770	8,922	0,039	0,267		
	Mittelzahl	—	—	—	9,914	0,119	0,357		
Emanationsperiode	20. XII.	43,01	11,8	1170	9,961	0,094	0,282		
	21. XII.	43,04	"	1400	10,870	0,147	0,441		
	22. XII.	—	"	1400	10,976	0,131	0,393		
	23. XII.	—	"	930	11,041	0,121	0,363	im	im
	24. XII.	—	"	950	9,682	0,106	0,318	ganzen	ganzen
	25. XII.	43,10	"	1120	10,505	0,137	0,411	308	14,01
	26. XII.	43,06	"	1400	11,172	0,147	0,441	täglich	täglich
	27. XII.	—	"	1170	9,763	0,126	0,378	30,8	1,401
	28. XII.	—	"	980	12,404	0,168	0,504		
29. XII.	43,04	"	1480	10,982	0,128	0,384			
	Mittelzahl	—	—	—	10,736	0,130	0,390		
Nachperiode	30. XII.	43,04	11,8	1300	10,618	0,148	0,444		
	31. XII.	43,03	"	1500	11,844	0,132	0,396	im	im
	1. I.	43,04	"	1280	10,738	0,047	0,141	ganzen	ganzen
	2. I.	"	"	1220	10,416	0,118	0,354	175,0	9,029
	3. I.	"	"	1130	9,209	0,128	0,384	täglich	täglich
	4. I.	"	"	1040	10,367	0,091	0,273	25,0	1,290
	5. I.	43,01	"	1300	10,127	0,108	0,324		
	Mittelzahl	—	—	—	10,474	0,110	0,330		

In der Emanationsperiode bekam der Patient täglich dreimal Radiogenwasser zu trinken à 40 000 Volt = 332 M.-E.

Aus den Tabellen (XI—XV) ist folgendes erkennbar: Die Kohlensäureausscheidung und die Sauerstoffaufnahme sind in der Emanationsperiode, und zwar an den beiden ersten Tagen (20. Dezember, 22. Dezember) stark erhöht gegenüber den Werten in der Vorperiode, vom dritten Tage der Emanationsperiode sinken aber die Werte ab. Besonders ist auffallend, daß in der Emanations-

periode in der Nüchternzeit (zwischen morgens  $9\frac{1}{2}$ — $10\frac{1}{2}$  Uhr) der Gaswechsel stark vermehrt ist, während er in den entsprechenden Zeiten in der Vor- und Nachperiode keine Vermehrung zeigt. Bezüglich des Stickstoffwechsels ergab sich folgendes: In der Vorperiode aufgenommen täglich 11,8 g Stickstoff, ausgeschieden täglich durch den Harn durchschnittlich 9,914 g Stickstoff, im Kote 1,187 g Stickstoff, somit täglich 0,699 g Stickstoff angesetzt. In der Emanationsperiode aufgenommen täglich 11,8 g Stickstoff, ausgeschieden täglich durch den Harn durchschnittlich 10,736 g Stickstoff, im Kot 1,401 g Stickstoff, somit täglich 0,337 g Stickstoff mehr als die aufgenommene Stickstoffmenge ausgeschieden. In der Nachperiode aufgenommen täglich 11,8 g Stickstoff, ausgeschieden durch den Harn 10,474 g Stickstoff, im Kot 1,290 g Stickstoff, somit scheidet hier die Versuchsperson die ganze aufgenommene Stickstoffmenge wieder aus. Die Harnsäureausscheidung ist in der Emanationsperiode deutlich gesteigert und sinkt in der Nachperiode wieder ab.

Dieser Fall zeigt also, daß der Gesamtstoffwechsel unter dem Einfluß von Radiumemanation eine Erhöhung erfuhr.

#### Versuche an Hunden.

Ich gebrauchte zu den Hunderversuchen den vom Professor Staehelin konstruierten Kasten. Der Hund wird  $8\frac{1}{2}$  Uhr morgens in den Kasten hineingesetzt und nach einer halben Stunde mit Entnahme der Luftproben begonnen.

#### Vorversuch.

Ein weiblicher gesunder Hund, 8,9 kg Körpergewicht, wurde auf die folgende gleichmäßige Diät gesetzt: Pferdefleisch 300 g, Speck 20 g, Stärkemehl 20 g, Kochsalz wenig. Nach sechs Tagen wurde die Vorperiode angefangen. In der Emanationsperiode bekam der Hund täglich dreimal ( $8\frac{1}{2}$  Uhr morgens, 2 Uhr, 5 Uhr nachmittags [per Sonde]) Radiogenwasser à 40 000 Volt = 332 M.-E.

Aus den Tabellen (XVI und XVII) ist erkennbar, daß der Gaswechsel des Hundes in der Emanationsperiode in den ersten Tagen keine Veränderung, aber später eine erhebliche Erhöhung erfuhr.

#### Hauptversuch.

Ein weiblicher Hund, 8,27 kg Gewicht, wurde auf die folgende gleichmäßige Diät gesetzt.

Tabelle XVI.  
Vorperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° u. 760 mm B.	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° u. 760 mm B.	Respirat. Quotient	Bemerkung
9-11 Uhr	6,964815	9,229507	0,73	sitzt ruhig
12-2 "	6,5234	8,5105	0,766	sitzt ruhig (2 Uhr gefüttert)
3-5 "	8,41588	10,63708	0,79	sitzt ruhig
6-8 "	10,81696	12,46784	0,84	läfchen unruhig
Summe	32,72105	40,8449	0,781	

Tabelle XVII.  
Emanationsperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° u. 760 mm B.	Mittel- zahl	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.	Mittel- zahl	Respirat. Quotient	Mittel- zahl	Bemerkung
12. III.	18. III.		12. III.	18. III.	12. III.	18. III.	
9-11 Uhr	6,99706	—	9,1912	9,215	0,78	0,81	sitzt ruhig
12-2 "	6,5205	—	8,39592	8,76832	0,777	0,771	" "
3-5 "	8,33625	—	10,6757	12,31532	0,783	0,812	" "
6-8 "	9,56551	—	10,77042	17,41146	0,825	0,691	" "
Summe	31,41932	34,3493	39,0333	47,709	0,815	0,771	0,793

Tabelle XVIII.  
Vorperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° u. 760 mm B.		Mittelzahl	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.		Mittelzahl	Respirat. Quotient		Mittel- zahl
	15. IV.	18. IV.		15. IV.	18. IV.		15. IV.	18. IV.	
9-11 Uhr	6,06645	6,19635	—	7,73175	7,6074	—	0,785	0,814	0,798
12-2 "	6,96318	7,32446	—	9,26772	9,32204	—	0,751	0,786	0,769
3-5 "	7,3226	8,06436	—	9,47784	10,4289	—	0,773	0,773	0,773
6-8 "	7,905685	7,73812	—	9,936819	9,62736	—	0,795	0,803	0,799
Summe	28,26792	29,32329	28,7956	36,4143	36,9850	36,6998	—	—	0,798

Tabelle XIX.  
Emanationsperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittel- zahl	Respirat. Quotient			Mittel- zahl
	20. IV.	25. IV.	27. IV.		20. IV.	25. IV.	27. IV.		20. IV.	25. IV.	27. IV.	
9-11 Uhr	6,58148	6,401275	7,09056	—	8,3350	8,63373	9,42946	—	0,79	0,74	0,752	0,76
12-2 "	7,175	7,82775	7,10846	—	9,1100	10,5364	9,4609	—	0,788	0,743	0,750	0,77
3-5 "	7,7704	7,78235	7,18236	—	9,88518	10,6056	9,25614	—	0,786	0,733	0,776	0,76
6-8 "	8,6447	7,91594	9,01485	—	10,3380	10,0336	10,0862	—	0,836	0,79	0,89	0,839
Summe	30,1716	29,92731	30,3932	30,1650	37,6682	39,81433	38,2370	38,5732	—	—	—	0,782



Tabelle XX.  
Nachperiode.

Datum	Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in Liter bei 0° u. 760 mm B.			Mittelzahl	Aufgenommene O-Menge in Liter bei 0° und 760 mm B.			Mittelzahl	Respirat. Quotient			Mittel- zahl
	30. IV.	3. V.			30. IV.	3. V.			30. IV.	3. V.		
	9—11 Uhr	5,4780	6,0639			—	7,39590		7,66615		0,74	
12—2 "	6,76545	6,8406		—	9,06315	8,74790		0,75	0,782		0,77	
3—5 "	6,99660	7,84822		—	9,91185	9,6252		0,705	0,711		0,71	
6—8 "	8,58474	9,15545		—	10,62136	11,3739		0,807	0,805		0,81	
Summe	27,8247	29,90826		28,8665	36,6917	37,41315		—	—		0,765	

Diät: Pferdefleisch 216 g, Speck 20 g, Kochreis 40 g. Stickstoffbestimmung der Nahrung ergab zusammen 7,6028 g.

Nach einer Woche beginnt die Vorperiode.

Im Gegensatz zum Vorversuch wurde hier die Versuchsanordnung so getroffen, daß der Hund sich ständig in einer radiumemana-tionshaltigen Luft von rund vier Macheinheiten pro Liter befand und ähnlich wie die Patienten in dem Emanatorium von Gudzent und Loewenthal die Emanation einatmen mußte.

Aus den Tabellen (XVIII bis XXII) geht hervor, daß die Kohlen-säureausscheidung und die Sauer-stoffaufnahme in der Emanations-perioden in den einzelnen Phasen, besonders in der Nüchternzeit (9—11 Uhr, 12—2 und 6—8 Uhr), deutlich vermehrt ist. In der Nach-perioden sinken die Werte wieder ab. Der respiratorische Quotient ist in der Emanationsperiode etwas erniedrigt. Bezüglich des Stickstoff-wechsels ergab sich folgendes: In der Vorperiode aufgenommen täglich 7,603 g Stickstoff, ausgeschieden durch den Harn durchschnittlich täglich 6,147 g Stickstoff, im Kot täglich 0,512 g Stickstoff, somit 7,0908 g Stickstoff täglich resorbiert und 6,1461 g Stickstoff ausgeschieden, somit hier 0,944 g angesetzt worden. In der Emanationsperiode aufgenommen täglich 7,603 g Stickstoff, ausgeschieden durch den Harn

Tabelle XXI.

	Datum	Körpergewicht in kg	N in der Nahrung in g	Harn		Kot	
				Menge in ccm	N in g	Menge in g	N in g
Vorperiode	14. IV.	8,27	7,603	325	5,508		
	15. IV.	8,37	„	300	5,262	im	im
	16. IV.	8,27	„	320	6,503	ganzen	ganzen
	17. IV.	8,28	„	375	6,582	55,3	2,56
	18. IV.	8,28	„	365	6,878		täglich
	Mittelzahl	—	—	—	6,147		
Emanationsperiode	19. IV.	8,27	7,603	385	6,327		
	20. IV.	—	„	425	6,447		
	21. IV.	8,28	„	315	6,389		im
	22. IV.	8,27	„	560	5,894	im	ganzen
	23. IV.	8,37	„	430	6,342	ganzen	4,572
	24. IV.	8,37	„	310	6,684	56,85	täglich
	25. IV.	—	„	380	6,871		0,508
	26. IV.	—	„	375	6,628		
	27. IV.	8,37	„	500	6,565		
	Mittelzahl	—	—	—	6,760		
Nachperiode	28. IV.	8,38	7,603	325	6,135		
	29. IV.	—	„	350	6,419		im
	30. IV.	8,40	„	285	6,823	im	ganzen
	1. V.	8,45	„	325	6,871	ganzen	3,061
	2. V.	8,37	„	285	6,414	48,3	täglich
	3. V.	8,32	„	400	6,182		0,510
	Mittelzahl	—	—	—	6,474		

täglich durchschnittlich 6,760 g Stickstoff, im Kot täglich 0,508 g Stickstoff, also täglich 7,0948 g Stickstoff resorbiert und 6,5954 g Stickstoff ausgeschieden, somit hier 0,335 g Stickstoff täglich angesetzt worden. In der Nachperiode täglich aufgenommen 7,503 g Stickstoff, ausgeschieden durch den Harn täglich 6,474 g Stickstoff, im Kot täglich 0,510 g Stickstoff, also 7,0927 g Stickstoff täglich resorbiert, somit sind täglich 0,619 g Stickstoff angesetzt worden. Demnach ist auch beim Hund der N-Umsatz in der Emanationsperiode gesteigert.

Aus meinen Versuchen geht demnach hervor, daß

Tabelle XXII.  
Mittelzahlen.

Vorperiode			Emanationsperiode			Nachperiode		
Aus- geschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Auf- genommene O-Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Harn R.-Q. N- Gehalt	Aus- geschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Auf- genommene O-Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Harn R.-Q. N- Gehalt	Aus- geschiedene CO <sub>2</sub> -Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Auf- genommene O-Menge in 9 Std. in Liter bei 0° und 760 mm B.	Harn R.-Q. N- Gehalt
28,7956	36,6998	6,147	30,1650	38,5732	6,760	28,8665	37,0525	6,474
		0,798			0,782			0,765

auch beim Hunde unter dem Einfluß von Radiumemanation der Gesamtstoffwechsel erhöht wird.

Eine besondere Besprechung verlangt noch das Verhalten des R.-Q. Er kann Hinweise geben auf die Qualität der Verbrennungsprozesse, speziell über die Beteiligung der Kohlehydrate an der Steigerung der Oxydationen unter dem Einfluß des Radiums. Es ist auffallend, daß der R.-Q. im Versuch am Hunde gesunken, im Versuch am Menschen gestiegen ist. Das deutet auf einen speziellen Einfluß des Radiums auf den Kohlehydratstoffwechsel. Leider ist es uns aber nicht möglich, diesen Einfluß in unseren Versuchen genauer zu bestimmen, da die Versuche nicht 24 Stunden, sondern nur 9 bzw 8 Stunden gedauert haben.

Zusammenfassung.

Die am Menschen ange-  
stellten Versuche haben also  
folgendes ergeben:

1. Bei zwei Fällen (dem  
ersten und dem dritten) unter  
den drei Versuchen sind die  
Kohlensäureausscheidung und  
die Sauerstoffaufnahme unter  
dem Einfluß der Radiumemana-  
tion deutlich erhöht, und zwar im  
allgemeinen am deutlichsten in  
der Nüchternzeit, während bei  
einem Fall (dem zweiten Fall) gar  
kein Einfluß beobachtet wurde.

2. Die Gesamtstickstoffausscheidung im Harn ist bei zwei Fällen (dem ersten und dem dritten) in der Emanationsperiode erhöht gegenüber den zwei anderen Perioden, beim zweiten Fall in allen drei Perioden unverändert. Die Harnsäureausscheidung ist in der Emanationsperiode bei den zwei Fällen, bei denen der Gaswechsel und die Stickstoffausscheidung erhöht war, vermehrt, während sie beim zweiten Fall in der Emanationsperiode herabgesetzt ist. Diese Befunde stehen in Einklang mit denen von Gudzent und Loewenthal.

Diese Resultate erfuhren durch die Versuche an Hunden eine Bestätigung. Durch sie konnte festgestellt werden, daß der Gesamtstoffwechsel unter dem Einfluß von Radiumemanation erhöht wird.

Die Radiumemanationswirkung entfaltet sich am stärksten in der Nüchternzeit. Die Vermehrung der Stickstoffausscheidung in der Emanationsperiode liegt meistens unter 10%, trotz der starken Erhöhung des Gaswechsels. Dies ist wahrscheinlich auf die kompensatorische Verbrennungsverminderung im Körper in anderen Stunden zurückzuführen.

Woran es liegt, daß bei einzelnen Individuen eine Beeinflussung des Gesamtstoffwechsels nicht erkennbar ist, muß weiter geprüft werden.

Die Arbeit wurde im Winter 1910 fertiggestellt.

## **Quellemanatorien und natürliche Radiumsolbäder.**

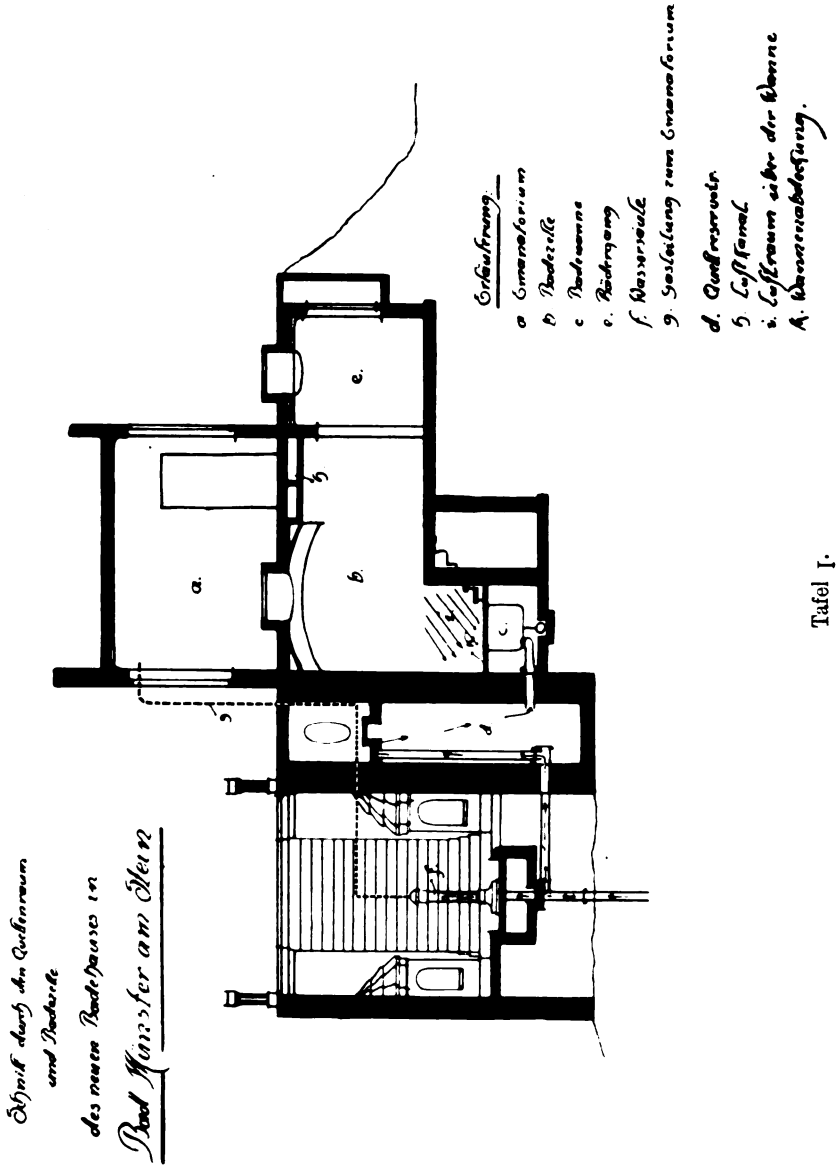
Eine Neuanlage in Bad Münster am Stein.

Von **Dr. Glaessgen I.**

Die Thermalquellen in Bad Münster am Stein enthalten an Emanation nach den Untersuchungen von K. W. Schmidt und K. Kurz, Gießen (1905) = 23,4 M.-E. im Liter, Engler und Sieveking, Karlsruhe (1909) = 19,7 M.-E. im Liter, Glaessgen I, Bad Münster a. Stein (1910) = 20,4 M.-E. im Liter. Die Schüttung der drei Quellen (Taf. II, 1, 2 u. 3) beträgt in einer Stunde 41220 Liter.

Die Quellgase ergaben an Emanation (direkt über der Quelle) Glaessgen I. 1910 = 78,6 M.-E. im Liter.

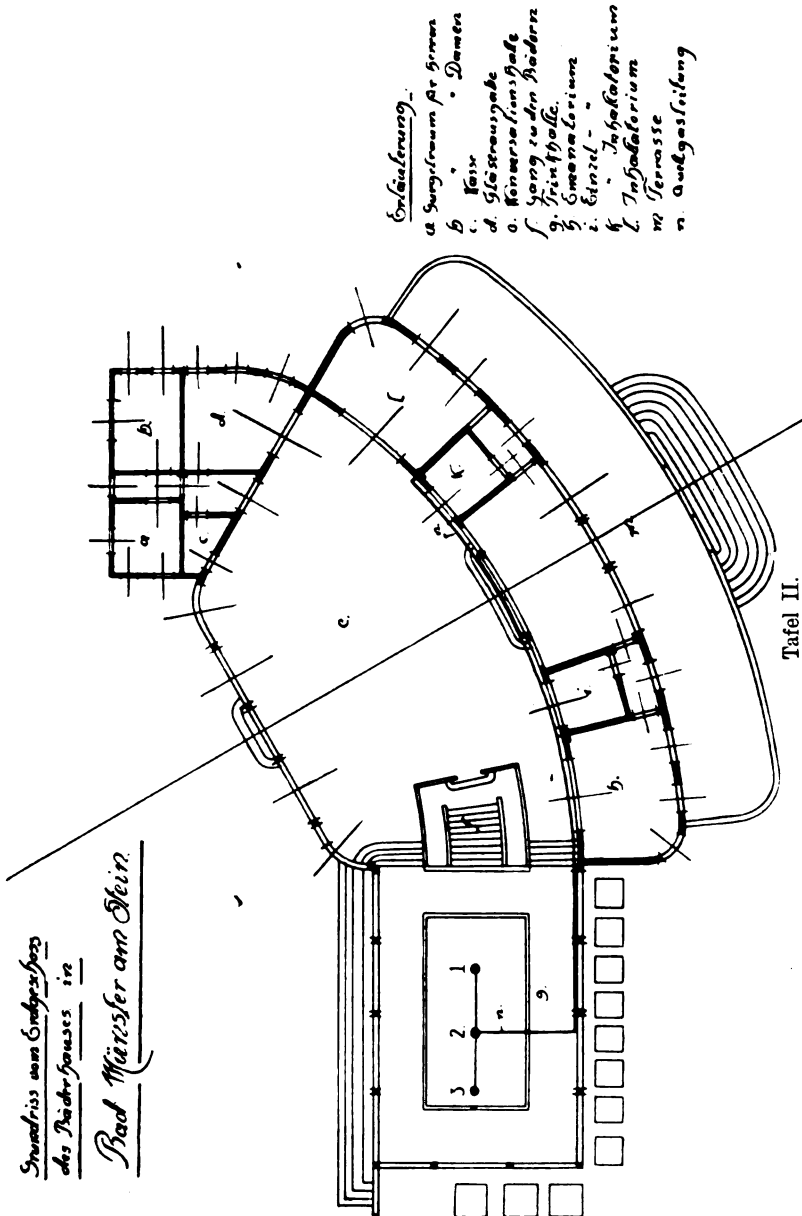
Die Menge der Quellgase ergaben als Mindestmaß 300 Liter in einer Stunde, ansteigend bis 1400 Liter.



Tafel I.

Die Gase durch glattes Kupferrohr (Taf. I, g) nach dem Emanatorium (Taf. I, a) geleitet und unter Wasser aufgefangen, ergaben in einem Liter 63.2 M.-E. (Glaessgen I).

Es sind zwei Emanatorien (Taf. II, h u. i) in nächster Nähe der von Scherer-Ems 1910 neugefaßten Quellen (Taf. II, 1, 2 u.



3) angelegt, das größere von 60 cbm, das kleinere von 20 cbm. Sie sind derartig eingerichtet, daß sie allen Anforderungen der Wissen-

schaft vollkommen entsprechen (Luft, Reinigung, Ozonisierung usw.).

Durch den hohen Emanationsgehalt der Quellengase kann in weniger als sieben Stunden das Emanatorium von 60 cbm auf 2 M.-E. pro Liter und in ca. 14 Stunden auf 5 M.-E. pro Liter Luft gebracht, und da die Quellgase ständig reichlich zuströmen, diese Höhe nicht nur erhalten, sondern nach Bedarf angereichert werden. In gleicher Weise kann man im kleinen Emanatorium von 20 cbm den Emanationsgehalt auf höhere Stärke bringen.

Ferner sind Einrichtungen getroffen, das emanationsreiche Solwasser zu natürlichen Emanationsbädern (Radiumbäder) zu verwenden, indem die Badezellen (Taf. I, b) um die Quellen gruppiert wurden, und zwar tiefer als der Wasserspiegel der Quellen, so daß die Sole ohne jedes Schütteln oder Pumpen direkt von unten in die Wannen (Taf. I, c) einläuft und dauernd während des Bades in die Wanne zu- und abfließt.

Die Badewannen (Taf. I, c) liegen an tiefster Stelle der Badezelle (Taf. I, b), die sich dort wesentlich verengt. Die Wannen sind am oberen Rand ringsum bis zur Wand abgedichtet (Taf. I, k), so daß alle dem Bade entweichende Emanation seitlich nicht versinken kann und sich in dem kleinen Raume über der Wanne und weiterhin ansammeln muß und so zugleich in reichem Maße zur Inhalation dient.

Diese Badezellen sind dicht geschlossen und in gleicher Weise, wie bei den Emanatorien, in einen Luftreinigungskreislauf mit Ozonisierung eingeschlossen. Daher wird auch hier die Emanation den Baderäumen immer wieder zugeführt und durch die neuerdings dem Bade entströmende Emanation weiterbereichert, wozu als weiterer Faktor wohl noch die sich bildende induzierte Aktivität zu rechnen ist. Ferner sind Einrichtungen getroffen, daß auch Kranke, welche sich nicht oder nur schwer bewegen können, ebener Erde in die Badezellen gefahren und mittels eines Apparates in bequemer Weise in das Bad hinabgelassen und wieder heraufgehoben werden können.

Es dürfte so eine ideale und einzig dastehende Einrichtung geschaffen sein zur Ausnutzung der Quellemanation zu therapeutischen Zwecken.

## Referate.

### Radiologisches vom 5. Internat. Kongreß für Thalassotherapie in Kolberg, 5.—7. Juni 1911.

**Artmann, Prof. Dr. P.,** Die Radioaktivität des Meerwassers.

Meerwasser enthält außer Radiumemanation auch Radiumsalze selbst, die sich aus dem Urangehalt des Meerwassers regenerieren. Nach Joly, Knoche und dem Vortragenden kann der mittlere Gehalt des Meerwassers an Radium mit 10 Billionstel Gramm Radium pro Liter angegeben werden. Dementsprechend sind  $4 \times 10^{10}$  Tonnen Uran,  $14 \times 10^8$  Tonnen Radium und 82 Hektoliter Emanation miteinander im Gleichgewichte in den Meeren gelöst.

Außerdem wurde Thorium im Meerwasser nachgewiesen, doch im Verhältnis zu Radium in geringerer Menge als auf dem Lande. Das primär-radioaktive Kalium sendet keine Emanation aus, ist ein schwacher  $\beta$ -Strahler und kommt ihm trotz seiner verhältnismäßig großen Menge keine Bedeutung in bezug auf die Radioaktivität des Meerwassers zu.

Wie Joly nachgewiesen hat, entstammt das Uran dem Festlande, aus dessen plutonischen Gesteinen es bei deren Verwitterung teils gelöst, teils fortgeschlemmt wurde, so radiumarme Trümmergesteine hinterlassend, während es sich in den Meeresedimenten wieder ansammelt. Je langsamer ein Tiefseesediment fällt, je kalkärmer es ist, umso höher ist seine Radioaktivität.

In den littoralen Ablagerungen ist noch keine Anreicherung an Radium zu beobachten; bereits reicher erscheinen die kalkigen Globigerinenschlammte in größerer Entfernung von der Küste. Am reichsten sind die in großen Tiefen der zentralen Ozeane gefallenen Radiolarien- und roten Tonsedimente, welche 30—50 Billionstel Gramm Radium pro Gramm Gestein enthalten.

Die Gesamtmenge Uran in den ozeanischen Sedimenten =  $3.5 \times 10^{12}$  Tonnen, dementsprechend  $1,2 \times 10^6$  Tonnen Radium!

Aus den mitgeteilten Untersuchungsergebnissen geht hervor, daß besonders hohe Werte für radioaktives Meerwasser an den Küsten und dort gefunden worden sind, wo eine deutliche Beeinflussung durch die geologische Beschaffenheit der Küste, bzw. des Meeresgrundes, sowie durch submarine Quellen stattgefunden hat.

Eine Abhängigkeit der Radioaktivität von der geographischen Breite, sowie vom Salzgehalt, ist nicht mit Sicherheit konstaterbar; jedenfalls scheint der Uran-Radiumgehalt im Gegensatz zu den anderen im Meere vorhandenen Salzen ein sehr schwankender zu sein und spielt der vegetabilische und animalische Plankton hierbei eine große Rolle.

Die Aktivierung der Ozeane durch radioaktive Emanationen der Atmosphäre erscheint ausgeschlossen; vielmehr erhält letztere ihre Aktivität durch Diffusion aus dem Meerwasser.

Die Mehrzahl der Beobachter findet die Aktivität der Luft über den Ozeanen schwächer als über dem Lande und weisen einige auch auf die Möglichkeit hin, daß Emanationen durch Landwinde über die See getragen werden. Bei dem



raschen Zerfall der Emanation würde es aber dann nicht begreiflich sein, wieso über zentralen Partien der Ozeane selbst bei Windstille verhältnismäßig hohe Werte gefunden worden sind.

Ein neuer Heilfaktor kann in dem Emanationsgehalt der Meeres- und Strandluft demnach nicht gesehen werden, vielmehr würden die Zahlen zugunsten der Luft im Gebirge, über dem Binnenlande sprechen. Das Meerwasser hingegen hat vor dem Wasser vieler Seen, Flüsse und Quellen den Vorzug, Radiumsalze selbst gelöst zu enthalten, freilich in Mengen, welche im Vergleiche zu den in der Radiumtherapie angewandten homöopathisch genannt werden dürfen.

Fürstenberg-Berlin weist in der Diskussion auf die große Bedeutung der Emanationsbehandlung auch für Seebadeorte hin. Gerade dort können sich die Kranken weit regelmäßiger als zu Hause einer derartigen Kur unterziehen, weil sie frei von jeder Beschäftigung sind und es außerdem auch keine großen Entfernungen bis zum Emanatorium gibt. — Dann aber können viele Kranke, wie ja allgemein bekannt, an der See schlecht schlafen. Durch die Behandlung im Emanatorium wird, worauf F. schon wiederholt hingewiesen, in sehr vielen Fällen eine Besserung des Schlafes bewirkt. Autoreferat.

---

**Fürstenberg, A.,** Weitere Beiträge zur Behandlung mit der Radiumemanation. (Med. Klinik, 1911, Bd. VII, S. 815.)

Fürstenberg hat die früher von ihm gegebenen kleinen Dosen von 10 bis 15000 Volteinheiten jeden zweiten Tag verlassen und gibt jetzt mit gutem Erfolg etwa die zehnfache Menge. Als Hauptindikation für eine Emanationsbehandlung haben auch weiterhin chronisch-rheumatische und gichtische Affektionen zu gelten; Ischias und andere Neuralgien bieten weniger Aussicht auf Erfolg. Das Auftreten von Albuminurien, wie es von anderer Seite behauptet wurde, hat Verf. nie beobachtet, auch keine Steigerung der Eiweißabsonderung bei Nephritikern. Beim Diabetes mellitus scheint in einzelnen Fällen im Beginn der Emanationskur die Zuckerausscheidung abzusinken, steigt dann aber bald wieder an. Hervorzuheben ist die schlafbefördernde Wirkung der Emanation.

Gemeinsam mit Loewy hat Fürstenberg die Luft im Emanatorium untersucht und dabei feststellen können, daß die  $\text{CO}_2$  eine starke Vermehrung auf Kosten des O-Gehalts erfährt, während der N-Gehalt unverändert bleibt. Außerdem hat Verf. zusammen mit Hoestermann Versuche über die Beeinflussung der Hefegärung durch die Radiumemanation angestellt. Der Gärungsprozeß wird durch sehr starke Konzentration der Emanation behindert, und zwar beträgt die Verminderung der Lebenstätigkeit der Hefezellen während der ersten  $1\frac{1}{4}$  Stunden  $33\frac{1}{3}\%$ . Salle.

---

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1911

Heft 3

## Die Strahlen der radioaktiven Substanzen II.

Von **Erich Regener.**

(Fortsetzung.)

Das Isolationsvermögen, welches die atmosphärische Luft unter normalen Verhältnissen der Elektrizität gegenüber zeigt, hört auf, sobald die elektrische Feldstärke — in erster Annäherung also die Potentialdifferenz zweier geladener Körper dividiert durch ihre Entfernung — eine bestimmte Grenze überschreitet. Verbindet man z. B. von zwei Kugeln, die sich in der Entfernung von einigen Millimetern befinden, die eine mit der Erde, die zweite isoliert aufgestellte mit einem Elektrometer und ladet die zweite Kugel, so kann man leicht feststellen, daß die Luft zwischen den Kugeln fast vollkommen isoliert, selbst wenn das Elektrometer eine Spannung von mehreren tausend Volt anzeigt. Erst wenn man die Spannung bis auf einen bestimmten ziemlich hohen Wert bringt (der z. B. bei 3 mm Entfernung der Kugeln in der Nähe von 10000 Volt liegt), hört ganz plötzlich das Isolationsvermögen der Luft auf, die elektrischen Ladungen der beiden Kugeln finden dann in dem elektrischen Funken einen stürmischen Ausgleich.

Dieser selbständige Durchgang der Elektrizität durch die Luft, wie er in einem Funken stattfindet, hat in der neueren Iontentheorie eine zureichende Erklärung gefunden. Durch sehr sorgfältige Messungen ist nämlich festgestellt worden, daß auch bei Abwesenheit künstlicher radioaktiver Stoffe die gewöhnliche Luft kein vollkommener Isolator ist, sondern ein gewisses, wenn auch sehr geringes Leitvermögen besitzt. Dieses Leitvermögen ist verursacht durch eine kleine Anzahl Ionen (gewöhnlich 10—20 im ccm), welche in der Luft stets vorhanden sind und immer neu gebildet werden. In dem Raume zwischen den Kugeln einer Funkenstrecke erlangen diese Ionen unter der Wirkung der dort herrschenden hohen Feldstärke eine so hohe Geschwindigkeit, daß sie befähigt sind, durch sog. Ionenstoß aus den neutralen Luftmolekeln neue Ionen zu bilden. Da jedes Ion aus einem Molekül zwei neue Ionen bildet, jedes von diesen sehr schnell die nötige Geschwindigkeit erreicht, wieder zwei neue Ionen zu erzeugen und so fort, so wird bald die Ionenzahl auf einen so hohen Betrag angewachsen sein, wie

er für die große Stromdichte, die bei der Funkenentladung auftritt, notwendig ist. Der Vorgang der Bildung in einer sehr großen Anzahl Ionen aus sehr wenigen erfordert natürlich eine endliche Zeit. Aus diesem Grunde kann man an eine Funkenstrecke die der Funkenentladung entsprechende Spannung, ja eine beträchtlich höhere eine Zeitlang anlegen, ohne daß die Entladung eintritt. Man spricht dann von der „Verzögerung“ der Funkenentladung. Diese Verzögerung wird sofort aufgehoben, wenn man durch ein äußeres Mittel eine große Anzahl Ionen in dem Raume zwischen den Kugeln der Funkenstrecke erzeugt. Dies läßt sich sehr bequem mit einem radioaktiven Präparat machen. Die ionisierende Wirkung desselben kann man gut demonstrieren, wenn man die Funkenstrecke mit einem kleinen Funkeninduktor mit Hammerunterbrecher betreibt und so einstellt, daß die Funken infolge der Verzögerung gerade nicht mehr oder nur selten mehr überspringen. Beim Nähern des radioaktiven Präparates setzt dann sofort das reguläre Funkenspiel ein, da durch die starke, von den Strahlen des Präparates erzeugte Ionisation die Verzögerung jedes Funkens aufgehoben wird.

Versucht man die Elektrizität zum Durchgang durch ein verdünntes Gas zu bringen, indem man zwei Elektroden in ein Glasrohr einschmilzt und dann die Luft allmählich auspumpt, so findet man, daß die Heftigkeit, die die Funkenentladung bei Atmosphärendruck zeigt, um so mehr nachläßt, je niedriger der Druck in der Röhre wird. Gleichzeitig setzt bei bestimmter Entfernung der Elektroden die Entladung bei immer niedrigerer Spannung ein. Die Funkenbahn verbreitert sich dabei kontinuierlich, bis ein gleichmäßiges Leuchten die ganze Röhre erfüllt. Bei weiterer Erniedrigung des Druckes bilden sich leuchtende Schichten, die an der negativen Elektrode anders gefärbt und geformt sind als an der positiven Elektrode. Besonders schön repräsentiert sich das blaue Glimmlicht, welches die negative Elektrode bedeckt und welches an Ausdehnung bei abnehmendem Drucke stetig gewinnt.

Die Erscheinungen, welche bei der Entladung der Elektrizität durch ein verdünntes Gas in diesem Stadium der Verdünnung beobachtet werden, sind recht komplizierter Natur; ihre Erklärung auf ionentheoretischer Grundlage ist heute noch nicht abgeschlossen.

Einfacher erklären können wir wieder die Erscheinungen, welche in einer Entladungsröhre auftreten, wenn die Luft so weit ausgepumpt ist, daß das Quecksilbermanometer nur noch einen kleinen Bruchteil eines Millimeters als Druck anzeigt. Das erwähnte

negative Glimmlicht hat dann an Ausdehnung sehr zugenommen, während die übrigen Leuchterscheinungen sehr zurückgegangen sind. Ist die Ausdehnung des negativen Glimmlichtes mit abnehmendem Drucke so groß geworden, daß es die ganze Röhre ausfüllt, so ist auch sein Leuchten sehr schwach geworden; wir bemerken aber eine andere charakteristische Leuchterscheinung an der Röhre: eine intensive grasgrüne Fluoreszenz der Röhrenwandungen.

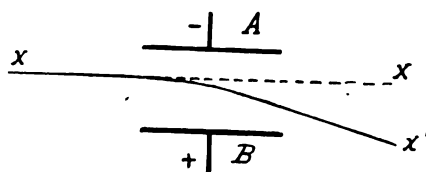
Es läßt sich leicht nachweisen, daß diese Fluoreszenz hervorgerufen ist durch Strahlen, welche von der negativen Elektrode der Entladungsröhre ausgehen, durch die sogenannten Kathodenstrahlen. Bringt man nämlich zwischen der Kathode und der Glaswand einen festen Körper an, so wirft dieser einen deutlichen Schatten, der, wenn die Kathode nicht zu groß ist, scharf begrenzt ist. Der schattenwerfende Körper kann dabei ziemlich dünn sein, er wird doch die Kathodenstrahlen vollkommen absorbieren. Nur in dem Falle, daß die Dicke kleiner als ein hundertstel Millimeter ist, wird ein Körper auch einen Teil der Kathodenstrahlen hindurchlassen.

Über die Natur der Kathodenstrahlen geben uns einige Versuche Auskunft, welche im folgenden beschrieben werden sollen.

Läßt man die Kathodenstrahlen auf eine isolierte Platte auftreffen und untersucht man dieselbe auf ihr elektrisches Verhalten, so findet man, daß die Platte durch die Kathodenstrahlen negativ elektrisch aufgeladen wird. Die Kathodenstrahlen führen also negative Elektrizität mit sich.

Zwei weitere wichtige Versuche lassen sich mit Kathodenstrahlen anstellen, welche zu dem Schlusse führen, daß die Kathodenstrahlen aus einem Schwarm von negativen Teilchen bestehen, welche nicht gewöhnliche Masse besitzen, wie wir sie an den Körpern beobachten, die von der Erde angezogen werden, sondern welche nur eine elektrische Ladung repräsentieren, welche also Atome der Elektrizität, sogenannte Elektronen, sind.

Unterwirft man nämlich die Kathodenstrahlen elektrischen Kräften, indem man beispielsweise (Figur 1) ein Kathodenbündel  $xx$  im Vakuum zwischen zwei Platten  $A B$  treten läßt, und legt man an diese eine elektrische Spannung, so daß  $A$  negativ,  $B$  positiv ist, so findet eine Ablenkung des Kathodenstrahlenbündels etwa



Figur 1.

nach  $x'$  statt. Die Faktoren, von denen diese Ablenkung abhängt, sind erstens die Ladung, zweitens die kinetische Energie eines Kathodenstrahlteilchens. Je größer nämlich die Ladung des Teilchens ist, um so größer wird die ablenkende Kraft sein, welche von dem elektrischen Felde  $AB$  der Platten herrührt, um so größer wird also die Ablenkung ausfallen. Je größer dagegen die kinetische Energie des Teilchens ist (je größer also das Produkt  $\frac{1}{2} m v^2$ , wo  $m$  Masse,  $v$  Geschwindigkeit), um so stärker wird das Teilchen in seiner ursprünglichen geraden Bahn zu beharren bestrebt sein, um so kleiner wird also die Ablenkung ausfallen. Die Messung der Ablenkung des Strahles wird also einen Zusammenhang zwischen der Ladung  $e$  und der Größe  $m v^2$  der Kathodenstrahlteilchen ergeben.

Man kann ferner die Kathodenstrahlen auch durch ein Magnetfeld ablenken. Wenn die Kathodenstrahlen einen Schwarm von fliegenden elektrisch geladenen Teilchen repräsentieren, so ist ein solcher einem beweglichen elektrischen Strome äquivalent, dieser aber wie bekannt magnetisch bewegbar. Die Krümmung, welche dann das Kathodenstrahlbündel unter der Wirkung eines Magnetfeldes bestimmter Stärke erfährt, ist proportional dem Produkt aus Masse  $\times$  Geschwindigkeit der Teilchen.

Man hat die Messung der elektrischen und der magnetischen Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen kombiniert und daraus die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen und das Verhältnis der Ladung zur Masse der Kathodenstrahlteilchen berechnen können. Die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen hat sich als sehr groß, ungefähr zu 50—150000 Kilometern in der Sekunde ergeben: sie ist abhängig von der Spannung, mit welcher die Kathodenstrahlröhre getrieben wird. Das Verhältnis  $\frac{e}{m}$  der Ladung zu der Masse der Kathodenstrahlteilchen hat sich zu ungefähr 1000mal größer ergeben, als es bei anderen Vorgängen, z. B. bei der Elektrolyse, gefunden worden ist, bei denen erwiesenermaßen die kleinstmögliche elektrische Ladung, also die Ladung eines Elektrizitätsatoms an einem Atom im chemischen Sinne sitzt. Da man nun gute Gründe zu der Annahme hat, daß auch die Kathodenstrahlteilchen nur die Ladung eines Elektrizitätsatoms, eines elektrischen Elementarquantums wie man sagt, tragen, so muß man folgern, daß die Masse der Kathodenstrahlteilchen einige tausend Mal kleiner ist, als die Masse der gewöhnlichen Atome.

Dieses Resultat stellt uns nun vor die Frage, was diese Kathoden-

strahlteilchen, welche 1000mal kleiner als Atome sind, eigentlich vorstellen. Sollten es etwa mit Elektrizitätsatomen verbundene Bruchstücke der gewöhnlichen Atome sein oder sind es vielleicht reine Elektrizitätsatome selber, welche gar keine gewöhnliche Masse, die von einem Atom stammt, haben, sondern eben nur Elektrizität sind? Die neuere Forschung hat gezeigt, daß die letztere Annahme zutrifft, daß also die Kathodenstrahlteilchen Atome negativer Elektrizität, also Elektronen sind. Die Masse, welche wir diesen Elektronen noch zuschreiben, ist nur scheinbare Masse und kommt nur formal gleich  $\frac{1}{1000}$  der gewöhnlichen Masse eines Atoms heraus. In Wirklichkeit kennen wir die Masse des Elektrons nur durch den Trägheitswiderstand, welchen das Elektron einer Beschleunigung entgegengesetzt. Die Arbeit, welche diesen Trägheitswiderstand überwindet, wird zur Erzeugung des Magnetfeldes, das das bewegte Elektron umgibt, verwendet.

Die Berechtigung der letzten Annahme ist von Abraham aus Messungen Kaufmanns abgeleitet worden, welcher das Verhältnis  $\frac{e}{m}$  bei Kathodenstrahlen radioaktiven Ursprungs als abhängig von der Geschwindigkeit der Strahlen gefunden hat. Die Abhängigkeit war von der Form, wie sie für den Fall gefordert wird, daß die gesamte Masse des Elektrons scheinbar, d. h. elektrischer Natur ist.

Wie oben erwähnt gehen die Kathodenstrahlen durch sehr dünne Metallfolie hindurch. Man kann diese Eigenschaft der Kathodenstrahlen benutzen, um sie aus einer Entladungsröhre in die freie Luft austreten zu lassen. Man macht zu diesem Zwecke an passender Stelle der Röhrenwandung ein Loch und überklebt dieses luftdicht mit dünner Aluminiumfolie. Hält man vor dieses sogenannte „Fenster“ einen Fluoreszenzschirm aus Zinksulfid, so kann man an dem prachtvollen Leuchten des Schirmes die Existenz der Kathodenstrahlen in der Luft bis auf viele Zentimeter Entfernung von dem Fenster nachweisen.

Mit der gleichen Anordnung läßt sich unter Zuhilfenahme eines Elektroskopes auch nachweisen, daß die durch die Luft hindurchgehenden Kathodenstrahlen die Luft sehr stark ionisieren. Wendet man intensive Kathodenstrahlen an, so ist unter Umständen die Ionisation so stark, daß die von ihnen durchsetzte Luft in einem rötlichen Lichte leuchtet.

Von den übrigen Eigenschaften der Kathodenstrahlen sei noch ihre Fähigkeit erwähnt, bei der Absorption in festen Körpern Wärme

zu erzeugen. Bei großer Intensität der Kathodenstrahlen kann die entwickelte Wärme so groß sein, daß sie Metalle, wie Eisen, Platin, zum Schmelzen bringt.

Die Kathodenstrahlen sind nicht die einzigen Strahlen, welche in Entladungsröhren bei niedrigen Drucken auftreten. Bei ungefähr den gleichen Bedingungen, wie sie für das Auftreten der Kathodenstrahlen notwendig sind, erhält man eine anders geartete Strahlung, wenn man die negative Elektrode der Entladungsröhre durchlöchert. Während dann von der Elektrode in der Richtung der Entladung die Kathodenstrahlen ausgehen, beobachtet man von den Löchern der Kathode nach der entgegengesetzten Richtung Strahlen, welche sich leicht von den Kathodenstrahlen unterscheiden lassen und als Kanalstrahlen bezeichnet werden. Äußerlich macht sich ein Kanalstrahlenbündel durch die Fluoreszenz bemerkbar, welche es in dem sehr verdünnten Gasinhalt der Entladungsröhre hervorruft. Während der Verlauf der Kathodenstrahlen nur als schwach-bläulicher Schimmer sichtbar wird, lassen sich die Kanalstrahlen leicht durch ihre schöne, meist rote Fluoreszenz im Gase verfolgen. Auch die Fluoreszenzwirkung der Kanalstrahlen an festen Substanzen sind meist von anderer Farbe als bei den Kathodenstrahlen.

Ähnlich wie bei den Kathodenstrahlen läßt sich auch bei den Kanalstrahlen zeigen, daß sie elektrische Ladungen mit sich führen, und zwar erscheint ihre Ladung im Gegensatz zu derjenigen der Kathodenstrahlen von positiver Natur.

Auch magnetische und elektrische Ablenkungsversuche an Kanalstrahlen lassen sich anstellen. Die diesbezüglichen Versuche sind indessen schwieriger als bei den Kathodenstrahlen, da die Kanalstrahlen bedeutend stärkere Kräfte zur Ablenkung erfordern als die Kathodenstrahlen. Es lassen sich jedoch aus diesen Versuchen die Werte für die Geschwindigkeit und das Verhältnis von Ladung zur Masse der Kanalstrahlen angeben. Die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen ist danach sehr viel kleiner als diejenige der Kathodenstrahlen, nämlich ungefähr von der Größenordnung  $\frac{1}{1000}$  Lichtgeschwindigkeit, also ca. 300 Kilometer in der Sekunde. Der Wert, welcher für das Verhältnis von Ladung zu Masse bei den Kanalstrahlen gefunden wurde, hat zu der Schlußfolgerung geführt, daß die Kanalstrahlen aus einem Schwarm von Atomen bestehen, welche mit einer positiven elektrischen Ladung behaftet sind. Die Masse eines Kanalstrahlenteilchen ist also materieller Natur und nicht wie bei den Kathodenstrahlen scheinbar, d. h. lediglich durch

die Trägheit der elektrischen Ladung des Elektrons hervorgerufen. Sie ist mehrere tausendmal größer als die scheinbare Masse der Elektronen, stellt also den letzteren gegenüber ein verhältnismäßig grobes Gebilde dar. Feste Körper vermögen die Kanalstrahlen in meßbarem Betrage nicht zu durchdringen.

Die Reihe der Strahlenarten, welche in einer elektrischen Entladungsröhre erzeugt werden können, ist mit den Kathodenstrahlen und Kanalstrahlen noch nicht erschöpft. Läßt man nämlich im hohen Vakuum Kathodenstrahlen auf einen Körper fallen, von dem sie stark absorbiert werden (am besten ist Platin), so wird der Punkt, wo die Kathodenstrahlen auftreffen, der Ausgangsort für eine neue Strahlenart: die Röntgenstrahlen. Sie sind vor allem charakterisiert durch ihr erhebliches Durchdringungsvermögen, welches sie befähigt, durch die Glaswand der Entladungsröhre ohne weiteres hindurch in die freie Luft auszutreten. Auch feste Körper durchdringen sie, und zwar im allgemeinen um so leichter, je geringer das spezifische Gewicht derselben ist. Metalle mit niedrigem Atomgewicht sind besonders durchlässig. Hierauf beruht ja ihre bekannte Verwendung in der Medizin. Einen Fluoreszenzschirm aus Zinksulfid oder Bariumplatinzyanür bringen die Röntgenstrahlen zum lebhaften Leuchten; auf der photographischen Platte läßt sich ihre Wirkung dauernd festhalten.

Die Durchdringungsfähigkeit der Röntgenstrahlen ist in hohem Maße abhängig von der Geschwindigkeit der sie erzeugenden Kathodenstrahlen. Diese letztere ist abhängig von der Spannung, mit welcher die Kathodenstrahlen erzeugt werden. Je höher die letztere, um so durchdringungsfähiger sind die Röntgenstrahlen. Die Durchdringungsfähigkeit, die sogenannte „Härte“ der Röntgenstrahlen, ist von großer praktischer Bedeutung für die Röntgenphotographie.

Bemerkenswert ist die Fähigkeit der Röntgenstrahlen, beim Auftreffen auf feste Körper Sekundärstrahlen auszusenden. Diese bestehen zum Teil wieder aus Röntgenstrahlen, welche leichter absorbierbar sind als die primären, zum Teil aus Kathodenstrahlen, wie sich leicht nachweisen läßt, wenn die Erscheinung im Vakuum untersucht wird. Die sekundären Kathodenstrahlen haben nur eine Durchdringungsfähigkeit von einigen hundertel Millimetern in festen Körpern. Da die Sekundärstrahlen auch im Innern von Körpern entstehen, in welchen Röntgenstrahlen absorbiert werden, so sind sie für die Deutung der physiologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen wichtig.



Was die Natur der Röntgenstrahlen betrifft, so läßt sich zeigen, daß die Röntgenstrahlen im Gegensatz zu den Kathoden- und Kanalstrahlen nicht geladen sind. Die allgemeine Ansicht geht heute dahin, daß die Röntgenstrahlen auch kein Schwarm von dahinfliegenden Teilchen sind — es könnten ja ungeladene sein —, sondern daß die Röntgenstrahlen Ätherwellen sind, ähnlich denen, welche uns das Licht repräsentiert. Während das Licht aber eine geordnete Wellenbewegung ist, sollen die Röntgenstrahlen Ätherimpulse sein; es sollen sich also die Röntgenstrahlen vom Licht unterscheiden wie etwa ein Knall von einem musikalischen Ton. Für diese Theorie spricht die Entstehungsweise der Röntgenstrahlen, die ja in einem Aufstoßen der Elektronen der Kathodenstrahlen auf einen stark absorbierenden Körper besteht.

(Schluß folgt.)

(Aus der I. mediz. Klinik Berlin. Direktor: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. His.)

## **Über den Gehalt von Radiumemanation im Blute des Lebenden bei den verschiedenen Anwendungsformen zu therapeutischen Zwecken.**

Von **Dr. F. Gudzent**, Assistent der Klinik.

Die Radiumemanation, ein Zerfallprodukt des Radiumelementes, ist bekanntlich ein Edelgas und wie diese gegen andere Körper chemisch vollkommen indifferent. Dagegen löst sie sich physikalisch wie alle anderen Gase auch entsprechend ihrem Partiardruck und ihrem Absorptionskoeffizienten in Wasser und anderen Flüssigkeiten.

Die der atmosphärischen Luft beigemengte Emanation gelangt ähnlich wie der Stickstoff durch Einatmung in den Organismus.

Die Löslichkeit der Emanation in Wasser und anderen Flüssigkeiten gestattet, sie auch durch Trinken oder durch Injektion dem Organismus zuzuführen.

Ob Emanation auch durch die Haut absorbiert werden kann, ist gegenwärtig noch strittig.

Die in den Organismus eingeführte Emanation wird mehr oder weniger schnell, je nach der Art der Einverleibung, durch die Lunge wieder ausgeschieden. Nur ein äußerst geringer Teil erscheint im Urin.

Der Transport der Radiumemanation vom Aufnahmeort zum Ausscheidungsort erfolgt durch die Gewebsflüssigkeit und vor allen Dingen durch das Blut.

Wir wissen, daß die biologischen Wirkungen der Radiumemanation ausgehen von den beim Zerfall auftretenden  $\alpha$ -Strahlen und den entstehenden Zerfallsprodukten, Radium A bis Radium F, die neben  $\alpha$ -Strahlen auch  $\beta$ -Strahlen und  $\gamma$ -Strahlen emittieren. Da der Vorgang des Zerfalls eine Funktion der Zeit ist, muß man dafür Sorge tragen, daß die Emanation nicht nur in den Organismus hineingelangt, sondern auch möglichst lange in ihm verbleibt.

Während nun über diese an sich ziemlich selbstverständlichen Dinge kaum Meinungsverschiedenheiten existieren, ist in letzterer

Zeit sehr lebhaft darüber diskutiert worden, mit welcher der Applikationsarten der soeben genannte Zweck am besten erreicht wird.

So hat insbesondere Eichholz<sup>1)</sup> (Bad Kreuznach) nachzuweisen versucht, daß die Trinkkur der von mir und Loewenthal beschriebenen Inhalationsmethode im geschlossenen Raume überlegen sei. Er stützt seine Behauptung auf Messung des Emanationsgehaltes in der Ausatemungsluft.

Es ist aber klar, daß im allgemeinen auf diese Weise nur Aufschluß darüber erhalten werden kann, wie lange Zeit Emanation im Blute kreist, nicht aber wie groß die Menge ist im Verhältnis zu der, die zugeführt wird. Hinzu kommt noch, daß die durch Trinken in den Organismus gelangende Emanation auf dem Wege über die Leber und das Herz sofort in die Lungenkapillaren gelangt und nun zum allergrößten Teil ausgeatmet wird. Nur ein kleinerer Teil wird hierbei wieder resorbiert und so auch in den arteriellen Kreislauf gelangen. Die Messungen in der Ausatemungsluft verlieren durch diese Überlegung demnach noch weiter an Wert für eine entscheidende Beurteilung.

Will man quantitativ verwertbare Zahlen haben, so muß man die Messungen direkt am Blute des Lebenden vornehmen. Solche Untersuchungen sind früher schon von uns selbst und anderen Autoren erfolgt; aber die angegebenen Zahlen sind deswegen nicht verwertbar, weil auch hier nur darauf Wert gelegt wurde, festzustellen, daß wirklich Emanation im Blute vorhanden ist, nicht aber wie groß die Menge ist im Verhältnis zu der applizierten und wie diese sich mit der Zeit ändert.

Derartige Untersuchungen sind nun von mir am Kaninchen und am Menschen ausgeführt worden.

#### Versuchsordnung.

Es galt zunächst eine Versuchsordnung zu finden, bei der bei der Entnahme des Blutes weder durch Entweichen von Emanation in die Luft noch durch Aufnahme von Emanation aus der Luft Fehler entstehen können.

Die Schwierigkeit wurde überwunden, indem ich mir einen etwa 80 ccm Inhalt fassenden Glaskolben herstellen ließ nach einem Modell, wie es Dr. Bennowitz bei seinen Emanationsmessungen im

---

<sup>1)</sup> Verhandl. d. Congr. f. innere Medizin 1911.

Untersuchungsinstitut der Radium-Aktiengesellschaft verwendet; über den Hals des Kolbens wird ein Druckschlauch gesteckt, der durch eine Klemmschraube zusammengepreßt werden kann; in das freie Ende des Druckschlauches kommt ein sich verjüngendes Glasansatzstück, und dann daran, durch einen Gummischlauch befestigt, die Straußsche Kanüle. Diesen Kolben evakuierte ich nun (eine Wasseraugpumpe reicht hierzu vollkommen aus) und war nunmehr in der Lage, aus einer beliebigen Vene durch einfache Punktion und allmähliches Öffnen der Klemmschraube Blut unter Vermeidung der genannten Versuchsfehler zu entnehmen.

Der Versuch verläuft praktisch in folgender Weise:

Der Kolben wird mittels Wasseraugpumpe evakuiert, durch vorsichtiges Öffnen der Klemmschraube etwa 1 ccm 3% ige Natriumfluoridlösung angesaugt, um die Gerinnung des Blutes zu verhindern, nunmehr die Vene punktiert, wobei darauf zu achten ist, daß die Nadel genügend weit eingeführt wird, und jetzt durch langsames Öffnen der Klemmschraube das Blut in den evakuierten Kolben gesaugt. Ist der Kolben vollkommen gefüllt, so wird die Klemmschraube wieder fest geschlossen und die Punktion beendet. Durch Wiegen des Kolbens vor und nach der Punktion wird die Menge des entnommenen Blutes festgestellt. Alsdann läßt man den Kolben so in eine Meßkanne fallen, daß er beim Aufschlagen zerschellt. Nunmehr kann das Blut an die Luft der Meßkanne abgegeben und dort gemessen werden. Die Blutmenge betrug im Durchschnitt 80 g. Es ist notwendig, solche große Mengen zu benutzen, um die Beobachtungsfehler möglichst klein zu gestalten.

Die Messungen erfolgten mit dem Fontaktoskop von Engler und Sieveking und zwar immer zwischen der 3. und 4. Stunde nach der Beendigung des Versuchs, weil zu dieser Zeit die Emanation mit den gebildeten Zerfallsprodukten im Gleichgewicht ist. Messungen, die zu einer anderen Zeit erfolgen, sind wissenschaftlich nicht verwertbar. Es ist selbstverständlich, daß ich auch sonst die Messungen mit allen Kautelen ausführte, was ich um so sicherer konnte, als ich mich der liebenswürdigen Unterstützung von Herrn Geheimrat Marckwald und dessen Assistenten Dr. Bennowitz erfreute. Besonders betonen möchte ich, daß alle Präparate sowie die Luft im Emanatorium durch sorgfältige und fortlaufende Messungen auf ihren Emanationsgehalt geprüft worden sind. Wird diese Bedingung nicht erfüllt, darf der Versuch nicht als fehlerfrei bezeichnet werden, da die Möglichkeit der Täuschung zu wahrscheinlich ist.

### Emanationsgehalt im Blute bei der Injektionsmethode.

Frühere exakte Untersuchungen von Laska<sup>1)</sup> unter Fleischmanns Leitung haben dargetan, daß intravenös eingeführte Emanation sehr schnell zum größten Teil oder vollständig durch die Expirationsluft ausgeschieden wird.

Entsprechend langsam muß sich die Ausscheidung vollziehen, wenn man emanationshaltige Flüssigkeit subkutan bzw. intramuskulär injiziert. Die Emanation wird mit dem Lymph- und Venenblutstrom ins rechte Herz, von dort in den Lungenkreislauf gelangen und nun zum größten Teil ausgeatmet werden. Ein gewisser Anteil wird aber durch Resorption in den Alveolen auch in den arteriellen Kreislauf gelangen und so im ganzen Körper zur Wirkung kommen können.

Noch langsamer wird sich die Ausscheidung gestalten, wenn statt Emanation + Wasser gelöste Radiumsalze, wie sie gegenwärtig zu therapeutischen Zwecken in den Handel kommen, injiziert werden. Solange diese Salze im Blute kreisen, werden sie Emanation an das Blut abgeben. Meine Versuche sind mit diesen Präparaten durchgeführt. Um zunächst einmal festzustellen, wie lange nach der Injektion Emanation im Organismus verbleibt, habe ich schon im vorigen Sommer, als ich diese Methode zur Behandlung heranzog, Messungen in bestimmten Zeitabständen in der ausgeatmeten Luft vorgenommen.

Wenn 1000 Macheeinheiten subkutan oder intramuskulär injiziert wurden, war im Durchschnitt während 3—4 Stunden nach der Injektion in raschfallenden Mengen Emanation in der ausgeatmeten Luft nachzuweisen.

Es sollte nunmehr geprüft werden, wie groß der Anteil der injizierten Emanationsmenge im Blute ist, und wie diese sich mit der Zeit ändert.

Zu diesem Zwecke wurden folgende Versuche durchgeführt:

1. Injektion von 2000 Macheeinheiten subkutan in die Umgebung des rechten Kniegelenks der Patientin G., eine Stunde später Blutentnahme aus der Armvene, in der wir nur jenen Anteil der Emanation finden, welcher wirklich in den arteriellen Kreislauf gelangt ist und die Kapillaren passiert hat, in der früher beschriebenen Weise; Messung nach drei Stunden. Es finden sich in

---

<sup>1)</sup> Dissertation 1909.

50 g Blut = 3,1 Macheeinheiten (M.-E.)  
in 1000 „ „ also 62 „

2. Derselbe Versuch bei Patientin L. Entnahme von Blut zwei Stunden nach der Injektion.

Es finden sich in

73 g Blut = 3,3 M.-E.  
in 1000 „ „ also 46 „

3. Derselbe Versuch bei Patientin H. Entnahme von Blut 3 1/2 Stunden nach der Injektion.

Es finden sich in

78 g Blut = 0,8 M.-E.  
in 1000 „ „ also 10,21 „ <sup>1)</sup>

Aus den Zahlen ist zu erkennen, daß die Ausscheidung mit allmählich abnehmender Schnelligkeit erfolgt und nach etwa vier Stunden vollendet ist.

#### Emanationsgehalt im Blute bei der Trinkkur.

Magen- und Darmwand resorbieren die Radiumemanation, welche durch Trinken radiumemanationshaltiger Flüssigkeit per os oder per klysma verabfolgt wird, ziemlich schnell; mit dem Lymph- und Venenblutstrom passiert sie die Leber, kommt ins rechte Herz, von da in die Lunge und wird dort zum größten Teil ausgeschieden. Ein gewisser Anteil wird aber durch Resorption in den Alveolen, genau wie bei der Injektion, auch in den arteriellen Kreislauf gelangen und so im ganzen Körper zur Wirkung kommen können.

Wie lange die Emanation dort verbleibt, und wie groß unter den gegebenen Bedingungen dieser Anteil ist, zeigen folgende Versuche:

Cand. med. F. und Unterarzt W. erhalten nüchtern, d. h. etwa 2 Stunden nach dem Frühstück, 333 Macheeinheiten, die übliche Dosis also, zu trinken. Blutentnahme 1/2 Stunde und 2 1/4 Stunde nach dem Trinken aus der Armvene. (In der Armvene finden wir nur jenen Anteil der Emanation, welcher wirklich in den arteriellen Kreislauf gelangt ist und das Kapillarsystem passiert hat.)

Es wurden gefunden:

a) 1/2 Stunde nach dem Trinken in

65 g Blut = 0,1 Macheeinheiten  
in 1000 g „ „ also 15 „

<sup>1)</sup> Die angegebenen Werte sind das Produkt aus Emanation + den im Blute kreisenden gelösten Radiumsalzen.

b)  $2\frac{1}{4}$  Stunde nach dem Trinken in  
87,8 g Blut = nichts!

c) Da nach Eichholz bei vollem Magen die Emanation langsamer resorbiert wird, erhält eine Patientin nach dem Mittagessen 333 Macheeinheiten zu trinken. Blutentnahme drei Stunden nach dem Trinken aus der Armvene.

In den 92 g Blut konnte ebenfalls keine Emanation gefunden werden.

d) Um zu prüfen, wie die Ausscheidungsverhältnisse bei Verabfolgung mehrerer Dosen in kurzen Zeitabständen liegen, führte ich einer Patientin in der Zeit von fünf Uhr früh bis elf Uhr mittags vier Trinkdosen zu 333 Macheeinheiten zu und machte nun um ein Uhr mittags, also zwei Stunden nach der letzten Dosis, eine Blutentnahme.

Blutmenge	=	54 g	.
Aktivität	=	2,2 Macheeinheiten	
In 1000 g also	=	41,5	„

Auf diese Weise ist es also möglich, auch mit der Trinkkur erhebliche Mengen von Emanation auf längere Zeit ins Blut zu bringen.

Aus den Zahlen der Versuche a—c ergibt sich eindeutig, daß die Ausscheidung verhältnismäßig schnell innerhalb der ersten 2—3 Stunden erfolgt. Schon nach einer halben Stunde ist bei nüchternem Magen der allergrößte Anteil ausgeschieden; aber auch bei vollem Magen läßt sich die Ausscheidung nicht über drei Stunden verzögern. Der Versuch d zeigt die Möglichkeit, wie man größere Mengen von Emanation für längere Zeit ins Blut bringen kann.

#### Emanationsgehalt im Blute beim Aufenthalt im Emanatorium.

Führt man einem gut abgeschlossenen Raume Radiumemanation zu, etwa in der Weise, daß man Luft durch eine Lösung von Radiumsalz hindurchstreichen läßt, so wird bei den in diesem Raume befindlichen Individuen durch Einatmung Radiumemanation ins Blut gelangen. Hierbei ist anzunehmen, daß der Emanationsgehalt der Luft entsprechend seinem Partiardruck und seinem Absorptionskoeffizienten sich mit dem durch Einatmung ins Blut gelangenden in ein bestimmtes Gleichgewicht einstellt und während der ganzen Dauer des Aufenthalts im Raume auf dieser Höhe bleibt. Dieses Prinzip lag der von Loewenthal und mir be-

schriebenen Methode der Behandlung von Patienten im sogenannten Radiogenemanatorium zugrunde.

Bei der Erprobung dieser Methode hatten wir uns mit der Feststellung der Tatsache begnügt, daß tatsächlich auf diese Weise beträchtliche Mengen von Emanation ins Blut gelangen<sup>1)</sup>.

Mittels der eingangs beschriebenen Methode habe ich nunmehr bestimmt, wie groß diese Mengen im Verhältnis zu der in der Atmungsluft befindlichen sind.

Zum ersten Versuch benutzte ich ein Kaninchen. Nachdem dieses sich etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde im Emanatorium aufgehalten hatte, präparierte ich die Karotis frei und verband mit dieser meinen evakuierten Kolben zur Blutentnahme.

Entnommene Blutmenge . . . . .	25 g
Aktivität . . . . .	2,07 M.-E.
Berechnet auf 1000 g Blut . . . . .	83 „
Im Liter Luft betrug die Aktivität	108 „

Das Ergebnis der Messung war recht überraschend. Nach dem Absorptionskoeffizienten zu schließen, mußte im Blut ein weit geringerer Teil vorhanden sein als der von uns gefundene. Nach den Messungen von Plesch ist dieser um ein geringes niedriger als im Wasser, wo er bei 18° etwa 0,21 beträgt. Wir hätten demnach unter unseren Bedingungen viel weniger als den fünften Teil der in einem Liter Luft enthaltenen Emanation im Blute zu erwarten, fanden aber bedeutend mehr. Ich wiederholte nunmehr den Versuch an zwei Patienten, denen ich aus der Armvene das Blut entnahm.

1. Blutentnahme nach etwa  $\frac{1}{4}$  stündigem Aufenthalt im Emanatorium beim Patienten Sch.

Blutmenge . . . . .	80 g
Aktivität . . . . .	1,56 M.-E.
Berechnet auf 1000 g . . . . .	19,5 „
Im Liter Luft betrug die Aktivität .	30,7 „

2. Blutentnahme nach etwa  $\frac{3}{4}$  stündigem Aufenthalt beim Patienten B.

Blutmenge . . . . .	87 g
Aktivität . . . . .	0,72 M.-E.
Berechnet auf 1000 g . . . . .	8,3 „
Im Liter Luft betrug die Aktivität .	1,88 „

<sup>1)</sup> Fofanow, Zeitschr. f. klin. Medizin, Bd. 71.



Wie aus den Zahlen ersichtlich ist, bestätigen die Versuche an Menschen die am Kaninchen gemachte Beobachtung, daß die im Blute gefundene Emanationsmenge die zu erwartende um ein beträchtliches übersteigt. Die Versuche waren nun insofern nicht ganz einwandfrei, als beide Patienten kurz vor Beginn des Versuches eine nicht kontrollierte Zeit sich im Emanatorium befunden haben. Doch ergibt der Vergleich der Zahl zwischen den beiden Patienten, von denen der eine  $\frac{1}{4}$  Stunde, der andere aber  $\frac{3}{4}$  Stunde dem Versuch unterworfen war, insofern eine weitere merkwürdige Beobachtung, als bei dem letzteren die Emanationsmenge um das Mehrfache die in der Luft überschreitet.

Diese Beobachtungen machten die Annahme sehr wahrscheinlich, daß beim Aufenthalt im Emanatorium die Emanationsmenge im Blute sich allmählich anreichert.

Um diese Annahme auf ihre Richtigkeit zu prüfen, stellte ich nun eine größere Versuchsreihe in der Weise an, daß ich in bestimmten Zeitabständen den im Emanatorium befindlichen Patienten aus der Armvene Blut entnahm und dann den Emanationsgehalt feststellte.

Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle wiedergegeben:

Nr.	Name des Patienten	Aufenthaltsdauer im Emanatorium	Blutmenge g	Gehalt an Emanation	Gehalt im Blut 1000 g	Gehalt an Emanation im Liter Luft	Verhältnis von Emanation in Luft und Blut	Bemerkung
1	Z.	15 Min.	89,3	0,35 M.-E. (42 V.)	3,94 M.-E. (475 V.)	2,66 M.-E. (320 V.)	100/148	
2	B.	50 „	85,6	1,9 M.-E. (229 V.)	22,1 M.-E. (2663 V.)	21,34 M.-E. (2571 V.)	100/104	
3	P.	80 „	84,2	2,6 M.-E. (315 V.)	31,1 M.-E. (3750 V.)	21,34 M.-E. (2571 V.)	100/141	
4	C.	120 „	84,5	4,48 M.-E. (540 V.)	51,46 M.-E. (6200 V.)	12,45 M.-E. (1500 V.)	100/413	1,18 (141,5)
5	Sa.	165 „	84,5	1,78 M.-E. (214 V.)	21,1 M.-E. (1540 V.)	2,71 M.-E. (317 V.)	100/780	Ex-
6	H.	195 „	92,3	1,15 M.-E. (134 V.)	12,05 M.-E. (1452 V.)	1,84 M.-E. (222 V.)	100/655	spirations- luft
7	U.	1 Stunde nach dem Verlassen des Emanatoriums	80,0	nichts	-	1,84 M.-E. (223 V.)		bei der Entnahme

Man sieht sofort, wie nach etwa  $\frac{1}{4}$  stündigem Aufenthalt im Emanatorium die Emanationsmenge im Blute schon dieselbe Höhe hat, wie die in der Luft, und daß diese Menge nun mit der Zeit ansteigt, um nach 2 Stunden etwa das 4—5 fache, nach 3 Stunden etwa das 6—7 fache der in der Luft befindlichen zu betragen. Ob sich kleine oder große Mengen in der Luft des Emanatoriums befinden, ist ohne Einfluß.

Damit ist der Beweis erbracht, daß beim Aufenthalt im Emanatorium die ins Blut gelangende Emanationsmenge sich anreichert.

Von besonderem Interesse ist noch der Versuch Nr. 4. Unmittelbar nach der Blutentnahme führten wir den Patienten in einen emanationsfreien Raum und fingen nun seine Atmungsluft unter Wasser in einer Meßkanne auf. Wir fanden im Liter Luft nur 1,18 Macheeinheiten; im Blute fanden sich aber pro Liter 51,5 Macheeinheiten. Daraus folgt jetzt ohne weiteres die Unzulässigkeit der von Eichholz und später von Straßburger angewandten Methodik zur Beurteilung der Wertigkeit der verschiedenen Applikationsformen.

Der letzte in der Tabelle verzeichnete Versuch ergibt, daß eine Stunde nach dem Verlassen des Emanatoriums Emanation im Blute nicht mehr nachzuweisen ist. Die Ausscheidung erfolgt also, nach Aufhebung der im geschlossenen Raume gegebenen Bedingungen, wie bei den übrigen Applikationsmethoden recht schnell.

Über die Ursache dieser Anreicherung der Emanation im Blute beim Aufenthalt im Emanatorium vermag ich zunächst nichts Sicheres anzugeben. Bemerkenswert ist, daß Versuche im Reagenzglas, wie sie Plesch ausgeführt hat, die Emanation sich wie Stickstoff im Blut entsprechend ihrem Partiardruck und seinen Absorptionskoeffizienten löst. Vielleicht liegen hier aber doch die Bedingungen anders wie im Organismus.

Der Gedanke liegt nahe, daß die Emanation von den roten und weißen Blutkörperchen ähnlich wie durch fein gepulverte Kohle oder durch Porzellan absorbiert wird<sup>1)</sup>. Die dahin gerichteten Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Zusammenfassend können wir sagen, daß zur Erreichung des Zweckes, die Emanation nicht nur in den Organismus hinein-

<sup>1)</sup> Neuerdings hat Dr. Bennowitz dieselbe Erscheinung der Anreicherung von Emanation in kolloidaler Kieselsäurelösung beobachtet.

zubringen, sondern sie auch möglichst lange darin verbleiben zu lassen, die Inhalation im geschlossenen Raume (im sogenannten Emanationsraume) der bisher üblichen Trink- und Injektionskur im allgemeinen überlegen ist. Da die Zahlen hier für sich sprechen, kann auf eine Diskussion über die andersartigen Anschauungen (Eichholz, Straßburger) Verzicht geleistet werden.

Bei der Inhalation im geschlossenen Raume verbleibt nicht nur die Emanation im Blut, sondern die Menge häuft sich mit der Zeit zu recht beträchtlichen Werten an, so daß nach etwa zweistündigem Aufenthalt im Liter Blut nach der beschriebenen Meßmethode etwa die 4—5fache Menge, nach 3 Stunden etwa die 6—7fache Menge der in einem Liter Luft befindlichen enthalten ist. Bei 5 Macheinheiten im Liter Luft, die Dosis, mit der unser Emanatorium beschickt wird, wären das also nach  $\frac{1}{4}$  Stunde 5 M.-E., nach 2 Stunden etwa 20—25 M.-E., nach 3 Stunden etwa 30—35 M.-E. pro Liter Blut.

Die Untersuchungen zwingen weiter dazu, die Trinkdosis zu vergrößern und sie in kürzeren Zeiträumen zu verabfolgen. So geben wir auf der Klinik seit langem schon fünfmal täglich rund 330 M.-E. zu trinken. In der Privatpraxis pflegt man diese Dosis aber nur dreimal täglich zu verabfolgen.

Die Injektionen sind mehr oder weniger schmerzhaft<sup>1)</sup>. Sie täglich dreimal oder noch öfter wochenlang durchzuführen, verbietet sich demnach von selbst. Gegenüber der Trinkkur sind sie noch dadurch im Nachteil, daß hier die Ausscheidung des größten Teils der Emanation erfolgt, ohne die Leber, dieses für den Stoffwechsel so wichtige Organ, passiert zu haben, während bei der Resorption durch den Magendarmtraktus die Passage zur Lunge in der Hauptsache durch die Leber geht. Der Hauptwert der Injektionen liegt, wie ich das immer betont habe, in der mächtigen lokalen Wirkung am Orte der Injektion.

Die nachgewiesene Vorteilhaftigkeit der Inhalation im geschlossenen Raume läßt nunmehr auch verstehen, warum die therapeutischen Erfolge gerade bei der Gichtbehandlung so offensichtlich wurden, als wir diese Behandlungsmethode einführten. Nach meinen Feststellungen bewirkt ein Zerfallsprodukt der Radiumemanation, das Radium D, die Zerstörung der Harnsäure<sup>2)</sup>. Dieser

<sup>1)</sup> Intravenöse Injektionen sind wegen der sehr schnellen Ausscheidung der Emanation nicht empfehlenswert.

<sup>2)</sup> Verhandl. des Kongr. f. innere Medizin, 1910.

Körper kann sich offenbar nur dann in genügender Menge im Organismus ansammeln, wenn die Emanation dort genügend lange in entsprechender Menge verbleibt. Diese Bedingung wird nun durch die Inhalation im geschlossenen Raume in idealer Weise erfüllt.

Auch die alte Forderung, Radiumbäder nur in kleinen, gut verschlossenen Räumen zu verabfolgen und die Badezeit möglichst lange auszudehnen, erhält durch unsere Beobachtungen eine weitere Stütze. Teplitz und Münster a. St., deren Quellen einen sehr hohen Gehalt an Radium aufweisen, haben bereits nach diesem Prinzip Einrichtungen in ihren Badhäusern getroffen und berichten über gute therapeutische Erfolge.

Wir können das Ergebnis unserer Untersuchungen folgendermaßen zusammenfassen:

1. Durch Einatmung, Trinken und Injektion gelangt eine mehr oder weniger große Menge von Emanation in das Blut.

2. Die vom Magendarmtraktus und durch Injektion ins Blut gelangende Emanation wird verhältnismäßig schnell ausgeschieden, so daß nach 2 bzw. 4 Stunden Emanation im Blute nicht mehr nachzuweisen ist. Bei Zuführung von vier Trinkdosen innerhalb 6 Stunden konnte nach 2 Stunden im Blut noch ein erheblicher Wert von Emanation gefunden werden.

3. Bei der Einatmung von Emanation im geschlossenen Raume reichert sich die Emanationsmenge im Blute an, so daß in 1000 g Blut nach  $\frac{1}{4}$  Stunde etwa die gleiche Menge zu finden ist wie in einem Liter Luft, nach 2 Stunden etwa die 4—5 fache, nach 3 Stunden die 6—7 fache Menge.

Die Ursache dieser Anhäufung der Emanation im Blute ist noch nicht aufgeklärt.

4. Aus dieser neu aufgefundenen Tatsache und den anderen Beobachtungen ergeben sich für das Verständnis der therapeutischen Wirkungen und für die Anwendungsformen der Emanation eine Reihe Anhaltspunkte.

## Referate.

**Loewy, A. und Plesch, J.,** Über den Einfluß der Radiumemanation auf den Gaswechsel und die Blutzirkulation des Menschen. (Berl. klin. Wochenschr., 1911, Bd. 48, S. 606.)

Die an einem gesunden Menschen unternommenen Versuche ergeben, daß die Emanation keinerlei Einfluß auf den respiratorischen Stoffwechsel und den Sauerstoffwechsel des arteriellen und venösen Blutes hat. Dagegen ergab die Untersuchung des Blutdrucks bei acht (von zehn untersuchten) Personen ein Sinken des Maximaldruckes; bei sieben Personen war auch der Mitteldruck mehr oder weniger stark erniedrigt; auch die Arbeitsleistung des Herzens scheint im Emanatorium vermindert zu werden. Salle.

**Falta, W. und Schwarz, G.,** Wachstumsförderung durch Radiumemanation. (Berl. klin. Wochenschr., 1911, Bd. 48, S. 605.)

Die an Pflanzen (Haferkeimlinge) angestellten Versuche ergeben, daß große Mengen von Emanationsgas einen intensiv fördernden Einfluß auf das Wachstum ausüben. Die Erklärung dafür ist, neben einer ev. Wirkung auf den Wachstumsboden, vielleicht auch in einer Begünstigung der Fermententwicklung zu suchen. Salle.

**Bickel, A.,** Ein transportabler Inhalationsapparat für Radiumemanation mit kontinuierlicher, regulierbarer Emanationsspeisung. (Berl. klin. Wochenschr., 1911, Nr. 48, S. 657.)

**Engelmann, W.,** Einrichtung und Wirkungsweise eines neuen Inhalationsapparates für Radiumemanation mit dosierbarer Emanationsspeisung. (Berl. klin. Wochenschr., 1911, Nr. 48, S. 659.)

Das Prinzip des von Bickel und Engelmann gemeinsam konstruierten Apparates, dessen technische Details im Original nachgelesen werden müssen, ist folgendes. Der Patient inhaliert durch eine mit Ventilen versehene (Mund-) Nasenmaske atmosphärische Luft, die durch eine mit Wasser teilweise angefüllte Wulffsche Flasche streicht. Während der Inhalationsdauer tropft in diese Flasche emanationshaltiges Wasser, dessen Zufluß durch einen Hahn reguliert werden kann. Den Beweis, daß bei Inhalationen mittels des neuen Apparates die Emanation in den Körper gelangt, haben Verf. durch die Untersuchung des Blutes bei einem Hunde führen können. Nach 90 Minuten konnte in dem aus der Schenkelarterie entnommenen Blut ein Voltabfall von 935 konstatiert werden. Die Vorzüge des neuen Apparates bestehen in einer Verbilligung der Emanationskur gegenüber den üblichen Emanatorien und seiner Transportfähigkeit. Salle.

**Sommer, E.,** Heilquellenaktivität, physiologische Wirkung und therapeutische Anwendung. (Korresp.-Bl. f. Schweiz. Ärzte, 1911, Bd. 41, S. 177.)

Übersichtsref. für den Kongr. f. Physiother. Paris 1910. Aus den Schlußsätzen: Die Radiumemanationstherapie ist eine wertvolle Bereicherung unseres

physiotherapeutischen Heilschatzes. Die Radiumemanation ist in fast allen daraufhin untersuchten Heilquellen einwandfrei nachgewiesen; Thermalquellen weisen die höchsten Werte auf. Salzreiche Mineralquellen zeigen im allgemeinen keine hohe Radioaktivität. Salle.

**Kemen,** Gicht und Rheumatismus. (Petersb. med. Wochenschr., 1911, Bd. 36, S. 137.)

Die Beeinflussung der Gicht gelingt am besten durch Kombination von Trink-, Bade- und Inhalationskuren, wie sie in Kreuznach geübt wird. Von größter Wichtigkeit ist eine rationelle Ernährung, da es vor allem gilt, der exogenen Harnsäurebildung entgegenzuarbeiten. Durch die Verbindung purinfreier Nahrung mit der Radiumbehandlung läßt sich (Mesernitzky und Kemen) eine Vermehrung der endogenen Harnsäureausscheidung in manchen Fällen bis zum 3—4 fachen der anfangs festgestellten Höhe konstatieren. Für die Praxis empfiehlt es sich, wenigstens während der ersten 8—14 Tage, zurzeit der heftigsten Reaktion, völlig purinfreie Ernährung, im weiteren Verlauf der Behandlung können 2—4 Fleischtage pro Woche eingeschaltet werden. Salle.

**Braunstein, A.,** Wer hat die Radiumemanation in die Therapie eingeführt?

**Loewenthal,** Bemerkungen zu der vorstehenden Frage. (Deutsche med. Wochenschr., 1911, Bd. 37, S. 507.)

Braunstein hat schon im Jahre 1904 Radiumemanation in Form von radioaktivem Wasser und Wismut für therapeutische Zwecke angewandt. Unter weiterem Hinweis auf gemeinsam mit Bergell vorgenommene Untersuchungen über die Fermentwirkung des Radiums werden Prioritätsansprüche erhoben.

Loewenthal erkennt diese Ansprüche als voll berechtigt an.

Salle.

**Hirz, F.,** Über Injektionen mit natürlichem radioaktivem Thermalwasser direkt an der Quelle. (Münchn. med. Wochenschr., 1911, Bd. 58, S. 86.)

Sechs Fälle (Gicht, Anämie, Neurasthenie) wurden mit Injektionen von Quellwasser (Brennerbad, Radioaktivität 1.30 Macheinheiten) behandelt. Außerdem Voll- und Teilbäder, Umschläge, Inhalationen, Trinken, Ausspülen. Günstige Erfolge. Salle.

**Nenadowics,** Die Bedeutung der radioaktiven Gasquelle von Franzensbad für den Internisten. (Therap. Monatsh., 1911, Bd. 25, S. 361.)

Der Kohlensäuregehalt der „Trockengasquelle zu Franzensbad“ beträgt nach neueren Untersuchungen von Ritter von Giute 98.90%, Messungen von Tuma zeigten eine Ergiebigkeit von 200 Liter per Minute und einen Emanationsgehalt von 0,2685 Macheinheiten in einem Liter Kohlensäure. Die Emanation kann von der Kohlensäure befreit und konzentriert werden; es soll ein natürliches Emanatorium eingerichtet werden. Salle.

**Sommer, E.,** Beiträge zur Therapie mittels Radiumemanation. Referat f. d. balneolog. Kongr. (Zeitschr. f. physik. u. diät. Ther., 1911, Bd. 15, S. 321.)

Eingehende Darstellung der verschiedenen Anwendungsformen der Emanationstherapie und der zur Verfügung stehenden Präparate. Besprechung der bisher festgestellten Einwirkung auf den Stoffwechsel und die Fermente und der bakteriziden und entwicklungshemmenden Wirkung der Emanation. Tabellarische Übersicht über die Erfolge und Mißerfolge der Emanationsbehandlung bei den verschiedensten Krankheiten. Von 664 Kranken wurden geheilt und gebessert 83,59%, nicht gebessert 15,66%, der Zustand verschlimmerte sich in 0,75% der Fälle. Hervorzuheben sind die guten Erfolge bei Artr. uric., Artr. deform., Ischias, Myokarditis, Rheum. artic. chr., Rheum. muscul. subac. und chr., skrofulösen Drüsenanschwellungen. Salle.

**Isitani, D. und Manabe, K.,** Über Radiumemanation einer Geiserquelle in Japan. (Zentralbl. f. Röntgenstr., 1911, Bd. 2, S. 81.)

Beschreibung einer periodisch sprudelnden Geiserquelle bei Atami. Der Ausbruch der Quelle erfolgt alle acht Stunden und zerfällt in zwei Perioden: zuerst mächtige Wasserstrahlen, dann — nach einem bestimmten Zeitraum — ein stürmischer Ausstoß von Dampf. Die Untersuchungen der Verf. ergaben, daß das Mineralwasser der Quelle des Geisers gar keine radioaktive Emanation enthält, während in dem (im Wasser aufgefangenen) Dampf beträchtliche Mengen Emanation nachgewiesen werden konnten. Eine Erklärung für diese Erscheinung ist in den Besonderheiten der geologischen Formation zu suchen, die es bedingen, daß beim Aufkochen im unterirdischen Haupthohlraum der Quelle das radioaktive Gas aus dem Wasser herausgetrieben wird und in den Dampf übergeht. Salle.

**v. Benczúr, S.,** Über einen nach Gebrauch einer Radiumemanationskur wesentlich gebesserten Fall von Sklerodermie. (Deutsche med. Wochenschr., 1911, Bd. 37, S. 1029.)

18jähriges Mädchen, bei welcher außer einer chronischen Arthritis der Finger- und Fußgelenke eine ausgesprochene Sklerodermie der Gesichtshaut, der Hände, Unterschenkel und Brusthaut besteht. Die Patientin wurde einer Radiumemanationstrinkkur, welche nach zwei Monaten infolge einer Hämoptöe unterbrochen werden mußte, unterworfen; 1000 Macheeinheiten pro die. Nach kurzdauernder Reaktion Besserung der subjektiven Beschwerden und starkes Schwitzen. Die verhärtete Gesichtshaut wurde von Tag zu Tag weicher und geschmeidiger; die Verhärtung der Brusthaut, der Unterarme, der Handrücken und Füße verschwand gänzlich; die vorher ganz steifen Finger können, wenn auch nur beschränkt, bewegt werden. Salle.

**Straßburger, S.,** Über Behandlung mit Radiumemanation. (Münch. med. Wochenschr., 1911, Bd. 58, S. 782.)

Bericht über 48 Fälle chronisch-rheumatischer Erkrankungen, die mit Bade- und Trinkkuren, ev. auch örtlich mit Umschlägen behandelt wurden. Das emanationshaltige Wasser wurde aus den von Neumann (Kreuznach) konstruierten

Aktivatoren gewonnen. In einem nicht geringen Prozentsatz der Fälle, besonders von Arthritis eines oder mehrerer Gelenke, bei denen bisher jede andere Therapie keinen oder nur geringen Erfolg hatte, wurde ein günstiges, in einigen Fällen sogar überraschendes Resultat erzielt. Salle.

---

**Plesch, S.,** Zur biologischen Wirkung der Radiumemanation. (Deutsche med. Wochenschr., 1911, Bd. 37, S. 488.)

Die Frage, ob das Blut eine spezifische Affinität zur Radiumemanation besitzt, wurde durch vergleichende Untersuchungen über die Aufnahme der Emanation durch Wasser und Blut studiert. Es erwies sich, daß das Blut um etwa 10% weniger Emanation aufnimmt, als Wasser. Prozentisch war im Blut im Mittel 92,5% der im Wasser enthaltenen Emanation vorhanden. Es besteht also keine spezifische Affinität des Hämoglobins zur Radiumemanation, die sich wie ein indifferentes Gas verhält. Aus den Erfahrungen und Berechnungen für Stickstoff kann man folgern, daß je länger der Aufenthalt in emanationsreicher Luft dauert, um so gründlicher die Sättigung des Organismus sein wird. Der Vorzug der Trinkkur liegt darin, daß dem Organismus quasi ein Emanationsdepot einverleibt wird, welches eine langdauernde Wirkung entfaltet. Für die Praxis wird eine Kombination von Trink- und Inhalationskur empfohlen: bei der ersten wird im wesentlichen eine Wirkung auf Blut, Leber und Lunge erzielt, bei der letzten der ganze Körper der Wirkung der Emanation ausgesetzt. Salle.

---

**Klonka, H.,** Die Radioaktivität der Mineralwässer. (Deutsche med. Wochenschr., 1911, Bd. 38, S. 769.)

Im Anschluß an eine eingehende und übersichtliche Darstellung unserer heutigen Kenntnisse über die Natur des Radiums und seine biologische Wirkung bespricht Verf. die natürlichen Mineralquellen mit hoher Radioaktivität und weist besonders auf den hohen Gehalt der Quellen in Laco Ameno auf Ischia (372,2 M.-E.), Joachimsthal (600 M.-E.), Landeck (206 M.-E.), Gastein (120—150 M.-E.), die Büttquelle in Baden-Baden (125 M.-E.). Mit Kernen will Verf. nur solche Bäder, die über 30 M.-E. haben, als „Emanationsbäder“ bezeichnet wissen. Salle.

---

**Armstrong, W.,** Radium Water Therapy. (Brit. med. Journ., 29. April 1911, S. 992.)

A. teilt seine Erfahrungen bei der Behandlung von 400 Fällen mit Radiumemanation mit. Bei der Trinkkur wurden 1000—8000 Macheeinheiten täglich verabreicht; in den Bädern waren 5—15 Einheiten im Liter. Die Erfolge bei den verschiedensten Krankheiten waren angeblich ausgezeichnet; mitgeteilt werden nur zwei sehr wenig beweiskräftige Krankengeschichten (Diabetes und Nephritis). Im übrigen wurden behandelt: Diabetes, Albuminurie, Arteriosklerose mit Blutdrucksenkungen von 20—80 mm Hg, Fälle von Gicht, bei denen Vermehrung der Urinmenge und der Harnsäureausscheidung(!), Verschwinden der Harnsäurekristalle im Urin(!) beobachtet sein will, ferner Rheumatismus, Neuritis, Arthritis, Neurasthenie mit Autointoxikation (hier sollen die allerbesten Erfolge erzielt sein), Abnahme der sexuellen Fähigkeit, vasomotorische Störungen.

Fleischmann.



**Churchward, A.**, Treatment of rodent ulcer by Calcio-phosphate of Uranium. (Lancet, 1911, Bd. CLXXX, S. 660.)

Von drei behandelten Fällen von Ulcus rodens im Gesicht wurden zwei geheilt, der dritte schnell wesentlich gebessert. Die Behandlung bestand in der Verwendung von Uranium-Kalziumphosphat, dessen Radioaktivität erwiesen war. Das Mineral wurde täglich zunächst für 3, dann für 4—5 Stunden auf die mit einem kleinen Leinwandläppchen bedeckte ulzerierte Stelle gebracht. Die Behandlung stellt sich naturgemäß viel billiger, als mit Radiumbromid und ist, wenn auch erst nach etwas längerer Zeit, ebenso wirksam. Fleischmann.

**Hls. W.**, The treatment of gout and rheumatism by Radium. (Brit. med. Journ., 1911, Nr. 2614, S. 243.)

Übersetzung des deutschen Aufsatzes. Fleischmann.

**Morton, Ch. J.**, Radium in Cancer. (Brit. med. Journ., 1911, Nr. 2617, S. 429.)

Benutzt wurde zur Bestrahlung von Karzinomen mit Firnis auf Leinwand oder Metallplatten befestigtes reines Radiumsulfat. Die besten Resultate schienen erzielt zu werden, wenn auf den Quadratcentimeter  $2\frac{1}{2}$  mg Radiumsulfat kamen. Von den beiden vom Autor verwandten Radiumplatten maß die eine  $4\frac{1}{2}$  qcm, die andere 9 qcm.

Es wurde behandelt ein Zungenkarzinom, seit neun Monaten bestehend, mit ausgedehnten Drüsenschwellungen. Der Tumor selbst wurde täglich eine Stunde lang direkt bestrahlt und acht Stunden mit einer zwischenliegenden Bleiplatte von  $\frac{1}{10}$  mm Dicke. Die Drüsen wurden im ganzen 66 Stunden unter Verwendung von Bleiplatten von  $\frac{1}{10}$  mm bis 1 mm Dicke bestrahlt. Sämtliche Drüsen gingen bis zu Erbsgröße und bei einer zweiten Kur vollständig zurück. Das Geschwür der Zunge ging ebenfalls völlig zurück. Nach sechs Monaten nach der Bestrahlung kein Wiederwachsen, keine Metastase.

In einem zweiten Falle von Zungenkarzinom wurde ein Erfolg nicht erzielt. Mehrere Fälle von Rezidiven nach Mammaexstirpation konnten durch wiederholte Bestrahlungskuren gebessert und beschränkt werden. In manchen anderen Fällen konnte nur eine Besserung der Schmerzen, vorübergehende Verkleinerung der Tumoren, Verminderung des Zerfalls erzielt werden. Die langsam wachsenden Tumoren sind am besten für Bestrahlung geeignet. Es ist wichtig hervorzuheben, daß dort, wo ein Effekt eintrat, er sich in den ersten 14 Tagen der Behandlung deutlich zeigte; zeigt sich innerhalb dieser Zeit keine Beeinflussung, so ist weitere Behandlung nutzlos. Fleischmann.

**Haret, Danne et Jaboin**, Sur une nouvelle méthode d'introduction du radium dans les tissus. (Compt. rend. de l'acad. de science, Nr. 12.)

Verf. haben eine größere Reihe von Versuchen über die elektrolytische Einverleibung des Radiums in die Gewebe angestellt. Die Untersuchungen wurden zumeist am Tier — Kaninchen und Kalb —, zum Teil auch am Menschen ausgeführt. Beim Kaninchen wurde so vorgegangen, daß die positive, mit einer Gazekompressen umhüllte Kohlenelektrode in eine Radiumbromidlösung getaucht und an der Außenseite der rasierten Hinterpfote appliziert wurde, während die negative Zinnelektrode auf die Lendengegend zu liegen kam. In einem Teil der Versuche wurde die Extremität abgebunden. Darauf Stromschluß, innerhalb

5 Minuten Anstieg von 0—30 M.A., nach 30 Minuten ebenso allmählicher Abstieg auf 0. Nach Tötung des Tieres wurde die Extremität in drei Längsschichten zerlegt. In jeder, auch der tiefsten Schicht (Knochen), konnte das Radium (mittels piezoelektrischem Quarz) nach Zerstörung der organischen Substanz nachgewiesen werden. Die Unterbindung der Extremität war auf die Resultate ohne Einfluß. Wiederholung der Prozedur an der gleichen Stelle nach siebentägigem Intervall ergab entsprechend höhere Werte von Radium.

Nach bloßem Auflegen einer mit Radiumbromidlösung getränkten Kompresse waren nur in den oberen Hautschichten Spuren von Radium nachweisbar. Der Beweis der Unschädlichkeit der Methode wurde durch ein Kaninchen erbracht, das nach zweimonatiger Behandlung sich in ausgezeichnetem Zustande befand. Ähnliche Resultate ergaben sich beim Kalb. Beim Menschen konnte der Nachweis von Radium im Harn geführt werden.

Verf. ziehen aus ihren Versuchen folgende Schlüsse: Das Radium dringt in die Gewebe durch Ionisation ein. Diese ist notwendig, um das Radium ohne Gewebstrennung in die Tiefe zu schaffen. Das Auflegen radiumhaltiger Kompressen allein genügt dazu nicht. Die Durchdringungsfähigkeit des Radiumions erstreckt sich auf eine beträchtliche Tiefe. Die Zirkulation ist hierbei ohne Einfluß; denn trotz angelegter Ligaturen dringt das Radium bis auf Muskel und Knochen ein. Es verweilt in den Geweben lange genug, um durch wiederholte, in mehrtägigen Intervallen erfolgende Applikation eine für die Heilwirkung genügende Konzentration zu erreichen. Die Wirkungen der Ionisation sind unschädlich für die Versuchsobjekte.

Die Anwendung der neuen Methode an Kranken ergab eine eklatant beruhigende Wirkung und rasche Verkleinerung gewisser Tumoren. C. Maase.

---

**Dominiçi, H., Haret, P., Jaboin, A.,** Sur les modifications des tissus consécutives à l'introduction du radium par l'électrolyse dans l'organisme vivant. (Compt. rend. de Soc. de biol., Nr. 11.)

Die Autoren haben am Kaninchen Versuche darüber angestellt, ob das auf elektrolytischem Wege einverleibte Radium das normale Gewebe zu schädigen imstande sei. Die nach verschiedenen Zeiträumen ausgeführte Untersuchung des in drei Schichten zerlegten Gewebes ergab, daß zwar das Radium in Haut, Faszien, Muskeln, Knochen und Knochenmark eingedrungen war, aber niemals eine merkbare histologische Veränderung der fixen Gewebselemente hervorgerufen hatte, selbst dann nicht, wenn seit der letzten Applikation schon so lange Zeit verflossen war, daß auch bereits die Spätwirkungen des Radiums hätten zur Geltung kommen können.

In lebhaftem Gegensatze dazu steht die Eigenschaft des Radiums in krankem Gewebe, Veränderungen regressiver Art hervorzubringen. Es scheint, daß gewisse pathologische Zustände das Gewebe für verschiedene chemische und physikalische Einwirkungen sensibilisieren, denen gegenüber es sich unter normalen Verhältnissen refraktär verhält. C. Maase.

---

**Béclère,** Un nouveau mode d'applikation du radium. (Acad. de méd., 9./16. Mai, ref. Progrès méd., Nr. 21 u. Sem. méd., Nr. 20.)

Vortragender hat sich des von Haret (siehe unten Haret, Danne, Jaboin) angegebenen elektrolytischen Verfahrens zur Behandlung maligner Neo-

plasmen bedient. Die positive Elektrode in Gestalt einer mit 10 Mikrogramm gelösten Radiumbromids imprägnierten Kompresse wurde dreimal wöchentlich auf die kranke Stelle aufgelegt und ein Strom von 10 M.A.  $\frac{1}{2}$  Stunde lang hindurchgeschickt. Bei einem inoperablen Schulterblattsarkom, das nach zuerst wirksamer Röntgenbestrahlung stationär geblieben war, war der Erfolg ein ausgezeichnete. Vortragender empfiehlt die Methode, die natürlich nicht immer erfolgreich sei, in Kombination mit der Röntgenbehandlung. C. Maase.

**Dominici,** Résultats éloignés de l'application du radium dans le traitement des tumeurs malignes. (Acad. de méd. de Paris, 25. März, ref. Progrès méd., Nr. 14.)

Vorstellung von erfolgreich mit Radium behandelten Kranken, die an malignen Tumoren litten. Empfehlung von kombinierter chirurgischer und Radiumtherapie. C. Maase.

**Bertler,** Les étuves locales radioactives dites Berthollet à Aix-les-Bains. (Soc. de méd. de Paris, 7. April, ref. Progrès méd., Nr. 17.)

Die feuchte, ca. 44° warme Luft der Badestuben ist sehr stark radioaktiv und äußert bemerkenswerte Heilwirkungen auf verschiedene Formen des infektiösen subakuten Rheumatismus und bei gewissen Neuralgien. C. Maase.

**Fabre, G.,** Action du radium sur les organismes végétaux. (Compt. rend. de Soc. de biolog., Nr. 11.)

1. Organische und funktionelle Veränderungen pflanzlicher Organismen unter dem Einfluß von Radium.

Früher bereits hatte der Autor festgestellt, daß die durch Radiumbestrahlung hervorgerufene Atrophie von Lilienblüten sich nicht nur auf die von der Strahlung erreichten Bezirke erstreckte, sondern auch die benachbarten Blüten desselben Stengels betraf. Neuerdings hat er die Rhizome der Pflanzen, die zu den Versuchen gedient hatten, wieder eingepflanzt und dabei folgendes beobachtet. Die Rhizome aller Stauden, von denen eine Blüte ohne Schutzvorrichtung auch nur kurze Zeit bestrahlt worden war, faulten entweder oder blieben steril. Die Wurzelstöcke, welche wieder auskeimten, stammten von den unbestrahlten Kontrollpflanzen; eine von einer Pflanze, bei der eine Blüte mit Schutz bestrahlt worden war. Wirksame Bestrahlung der Fortpflanzungsorgane ruft demnach allgemeine Störungen im Gesamtorganismus hervor, die vielleicht auf einer funktionellen Atrophie des Gefäßsystems beruhen.

2. In einer zweiten Versuchsreihe wurde der Einfluß der Aktivität des Bodens auf den Keimvorgang festgestellt. Zu einer bestimmten Menge Boden wurden steigende Mengen (1—4 Mikrogramm) Radiumbromid zugefügt, und je zehn Samenkörner von *Linum catharticum* eingesät. Die Pflanzen auf dem mit Radiumbromid beschickten Boden blieben zuerst gegenüber den Kontrollen im Wachstum zurück. Nach etwa 8 Tagen war der Unterschied am größten; am 14. Tage dagegen wieder völlig ausgeglichen. Die Zahl der Blätter wuchs mit der Menge des zugesetzten Radiumsalzes. Verf. glaubt, daß dieser Vorgang eine Schutzvorrichtung des Organismus darstellt, indem durch die reichliche Entwicklung chlorophyllhaltiger Organe die schädlichen Reduktionswirkungen des Radiums aufgehoben würden. C. Maase.

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1911

Heft 4

## Die Strahlen der radioaktiven Substanzen.

Von **Erich Regener.**

(Schluß.)

Vergleichen wir die drei im vorigen Kapitel behandelten Strahlenarten mit den Strahlen der radioaktiven Körper, so zeigt sich zunächst im Durchdringungsvermögen ein auffallender Parallelismus. Ordnet man nämlich die Strahlen jeder Gruppe nach zunehmendem Durchdringungsvermögen, so entspricht der Reihe:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Strahlen die Reihe: Kanal-, Kathoden-, Röntgenstrahlen.

Die Analogie geht indessen weiter und erstreckt sich nicht nur auf das Durchdringungsvermögen, sondern auch auf die Natur der Strahlen. Die radioaktive Forschung erklärt nämlich heute die  $\alpha$ -Strahlen für einen Schwarm von schnellfliegenden positiv geladenen Teilchen von Atomgröße — welcher also den Kanalstrahlen entspricht —, die  $\beta$ -Strahlen den Kathodenstrahlen analog aus negativen Elektronen zusammengesetzt, während den  $\gamma$ -Strahlen Röntgenstrahlencharakter zugeschrieben wird.

Für die Richtigkeit dieser Annahmen sind in den letzten Jahren viele Versuche von guter Beweiskraft geliefert worden. Es sollen im folgenden diejenigen von ihnen beschrieben werden, welche sich am einfachsten und überzeugendsten repräsentieren.

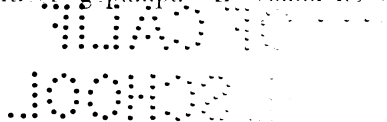
Daß die  $\alpha$ -Strahlen einen Schwarm von schnellfliegenden Teilchen darstellen, davon gewinnt man den unmittelbarsten Eindruck, wenn man die Fluoreszenz näher untersucht, welche die  $\alpha$ -Strahlen auf geeigneten Substanzen, z. B. Zinksulfid, hervorrufen. Betrachtet man diese Fluoreszenz nämlich mit gut ausgeruhtem Auge im Dunkeln mit einer Lupe oder einem lichtstarken Mikroskop, so bemerkt man, daß dieselbe nicht in einem gleichmäßigen Leuchten der von den  $\alpha$ -Strahlen getroffenen Fläche besteht, sondern aus einzelnen Lichtpünktchen, welche an verschiedenen Stellen momentan aufblitzen. Es sieht aus, als ob der Fluoreszenzschirm unter der Wirkung eines Bombardements von Geschossen steht, von denen jedes beim Auftreffen einen Lichtblitz erzeugt. Man kann es dadurch, daß man ein schwaches radioaktives Präparat nimmt, welches  $\alpha$ -Strahlen emittiert, leicht so einrichten, daß sich die Lichtpunkte, welche auf einer kleinen Fläche des Fluoreszenz-

schirms in einer gewissen Zeit aufblitzen, die sogenannten „Szintillationen“ zählen lassen. Dadurch erhält man ein bequemes Mittel, die Zahl der von einem Präparat ausgehenden  $\alpha$ -Strahlen zu bestimmen.

Von Rutherford und Geiger ist auch eine elektrische Methode ausgearbeitet worden, welche die korpuskulare Struktur der  $\alpha$ -Strahlen beweist, indem auch sie die Wirkung eines einzelnen  $\alpha$ -Teilchens nachweisen läßt. Wie bereits oben erwähnt, erzeugen die  $\alpha$ -Strahlen eine sehr starke Ionisation, die sich bis auf einige Zentimeter von dem emittierenden Präparate erstreckt. Diese Ionisation kann durch den Sättigungsstrom gemessen werden und ist so stark, daß die Ionisation, welche durch ein einziges  $\alpha$ -Teilchen hervorgerufen ist, dicht an der Grenze der Empfindlichkeit unserer feinsten Elektroskope liegt. Es ist gleichfalls im vorigen Kapitel erwähnt worden, daß man durch sehr starke elektrische Felder den Sättigungsstrom noch überschreiten kann, indem die primär durch die Strahlen gebildeten Ionen durch Ionenstoß noch neue Ionen erzeugen. Durch passende Wahl der Verhältnisse kann durch dieses Mittel die primäre Ionisation leicht auf den tausendfachen Betrag gebracht werden. Richtet man es ferner so ein, daß man z. B. durch ein feines Loch nur alle paar Sekunden ein  $\alpha$ -Teilchen in den Meßkondensator treten läßt, so gibt die von einem einzigen  $\alpha$ -Teilchen erzeugte Ionisation einen großen Ausschlag am Elektrometer. Auch durch diese Methode lassen sich die von einem Präparat ausgehenden  $\alpha$ -Teilchen zählen.

Sieht man die korpuskulare Struktur der  $\alpha$ -Strahlen als erwiesen an, so entsteht sofort die Frage, als was für Teilchen wir die  $\alpha$ -Teilchen anzusehen haben. Strahlen, welche aus Elektronen bestehen, sind ja von den Kathodenstrahlen, solche, welche aus Teilchen von Atomgröße bestehen, von den Kanalstrahlen her bekannt. Die neuere Forschung hat sicher nachgewiesen, daß die  $\alpha$ -Teilchen, gleichgültig von welcher radioaktiven Substanz sie stammen, Heliumatome sind.

Am direktesten ist dies von Rutherford und Royds gezeigt worden. Es wurde die Emanation, das radioaktive Gas, welches sich aus dem Radium entwickelt und welches  $\alpha$ -Strahlen emittiert, in ein Glasröhrchen gefüllt, dessen Wände so dünn waren, daß sie die von der Emanation ausgesandten  $\alpha$ -Strahlen hindurchließen. Der Raum um das dünne Glasrohr war durch Quecksilber abgeschlossen und luftleer gepumpt. Es sammelte sich dann in diesem Raum



im Verlaufe von einigen Tagen eine winzige Menge Gas an, welche sich spektroskopisch als Helium erwies.

Die  $\alpha$ -Strahlen, also die Heliumatome, aus denen sie bestehen, führen eine positive elektrische Ladung mit sich. Dies läßt sich zeigen, wenn einem  $\alpha$ -Strahlenpräparat eine zweite Platte im hohen Vakuum gegenübergestellt wird. Die von den  $\alpha$ -Strahlen getroffene zweite Platte nimmt dann, wenn sekundäre Erscheinungen durch ein Magnetfeld beseitigt werden, eine positive Ladung an.

Die Verbindung einer Ladungsbestimmung mit einer Zählung der  $\alpha$ -Teilchen läßt leicht die Ladung eines einzelnen  $\alpha$ -Teilchens messen. Werden nämlich nach der fluoroskopischen oder der elektrischen Methode erst die von einem  $\alpha$ -Strahlenpräparat pro Sekunde ausgehenden  $\alpha$ -Teilchen gezählt, dann an demselben Präparat die pro Sekunde von den  $\alpha$ -Teilchen transportierte Ladung gemessen, so ergibt die letztere, dividiert durch die Zahl der Teilchen die Ladung eines einzelnen  $\alpha$ -Teilchens. Der Wert der letzteren, wie er von mehreren Beobachtern gefunden wurde, entspricht der Ladung von zwei elektrischen Elementarquanten.

Feste Körper durchdringen die  $\alpha$ -Strahlen bis zu einer Dicke von einigen hunderteln Millimetern. Das unterscheidet sie einigermaßen von den Kanalstrahlen, welche feste Körper gar nicht oder mindestens so wenig durchdringen, daß es bisher nicht sicher nachgewiesen ist. Da die Kanalstrahlen in bezug auf die Größe — sie sind ja Gasatome — mit den  $\alpha$ -Strahlen übereinstimmen, so kann es nur eine größere Geschwindigkeit sein, welche die  $\alpha$ -Strahlen vor den Kanalstrahlen auszeichnet und welche ihnen ihr größeres Durchdringungsvermögen — man könnte sagen: Durchschlagsvermögen, da es sich ja auch um Geschosse handelt — verleiht. Es verhält sich in der Tat so, denn während die Kanalstrahlen nur ungefähr eine Geschwindigkeit von ca. 3000 km in der Sekunde besitzen, haben die  $\alpha$ -Strahlen eine solche von ca. 15—20000 km in der Sekunde. Dieser Unterschied in der Geschwindigkeit bewirkt einen noch größeren in der kinetischen Energie beider Strahlenarten, da die letztere — gemäß der Formel  $\frac{1}{2} m v^2$  — mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst und bedingt das relativ große Durchdringungsvermögen der  $\alpha$ -Strahlen, verglichen mit demjenigen der Kanalstrahlen.

Die Geschwindigkeit der  $\alpha$ -Strahlen ist bestimmt worden durch die Ablenkung, welche sie in einem elektrischen und einem ma-

gnetischen Felde bestimmter Stärke erfahren, ähnlich wie das früher bei den Kanalstrahlen geschehen ist. Diese Messungen sind indessen bei den  $\alpha$ -Strahlen noch schwerer auszuführen als bei den Kanalstrahlen, da die ersteren wegen ihrer großen Geschwindigkeit nur durch sehr starke magnetische und elektrische Kräfte beeinflussbar sind. Von Rutherford und seinen Schülern sind diese Messungen jedoch in hervorragender Weise durchgeführt worden. Die Geschwindigkeit der  $\alpha$ -Strahlen ist bei den verschiedenen radioaktiven Substanzen etwas verschieden und hat sich als eine für jede Substanz charakteristische Größe herausgestellt.

Nach dem Dargelegten haben wir also die  $\alpha$ -Strahlen uns vorzustellen als einen Schwarm von winzigen Heliumatomen, welche von dem radioaktiven Präparat aus mit der hohen Geschwindigkeit von 20000 km dahinfliegen. Zwei Umstände sind es, welche für unsere aus der täglichen Anschauung gebildeten Begriffe uns befremdend erscheinen. Erstens die Kleinheit der Teilchen: es wird ja von den  $\alpha$ -Teilchen behauptet, daß es Heliumatome seien. Was dies bedeutet, wird aus der Angabe ersichtlich, daß in 1 g Helium die ungeheure Zahl von  $10^{23}$  Atomen vorhanden ist, daß also ein solches Atom nur der  $10^{23}$ te Bruchteil eines Grammes wiegt. Ein einziges solches Teilchen macht sich aber, wie erwähnt, durch seine Wirkung bemerkbar, indem es z. B. auf einem Zinksulfidschirm einen Lichtpunkt hervorruft, der durch unser Auge bequem wahrnehmbar ist. Daß das  $\alpha$ -Teilchen, obgleich es ein so ungeheuer kleines Atom ist, solches vermag, liegt an der zweiten Merkwürdigkeit, die dieses Teilchen besitzt, an seiner großen Geschwindigkeit. Diese erst befähigt es, trotz seiner Kleinheit, solche relativ große Wirkungen hervorzurufen, wie sie bei der Fluoreszenz der  $\alpha$ -Teilchen beobachtet werden. Um eine Vorstellung von dieser Geschwindigkeit zu gewinnen, kann man z. B. ausrechnen, wie sich die kinetische Energie einer Flintenkugel vergrößern würde, wenn sie statt mit der Geschwindigkeit, mit der sie ein Gewehr verläßt, mit der Geschwindigkeit der  $\alpha$ -Strahlen dahinfliegen würde. Da eine moderne Flintenkugel eine Geschwindigkeit von nahe 1 km pro Sekunde hat, die  $\alpha$ -Strahlen dagegen 20000 km, so ist die kinetische Energie, wenn die Geschwindigkeit von 1 km auf 20000 km wächst,  $20000^2$ , d. h. 400 millionenmal größer.

Ihren Geschoßcharakter zeigen die  $\alpha$ -Strahlen auch bei der Absorption in festen und gasförmigen Körpern. Hat man nämlich homogene  $\alpha$ -Strahlen, d. h.  $\alpha$ -Strahlen gleicher Geschwindigkeit, wie

sie von einem radioaktiven Präparat ausgehen, das in ganz dünner Schicht vorhanden ist, so bleibt die Zahl der  $\alpha$ -Teilchen dieselbe, wenn sie eine dünne Metallfolie durchdringen, oder wenn sie eine kleine Luftstrecke durchsetzt haben. Vermindert hat sich lediglich die Geschwindigkeit der  $\alpha$ -Teilchen. Macht man die von den  $\alpha$ -Teilchen zu durchdringende Metall- oder Luftschicht allmählich dicker, so bemerkt man, daß bei einer bestimmten Dicke plötzlich alle  $\alpha$ -Teilchen steckenbleiben. Die  $\alpha$ -Strahlen haben also eine bestimmte „Reichweite“, welche in verschiedenen Körpern verschieden ist, in Luft einige Zentimeter, in Metallen einige hundertel Millimeter beträgt. Die Reichweite der  $\alpha$ -Strahlen ist von der Geschwindigkeit der  $\alpha$ -Strahlen abhängig und ist ebenso wie diese eine charakteristische Konstante für die verschiedenen radioaktiven Substanzen. Die  $\alpha$ -Strahlen des Ioniums haben in Luft z. B. nur eine Reichweite von 2,8 cm, während die  $\alpha$ -Strahlen von Radium C eine solche von 7 cm haben<sup>1)</sup>. Die  $\alpha$ -Strahlen der verschiedenen Substanzen sind also in bezug auf die ihnen inwohnende Energie nicht gleichwertig, sondern die mit der größeren Reichweite, d. h. mit der größeren Geschwindigkeit haben die größere kinetische Energie.

Die  $\alpha$ -Strahlen unterscheiden sich, wie wir sahen, von den Kanalstrahlen durch ihre beträchtlich größere Geschwindigkeit. Ein gleiches Analogieverhältnis besteht zwischen den  $\beta$ -Strahlen und den Kathodenstrahlen einer Entladungsröhre. Die  $\beta$ -Strahlen bestehen wie die Kathodenstrahlen aus einem Schwarm von negativen Teilchen, welche nicht aus gewöhnlicher Materie bestehen, sondern nur aus Elektrizität, welche also Elektrizitätsatome, Elektronen sind. Diese Theorie von der Natur der  $\beta$ -Strahlen wird durch eine Reihe von Versuchen bestätigt.

Der korpuskulare Charakter der  $\beta$ -Strahlen dokumentiert sich zunächst in der Fluoreszenz, welche die  $\beta$ -Strahlen auf geeigneten Substanzen, wie z. B. Bariumplatinzyanür, hervorrufen. Wie bei den  $\alpha$ -Strahlen ist diese Fluoreszenz szintillatorischer Natur, d. h. aus einzelnen Lichtpünktchen zusammengesetzt. Die Erscheinung ist allerdings viel schwerer zu beobachten, da die Lichtpünktchen viel lichtschwächer sind. Neuerdings ist es indessen C. T. R. Wilson gelungen, die Wege der einzelnen  $\beta$ -Strahlen in einem Gase sichtbar

---

<sup>1)</sup> Durch ein elektrisches Feld können die im Ionisierungsbereich gebildeten Ionen aus demselben herausgezogen werden.



zu machen, indem er durch die von einem  $\beta$ -Teilchen längs seines Weges gebildeten Ionen Wasserdampf als Tröpfchen kondensieren ließ. Es geschah diese Kondensation in Form von Streifen, welche die Bahnen der  $\beta$ -Teilchen anzeigen, wie es ihrer korpuskularen Natur entspricht.

Daß die  $\beta$ -Teilchen negative Ladung mit sich führen, läßt sich auf mannigfache Weise zeigen. Man kann z. B. die  $\beta$ -Strahlen eines Radiumpräparates auf einer Metallplatte auffangen, welche mit einer dünnen isolierenden Paraffinschicht bedeckt ist. Durch eine solche gehen die  $\beta$ -Strahlen hindurch und die sie auffangende Platte zeigt mit einem Elektroskop verbunden negative Ladung an. Die Paraffinschicht ist notwendig, um die entladende Wirkung der umgebenden Luft auszuschließen, welche ja durch die  $\beta$ -Strahlen stark ionisiert, d. h. leitend gemacht ist. Die störende Wirkung der umgebenden Luft kann auch vermieden werden, wenn die auffangende Platte in ein sehr hohes Vakuum gebracht wird. Strutt modifizierte diesen Versuch so, daß er ein kleines Radiumpräparat, das in einer dünnen Glasröhre eingeschlossen war, in das Vakuum brachte. Die Wandung der Röhre hatte eine solche Dicke, daß sie die von dem Radiumpräparat ausgehenden  $\alpha$ -Strahlen aufhielt, die  $\beta$ -Strahlen aber hindurch ließ. Da letztere negative Ladung mit sich führen, so wurde eine positive Aufladung des Radiumpräparates beobachtet. Ein kleines Elektroskop, welches an dem Präparat selbst befestigt war, gab dauernd Ausschläge, es war also eine „Radiumuhr“ konstruiert.

Geschwindigkeit und Masse der  $\beta$ -Strahlteilchen sind aus Messungen ihrer magnetischen und elektrischen Ablenkbarkeit berechnet worden. Die Messungen an den  $\beta$ -Strahlen des Radiums haben im besonderen zur Befestigung der Theorie von der Elektronennatur der Kathoden- und  $\beta$ -Strahlen gedient.

Die Geschwindigkeit, welche aus diesen Messungen für die  $\beta$ -Strahlen bestimmt worden ist, ist außerordentlich groß und ist die größte, welche an korpuskulären Strahlen beobachtet worden ist. Bei den einzelnen radioaktiven Substanzen verschieden, nähert sie sich bei einigen bis auf wenige Prozent der Lichtgeschwindigkeit, also dem Werte 300 000 km in der Sekunde.

Dieser sehr hohen Geschwindigkeit verdanken die  $\beta$ -Strahlen ihr großes Durchdringungsvermögen. Während die Kathodenstrahlen nur Schichten von einigen hunderteln Millimetern zu durchdringen vermögen, läßt sich die Wirkung der  $\beta$ -Strahlen durch einige Milli-

meter Metall hindurch nachweisen. Dabei ist der Absorptionsvorgang bei den  $\beta$ -Strahlen ein anderer als bei den  $\alpha$ -Strahlen. Während bei den letzteren alle Strahlen bis zu einer bestimmten Tiefe in die Körper eindringen, um dann plötzlich aufgehalten zu werden, findet bei den  $\beta$ -Strahlen eine allmähliche Abnahme ihrer Intensität statt. Die Grenze, bis zu der sich die Wirkung der  $\beta$ -Strahlen nachweisen läßt, ist darum keine scharfe und hängt von der Empfindlichkeit der Apparate ab. Dies gilt auch für die Absorption der  $\beta$ -Strahlen in Luft. Die in der Luft von den Strahlen abgegebene Energie wird ja zur Ionisierung der Luft verbraucht. Um ein  $\alpha$ -Strahlenpräparat ist also die Luft um das Präparat herum bis zu einer bestimmten Entfernung ionisiert, außerhalb dieses Bereiches ist gar keine Wirkung vorhanden. Die Ionisation in der Umgebung eines  $\beta$ -Strahlenpräparates (wie es z. B. durch Abblenden der  $\alpha$ -Strahlen durch ein dünnes Glimmerblatt erhalten werden kann) nimmt allmählich mit der Entfernung ab und läßt sich bei starken Präparaten bis auf viele Meter nachweisen.

Was die Stärke der Ionisierung betrifft, welche die  $\beta$ -Strahlen in Luft hervorrufen, so ist diese nur einige Prozent von derjenigen, welche durch  $\alpha$ -Strahlen erzeugt wird. Es liegt dies an der geringeren Energie der  $\beta$ -Teilchen, welche gleichfalls nur einige Prozent derjenigen der  $\alpha$ -Teilchen beträgt. Da ferner die Wirkung der  $\alpha$ -Strahlen sich auf ein kleines Volumen beschränkt, die  $\beta$ -Strahlen sich dagegen verhältnismäßig sehr weit ausbreiten, so ist die von den  $\beta$ -Strahlen pro Kubikzentimeter erhaltene Wirkung noch viel geringer.

Betrachten wir jetzt die  $\gamma$ -Strahlen der radioaktiven Körper, so müssen wir sie in Parallele stellen mit den Röntgenstrahlen. Ihre Natur ist ebenso wie diejenige der Röntgenstrahlen nicht so sicher bekannt wie diejenige der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen. Man neigt indessen allgemein dazu, sie als unregelmäßige Wellenbewegungen des Lichtäthers, sogenannte Ätherimpulse, anzunehmen. Während aber die Röntgenstrahlen zur Aussendung kommen, wenn die Kathodenstrahlen absorbiert werden, kennt man die  $\gamma$ -Strahlen vorzugsweise als Begleiterscheinung bei der Aussendung der  $\beta$ -Strahlen durch den radioaktiven Körper. Ähnlich wie bei den Röntgenstrahlen besteht auch bei den  $\gamma$ -Strahlen ein Parallelismus zwischen dem Durchdringungsvermögen der „Härte“ der  $\gamma$ -Strahlen und der Geschwindigkeit der  $\beta$ -Strahlen, als deren Begleiterscheinung sie auftreten. Während z. B. ein Radiumpräparat schnelle  $\beta$ -Strahlen aus-

sendet und dementsprechend auch harte, sehr durchdringende  $\gamma$ -Strahlen, sind die  $\beta$ -Strahlen und die  $\gamma$ -Strahlen der neueren Mesothorpräparate etwas weniger durchdringend. Im allgemeinen ist aber die Durchdringungsfähigkeit der  $\gamma$ -Strahlen sehr viel mal größer als diejenige der härtesten Röntgenstrahlen. Selbst die dichtesten Körper wie Blei, Platin vermögen sie in erheblichen Dicken zu durchdringen. Dabei nimmt ihre Intensität wie bei den  $\beta$ -Strahlen allmählich ab.

Die ionisierende Wirkung der  $\gamma$ -Strahlen ist noch ungefähr 100mal geringer als diejenige der  $\beta$ -Strahlen. Nach neueren Versuchen ist es sehr wahrscheinlich, daß die  $\gamma$ -Strahlen selbst nicht ionisieren, sondern daß die ganze Ionisation, welche man unter der Wirkung der  $\gamma$ -Strahlen beobachtet, hervorgerufen ist durch Sekundärstrahlen, welche die  $\gamma$ -Strahlen an festen Körpern sowie auch in der Luft selbst hervorrufen. Durch Versuche im Vakuum ist gezeigt worden, daß diese Strahlen den Charakter von  $\beta$ -Strahlen haben. Diese sekundären  $\beta$ -Strahlen bringen dann die Ionisierung in der Luft hervor. Auch für die physiologischen Wirkungen der  $\gamma$ -Strahlen werden die sekundären  $\beta$ -Strahlen, insbesondere diejenigen, welche an dichteren Körpern, z. B. den Knochen, entstehen, verantwortlich zu machen sein.

## Radioaktivität und Anionenbehandlung.

Von **Dr. P. Steffens**, Freiburg i. B.

Der Einfluß des Wetters auf Rheumatische und Nervöse im allgemeinen, sowie die Tatsache, daß derartige Kranke sehr häufig einen Witterungswechsel schon „vorherempfinden“, und endlich die Heilkraft der „Wildbäder“, das alles sind Dinge, die — im Volke seit unvordenklichen Zeiten bekannt — von der „Wissenschaft“ früher meist geleugnet, bzw. auf ein zufälliges Zusammentreffen oder auf „Suggestion“ zurückgeführt wurden.

Während nun über den letzten Punkt, die Heilkraft der Wildbäder, seit der Entdeckung des Radiums und seiner Umwandlungsprodukte zahlreiche Untersuchungen veröffentlicht sind und heutzutage das Schlagwort „Radioaktivität“ den meisten als eine genügende Erklärung der genannten Wirkung der Wildbäder erscheint, finden wir bis zum Jahre 1910 in der Literatur kaum andeutungsweise einen Versuch, den obengenannten Einfluß des Wetters auf Rheumatische und Nervöse wissenschaftlich zu begründen. Erst das letztverflossene Jahr (1910) brachte außer meiner ersten Veröffentlichung<sup>1)</sup> über „Witterungswechsel und Rheumatismus“ noch zwei weitere Arbeiten von Grabley<sup>2)</sup> und Farkas<sup>3)</sup>, die von verschiedenen Gesichtspunkten aus an die Bearbeitung desselben Themas herangetreten waren.

Die genannten Arbeiten stimmen sowohl bezüglich der klinischen Beobachtungen genau überein, wie auch in dem Ergebnis, daß die atmosphärische Elektrizität, bzw. die Radioaktivität oder Ionisierung

<sup>1)</sup> P. Steffens, Witterungswechsel und Rheumatismus. Zugleich ein Beitrag zur Erklärung der Wirkung radioaktiver Bäder. Anhang: Beschreibung einer einfachen Einrichtung zur Anionenbehandlung. Vortrag, gehalten im „Verein Freiburger Ärzte“ am 18. März 1910. (Sonderabdruck aus dem „Archiv für physikalische Medizin und med. Technik.“ Verlag von O. Nemann, Leipzig 1910.)

<sup>2)</sup> Grabley, Über den wechselnden Gehalt der Atmosphäre an Radiumemanation. Ein Beitrag zur Erklärung klimatischer Einflüsse auf biologische Vorgänge. Zeitschrift f. klin. Medizin, Bd. 71, 1910, S. 338.

<sup>3)</sup> M. Farkas, Das Wetterfühlen. Vortrag, gehalten am VI. Balneologenkongreß in Salzburg, Oktober 1910. Zeitschrift f. physikal. und diätetische Therapie, Bd. 15, 1911, S. 65.

der Luft als ausschlaggebender Faktor bei den hier in Betracht kommenden Erscheinungen zu betrachten ist. Während nun Farkas mit diesem Ergebnis einer langen Reihe klinischer Beobachtungen sich begnügt, kommen Grabley und ich bezüglich der Frage, in welcher Weise die Aktivität der Luft auf den Menschen einwirkt, zu etwas verschiedenen Resultaten <sup>1)</sup>.

Da nach meinen Untersuchungen ein enger Zusammenhang zu bestehen scheint zwischen den Faktoren, die bei Witterungswechsel in der Luft auf den Menschen einwirken, und den Kräften, die in den radioaktiven Bädern wirksam sind, so möchte ich über diese Untersuchungen im folgenden einen Überblick geben und im Anschluß daran über die aus denselben hervorgegangene „Anionenbehandlung“ kurz berichten.

Die meinen Ausführungen zugrunde liegenden Beobachtungen, die ich hauptsächlich an mir selbst <sup>2)</sup> zu machen Gelegenheit hatte, stimmen übrigens vollkommen überein mit denen der Mehrzahl meiner Patienten, sowie auch mit denen, die bisher in der Literatur niedergelegt und von Farkas gesammelt sind.

Unsere Erfahrung lehrt also, daß rheumatische Schmerzen nicht nur im allgemeinen mit dem gerade herrschenden Wetter zusammenhängen, insofern als dieselben bei naßkaltem oder nebligem Wetter sich stärker bemerkbar machen, sondern daß man häufig aus einem Stärkerwerden oder Wiederauftreten der Schmerzen einen bevorstehenden Wechsel der Witterung mit einer gewissen Sicherheit voraussagen kann.

<sup>1)</sup> Grabley, welcher den wechselnden Gehalt der Atmosphäre an Radiumemanation bestimmte und an den „kritischen Tagen“ (mit Anfällen) einer Reihe von (10) Patienten relativ hohe Aktivierungszahlen fand, gelangte daraus zu der Annahme, „daß derartige Krankheitskrisen und sphärische Radiumemanation in Wechselwirkung stehen“. Sodann machte Grabley folgenden experimentellen Versuch: Von der Annahme ausgehend, daß sich auf negativ geladenen Körpern radioaktive Substanzen niederschlagen, lud er mittels einer Influenzmaschine die Versuchsperson  $\frac{1}{2}$  Stunde auf genügend isoliertem Sitz bei 5000 Volt negativer Spannung. Danach beobachtete er „bei vielen besonders sensibeln Personen, daß sich im Anschluß an die Sitzung Unruhe einstellte, oft gefolgt von Herzpalpitationen und anderen vasomotorischen Störungen“ usw. Aus diesen Versuchen zog Grabley den Schluß, „daß die induzierte Radioaktivität auf Körper negativen Potentials die Causa movens bestimmter klimatischer Einflüsse ist“.

<sup>2)</sup> Verf. hat nach einem vor mehreren Jahren überstandenen Gelenkrheumatismus eine rheumatische Disposition zurückbehalten und hat die beschriebenen Beobachtungen (soweit sie sich auf Rheumatische beziehen) sämtlich an eigenen Körper gemacht.

Beobachten wir im einzelnen, welche meteorologischen Faktoren wohl einen Einfluß in dieser Beziehung ausüben können, so sehen wir zunächst, daß die genannten Beschwerden unabhängig sind vom Stande des Barometers und ebenso unabhängig von der Windrichtung. Auch die Temperatur allein kann nicht von maßgebendem Einfluß sein; denn obwohl im Winter im allgemeinen rheumatische Beschwerden zahlreicher auftreten als im Sommer, sind dieselben auf hohen Bergen, wenn wir uns bei klarem, heiterem Wetter im Schnee befinden, trotz  $10^{\circ}$  Kälte weniger zu fürchten, als in der dunstigen Stadt bei einer Temperatur von  $3^{\circ}$  über Null. Es bliebe also der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, welchem, wie schon erwähnt, eine wesentliche Bedeutung zuzukommen scheint. Daß aber der höhere oder geringere Grad der Luftfeuchtigkeit allein ausschlaggebend sei für den Einfluß des Wetters auf Rheumatische und Nervöse, dem widerspricht die Beobachtung, daß wir oft im Sommer, wenn nach schwüler Hitze die Luft durch einen starken Regen „erfrischt“ wird, wobei das Hygrometer nahezu 100% Feuchtigkeit anzeigt, von unseren rheumatischen Beschwerden fast gar nichts empfinden, während sich die letzteren an anderen Tagen bei einer Feuchtigkeit von vielleicht nur 80—85% auf das unangenehmste bemerkbar machen. Solche mehr oberflächlichen meteorologischen Beobachtungen sind also für die Lösung unserer Frage nicht ausreichend.

Eine andere Richtung gab meinen Untersuchungen die Überlegung, welche Faktoren es wohl sein mögen, die beim Gebrauch der Wildbäder auf dieselben rheumatischen Erkrankungen einen so heilsamen Einfluß ausüben, wie ich ihn selbst auch am eigenen Körper erprobt hatte. Daß die heilkräftige Wirkung der Wildbäder ihrer „Radioaktivität“ zuzuschreiben ist, wird ja wohl jetzt allgemein anerkannt. Aber wie hat man sich die Art dieser Wirkung vorzustellen? Radium selbst ist in den Bädern nicht enthalten, wohl aber Radiumemanation und deren Abkömmlinge: Radium A, B, C usw. Alle diese „radioaktiven“ Substanzen senden Strahlen aus, welche sich außer durch ihre verschiedene Durchdringungsfähigkeit usw. namentlich auch durch ihre verschiedene elektrische Ladung unterscheiden. Radiumemanation sendet bekanntlich nur  $\alpha$ -Strahlen aus, welche eine positiv elektrische Ladung aufweisen; aber alle anderen, durch längere Berührung mit der Emanation radioaktiv gewordenen Substanzen, auf denen man die oben genannten Umwandlungsprodukte, Radium A, B, C usw., als Niederschlag nach-

weisen kann, senden außer  $\alpha$ -Strahlen auch die durchdringenden, negativ elektrischen  $\beta$ -Strahlen aus.

Es ist also klar, daß wir uns beim Gebrauch der Wildbäder in einem Medium befinden, welches  $\alpha$ -Strahlen und  $\beta$ -Strahlen, oder, wie wir in diesem Falle auch sagen können, freie positive und negative Ionen weit reichlicher enthält, als die uns gewöhnlich umgebende Atmosphäre, in welcher ja ebenfalls nachweisbar freie positive und negative Ionen enthalten sind.

Ein solcher Gedankengang führte von selbst zu der Frage, ob es nicht die Lufterlektrizität ist, deren wechselndes Verhalten bei den verschiedenen klimatischen Veränderungen auf den menschlichen Körper einwirkt, ob nicht unser körperliches Wohlbefinden zum Teil auch von dem Vorhandensein einer bestimmten Menge positiver oder negativer Ionen in der Umgebung, oder auch von dem relativen Verhältnis derselben zueinander abhängig ist.

Ob den positiven Ionen, bzw.  $\alpha$ -Strahlen, oder den negativen Ionen, bzw.  $\beta$ -Strahlen, ein größerer physiologischer Einfluß auf unseren Körper zuzuschreiben ist, diese Frage läßt sich ohne eingehende Untersuchung nicht entscheiden; obgleich der Umstand besonders zugunsten der negativen Ionen spricht, daß nämlich die Durchdringungsfähigkeit der mit einem Stoffrest beladenen positiven Ionen, bzw. der von der Radiumemanation ausgehenden  $\alpha$ -Strahlen, eine so geringe ist, daß diese Strahlen nicht imstande sind, die menschliche Haut zu durchdringen. Da nun in den radioaktiven Bädern auch eine Reizwirkung auf die Haut nicht in nennenswertem Maße zustande kommt, so dürfen wir wohl den  $\alpha$ -Strahlen, trotzdem sie an Zahl den  $\beta$ -Strahlen ganz bedeutend überlegen sind, doch nur eine geringere physiologische Wirksamkeit zuschreiben, als den weniger zahlreichen, aber penetrationskräftigen negativen Ionen.

Untersuchen wir nun an der Hand der einschlägigen meteorologischen Literatur<sup>1)</sup> die Art der Ionisierung der Luft unter den verschiedenen klimatischen, bzw. meteorologischen Bedingungen, so sehen wir zunächst, daß die Gesamtzahl der in der Luft befindlichen freien Ionen, der positiven und negativen, wechselt, so daß dieselbe z. B. bei trockener Luft und bei Sonnenbestrahlung eine bedeutend

<sup>1)</sup> Die Bezeichnung der in Betracht kommenden meteorologischen Arbeiten verdanke ich in erster Linie unserem bekannten Physiker, Herrn Prof. Himstedt. Unter diesen Arbeiten gewähren den besten Überblick über den Ionengehalt der Luft einige Schriften von Gockel, denen ich die im folgenden angeführten Befunde entnommen habe.

höhere ist, als bei feuchtem und trübem Wetter. Aber nicht allein die Gesamtzahl, sondern auch das gegenseitige Verhältnis der Zahl der negativen und der positiven Ionen ändert sich zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen klimatischen Bedingungen.

In dieser Beziehung ergeben die meteorologischen Untersuchungen, daß der Gehalt der Luft an negativen Ionen, sowohl im absoluten Maße, wie besonders auch im relativen Verhältnis zur Zahl der positiven Ionen, in den Monaten Juni bis Oktober ein bedeutend höherer ist, als in den Monaten November bis Mai. „Es rührt dies davon her, daß durch die winterliche Dunstbildung der Gehalt an negativen Ionen stärker verringert wird, als der an positiven. Ähnliche Verhältnisse walten auch ob in der täglichen Periode.“ Bezüglich des letzten Punktes sehen wir, daß „die Zahl der Ionen, speziell der negativen, rasch wächst, wenn der Tau und die morgens über dem Boden lagernden Dunstschichten verschwinden“. Bei Berücksichtigung der relativen Feuchtigkeit ergab sich das gleiche Verhältnis: „Der Ionengehalt, speziell der an negativen Ionen, nimmt mit zunehmender relativer Feuchtigkeit ab.“

Verwenden wir diese Beobachtungen im Hinblick auf unser Thema, so ergeben sich folgende Parallelen: In den Monaten Juni bis Oktober: größere Wärme, weniger Dunst und Nebel, stärkere Ionisierung der Luft (wobei die Anzahl der negativen Ionen schneller wächst, als die der positiven), geringeres Auftreten rheumatischer Beschwerden. In den Monaten November bis Mai: niedrigere Temperatur, gesteigerte Dunstbildung, verminderte Anzahl der Ionen, besonders der negativen, häufigeres Auftreten rheumatischer Beschwerden. Im kleinen findet sich ein ähnlicher Wechsel an einzelnen Tagen, an welchen, besonders im Herbst und Frühjahr, die kühlere und feuchtere Morgen- und Abendluft, und besonders die am Abend auftretende Dunstbildung in wiesenreichen Tälern sich bei Rheumatischen deutlich fühlbar macht.

Eine solche Zusammenstellung scheint nun darauf hinzuweisen, daß doch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, vielleicht in Verbindung mit höherer oder niedrigerer Temperatur, der ausschlaggebende Faktor sei, und unser oben erhobener Einwand bezüglich der Regentage scheint ebenso unerklärt, wie die Heranziehung der Luftionisierung unnötig.

Daß die letztere aber doch nötig und allein geeignet ist, den scheinbaren Widerspruch zu lösen, erfahren wir wiederum aus den Untersuchungen Goekels, welcher anführt: Bei obigen Angaben



über den Zusammenhang des Ionengehaltes mit der relativen Feuchtigkeit sind „ausgeschlossen die Tage mit Niederschlägen. Während des Fallens von solchen kann man, wie sich später zeigen wird, auch bei einer relativen Feuchtigkeit von 100 % recht hohe Werte des Ionengehalts beobachten“. Später führt Gockel darauf bezüglich an: Es „läßt sich konstatieren, daß sich beim Beginn starker Platzregen die Zahl der Ionen, und zwar vorzugsweise der negativen, verdoppelt oder verdreifacht, während bei sehr schwachem Regen, dem sogenannten Nebelrieseln, diese Erscheinung nicht beobachtet wurde“.

In diesem Befunde haben wir also die Erklärung für die oben angeführte Tatsache, daß rheumatische Beschwerden an vielen Sommertagen bei starkem Regen, trotz hohen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft, nicht nur nicht schlimmer werden, sondern sogar sich bedeutend weniger bemerkbar machen, als an nebligen Tagen bei weit geringerer Luftfeuchtigkeit.

Das Gegenstück dazu finden wir beim Föhn, wo trotz warmer, trockener und auffallend klarer Luft und trotz des hierbei konstatierten ebenfalls sehr hohen Ionengehaltes der Luft, rheumatische und ganz besonders nervöse Störungen bei den dazu disponierten Menschen in hohem Maße auftreten. Die Erklärung dafür findet sich in der Beobachtung unseres Gewährsmannes, daß infolge des Föhns „die im Laufe jedes Tages stattfindende Vermehrung der Ionen, wenigstens bezüglich der positiven, einen höheren Wert als sonst annahm“.

Das Resultat unserer Vergleiche läßt sich nunmehr dahin zusammenfassen, daß wir eine vollkommene Übereinstimmung finden zwischen dem Auftreten bzw. Stärkerwerden rheumatischer, gichtischer und gewisser nervöser Beschwerden mit dem Heruntergehen der Ionenzahl in der Luft, speziell mit dem Mangel an negativen Ionen einerseits, und zwischen einem Nachlassen der genannten Beschwerden mit höherer Ionisierung, speziell mit Vermehrung der negativen Ionen andererseits. Ein ungewöhnlich hohes Überwiegen der positiven Ionen (beim Föhn) hat denselben nachteiligen Einfluß, wie eine Verminderung der negativen Ionen.

Finden wir nun in den angeführten Veränderungen der Ionisierung der Luft eine vollständige Erklärung für die eingangs erwähnten dunkeln Wechselbeziehungen zwischen Witterungswechsel und dem Befinden von Rheumatischen, Gichtischen und manchen Nervösen, so liegt es nahe, diese Erfahrungen auch zur Erklärung

der Wirkung radioaktiver Bäder heranzuziehen. Die aus unseren Zusammenstellungen sich ergebende Wichtigkeit der negativen Ionen in der Luft steht in völliger Übereinstimmung mit den oben angeführten theoretischen Erwägungen, nach welchen es wahrscheinlich sei, daß die negativen Ionen bzw.  $\beta$ -Strahlen der radioaktiven Bäder einen größeren physiologischen Einfluß auf den menschlichen Organismus ausüben würden, als die positiven Ionen bzw.  $\alpha$ -Strahlen. Die Heilwirkung radioaktiver Bäder könnten wir also, wenigstens zum Teil, damit erklären, daß in einem Medium, das an Ionen weit reicher ist als die Atmosphäre, ein Teil der negativen Ionen, der  $\beta$ -Strahlen, Gelegenheit hat, in den Körper einzudringen und dort eine Heilwirkung auszuüben.

Das Resultat dieser Untersuchungen legte es nun nahe, die angenommene Heilwirkung der negativen Ionen gewissermaßen auf experimentellem Wege zu prüfen und zu diesem Zweck einen Strom freier negativer Ionen in einem geeigneten Fall zur therapeutischen Verwendung zu bringen. Wir benutzen dazu ein Verfahren, welches es gestattet, die von dem Induktorium eines Röntgenapparates, und zwar von dem negativen Pol desselben, gelieferten Hochspannungsströme in eine geeignete Form umzuwandeln und diese sodann mittelst Spitzenelektroden in Form des elektrischen Windes, oder vermittels der Kondensatorelektrode als Funkenbehandlung zur Anwendung zu bringen.

Mit dem genannten Verfahren, für welches ich die Bezeichnung „Anionenbehandlung“<sup>1)</sup> gewählt habe, wurden zunächst Patienten mit rheumatischen und nervösen Erkrankungen behandelt, später wurden dann auch Fälle von Herz- und Gefäßerkrankungen, sowie auch von gichtischen Gelenkaffektionen herangezogen<sup>2)</sup>.

In allen diesen Fällen entsprach die Anionenbehandlung den auf die Wirksamkeit der negativen Ionen gesetzten Erwartungen.

---

<sup>1)</sup> P. Steffens, Über Anionenbehandlung. Therapeutische Monatshefte, 1911, Heft 5, S. 272.

<sup>2)</sup> Die Behandlungen sind ausgeführt in meinem „Institut für physikalische Therapie und Röntgeninstitut“ in Freiburg i. B. — Näheres über das Verfahren selbst ist aus meinen oben angeführten Veröffentlichungen zu ersehen. Bezüglich der „Technik der Behandlung“ möchte ich hier nur noch besonders erwähnen, daß die Patienten dabei vom Erdboden nicht besonders isoliert werden, gerade um ein Aufladen derselben auf eine hohe elektrische Spannung

Bei den Patienten mit Rheumatismus der Muskeln und Gelenke, Ischias und anderen Neuralgien trat (je nach der Schwere der Fälle) Heilung oder wenigstens erhebliche Besserung meist schon nach 4—12 Bestrahlungen ein. In einzelnen dieser Fälle erinnerte eine leichte und schnell wieder vorübergehende Steigerung der Beschwerden bei Beginn der Behandlung an die bekannte „Bäderreaktion“. Die einzigen Fälle, bei denen die Besserung nicht den erwünschten Grad erreichte, betrafen einige ältere Herren, die ihre rheumatischen Beschwerden schon seit Jahrzehnten mit sich herumtrugen, und bei denen auch alle anderen Heilmethoden bisher vergeblich gewesen waren. — Eine Besserung des Schlafes wurde mehrfach beobachtet.

Während wir nun bei den genannten Fällen nichts weiter konstatieren können, als „Besserung“ und eventuell „Heilung“, und infolgedessen mancher geneigt sein wird, diese Erfolge auf „Suggestion“ zurückzuführen, sehen wir bei den weiterhin anzuführenden Fällen auch „objektive Symptome“ der Anioneneinwirkung.

So finden wir bei den auf nervöser Grundlage beruhenden Kreislaufstörungen, bzw. vasomotorischen Neurosen, als besonders bemerkenswerte Erscheinung (außer dem Nachlassen der Beschwerden) eine prompte Herabsetzung des Blutdruckes in den Fällen, in denen derselbe vor der Anionenbehandlung erhöht war, ebenso eine Herabsetzung der gesteigerten Pulsfrequenz, verbunden mit einem Kräftiger- und Gleichmäßigerwerden des Pulses. Als Beleg für diese Tatsachen möchte ich die beiden nebenstehenden Tabellen<sup>1)</sup> anführen.

Bei beiden Patienten (einem 43 jährigen Herrn und einer 52 jährigen Dame) handelt es sich um Fälle von vasomotorischer Neurose, bei denen folgende Beschwerden am meisten hervortraten: Herzklopfen, Herzdruck, Beklemmungen, Kopfschmerzen, Schwindelgefühl und Atemnot. In beiden Fällen beobachten wir mit dem Nachlassen der genannten Beschwerden gleichzeitig ein staffelförmiges Abfallen des Blutdruckes von 132 bzw. 136 mm Hg (nach Riva-

---

zu vermeiden. Durch solches Aufladen der Patienten auf eine Spannung von mehreren Tausend Volt während längerer Zeit werden m. E. die physiologischen Bedingungen, unter denen der Körper sich sonst befindet, zu stark verändert, so daß eventuell später eintretende nervöse Störungen auf eine solche Methode der Behandlung zurückgeführt werden können.

<sup>1)</sup> Entspr. Tabelle I und III meiner Arbeit „Über Anionenbehandlung“, in welcher nähere Angaben über diese Fälle enthalten sind.

Rocci) bei Beginn der Anionenbehandlung auf die normale Höhe von ca. 120—122 mm Hg. Der erstgenannte Patient hatte nach sieben Bestrahlungen gar keine Beschwerden mehr, erhielt (zur Sicherung des Erfolges) noch weitere fünf Bestrahlungen und wurde, bei andauernd gutem Befinden, als „geheilt“ entlassen. Bei der letztgenannten Patientin verschwanden die Beschwerden im Laufe der Behandlung (elf Anionenbestrahlungen) ebenfalls bis auf Kopfdruck und Ohrensausen (welche letzteren schon seit 15 Jahren bestanden). Eine längere Fortsetzung der Behandlung war wegen Abreise der Patientin nicht möglich.

Tabelle I.

Datum (1910)	Dauer der Bestrahlung	Blutdruck		Puls	
		vorher	nachher	vorher	nachher
4. VII.	6 Min.	132	126	60	56
5. "	8 "	128	124	60	60
6. "	10 "	126	124	56	56
7. "	10 "	140 <sup>1)</sup>	136	76	68
8. "	10 "	132 <sup>1)</sup>	128	72	60
9. "	10 "	126	122	68	60
11. "	5 "	120	117	60	56
12. "	5 "	128	126	60	60
13. "	5 "	120	118	60	60
14. "	5 "	130 <sup>1)</sup>	127	68	66
15. "	5 "	130 <sup>1)</sup>	126	60	60
16. "	5 "	124	120	66	60

Tabelle II.

Datum (1910)	Dauer der Bestrahlung	Blutdruck		Puls	
		vorher	nachher	vorher	nachher
7. X.	6 Min.	—	—	—	—
8. "	6 "	136	132	88	84
10. "	8 "	132	126	96	90
11. "	10 "	128	124	96	90
12. "	10 "	128	124	96	84
13. "	10 "	126	124	90	84
14. "	10 "	126	124	90	84
15. "	10 "	126	124	96	88
17. "	10 "	124	124	96	96
19. "	10 "	122	122	90	84
21. "	10 "	122	122	90	84

<sup>1)</sup> Der am 7., 8., 14. und 15. VII. auffallend hohe Blutdruck vor Beginn der Behandlung war eine Folge beruflicher Aufregung.

Während bei den genannten Fällen die Anionenbestrahlung in Form des „elektrischen Windes“ stattfand, bedienen wir uns der „Funkenbehandlung“ (mittels der Kondensatorelektrode) bei Fällen von Erfrierung der Hände sowie bei gichtischen Gelenkerkrankungen. Auch hier gestatten objektive Symptome eine genaue Kritik der Erfolge. Bei einem Patienten mit „roten Händen“ schwand die tief zyanotische Färbung sowie die leichte Schwellung derselben; eine größere Wärme infolge der verbesserten Blutzirkulation war nachweisbar, und das verringerte Tastgefühl der Finger wurde wieder normal. Bei einem Fall von akut entzündlicher Anschwellung durch Gicht (am Handgelenk) gelang es, durch die Anionenbestrahlung mittels der Kondensatorelektrode die frische Anschwellung durch dreimalige Behandlung vollständig zum Schwinden zu bringen. Bei diesem Patienten, sowie in mehreren anderen Fällen von heftigen akuten Gelenkschmerzen bei Gichtikern, die ohne nachweisbare Schwellung auftraten, wurden die Schmerzen durch ein- oder mehrmalige Bestrahlung sofort und dauernd beseitigt.

Außer diesen schon früher (a. a. O.) beschriebenen Fällen möchte ich hier noch über einen weiteren Fall berichten, welcher aus mehreren Gründen bemerkenswert erscheint.

Herr O. S., 45 jähriger Kaufmann, leidet seit 15 Jahren an häufigen Gichtanfällen, die ihn oft wochenlang ans Bett fesseln. Jetzt wieder ein heftiger Anfall (im rechten Fuß), der, wie Patient glaubt, ihn wieder „mindestens drei Wochen“ bettlägerig machen wird.

1. Juni: Patient, dem von seinem Hausarzt „Anionenbehandlung“ empfohlen ist, wird hergefahren. Nur mit Hilfe eines Dieners und mit Krückstock ist es ihm möglich, sich vorwärts zu bewegen. Auftreten auf den Fuß unmöglich. Objektiver Befund: Rechter Fuß: Großzehengelenke dick geschwollen und gerötet; ebenso ist die ganze Fußwurzel, besonders an der inneren Seite, dick geschwollen, leicht gerötet und enorm schmerzhaft. Anionenbehandlung: Funkenbehandlung mittels der Kondensatorelektrode drei Minuten.

2. Juni: Nach der gestrigen Bestrahlung wurden die Schmerzen zuerst etwas schlimmer, ließen dann (nach 1—2 Stunden) nach, und hörten in der großen Zehe vollständig auf. Heute viel geringere Schmerzen an den behandelten Stellen; dagegen starke Schmerzen am anderen Fuß (links), der jetzt ebenfalls an den Großzehen- und

**Fußwurzelgelenken leichte Schwellung und starke Druckempfindlichkeit zeigt. Außerdem klagt Patient über Schmerzen an der linken Hand. Es findet sich daselbst ein erbsengroßes, hartes, schmerzhaftes Knötchen, verbunden mit typischer Dupuytrenscher Kontraktur (am vierten Finger der linken Hand).**

Das beschriebene Knötchen befindet sich über der Beugesehne des vierten Fingers in der Gegend des Metakarpophalangealgelenkes und steht mit einer wulstförmigen Verdickung — dem Sehnenverlauf entsprechend — in Zusammenhang. Die darüberliegende Haut ist etwas verschieblich, von normaler Färbung, und zeigt keine Spur von Narben. Der vierte Finger ist hakenförmig (halbkreisförmig) gekrümmt und läßt sich aktiv gar nicht, passiv nur wenig und unter Schmerzen strecken. Beugung des Fingers ist unbehindert möglich. Die beginnende Kontraktur des Fingers hat Patient vor drei Monaten bemerkt; dieselbe ist dann nach und nach immer stärker geworden. Schmerzen sind jetzt erst in dem Knoten aufgetreten.

Heftige Schmerzen treten auf beim passiven Strecken des Fingers und besonders bei Druck auf den Knoten. Wegen Verdacht auf gichtische Ursache der Knotenbildung wird beschlossen, den Knoten ebenfalls der Anionenbestrahlung zu unterziehen. Anionenbehandlung (mit Kondensatorelektrode): Beide Füße (zusammen) zehn Minuten, Knoten in der linken Hand zwei Minuten.

7. Juni: (nach zweimaliger Bestrahlung und viertägiger Pause): Patient kommt ohne Wagen und ohne Krücke, nur auf zwei Stöcke gestützt. Schwellung der Füße fast ganz verschwunden. Schmerzen nur noch sehr gering. Der vierte Finger der linken Hand, der vor der Bestrahlung am 2. VI. halbkreisförmig gekrümmt war, kann aktiv etwas, passiv fast ganz gestreckt werden. Dabei nur wenig Schmerzen. Der Knoten in der Handfläche ist kleiner, weicher und weniger schmerzhaft. Anionenbestrahlung: Beide Füße (zusammen) neun Minuten, Hand zwei Minuten.

8. Juni: Patient kann ohne Stock gehen. Schmerzen wieder geringer. Anionenbehandlung (im ganzen) 13 Minuten.

Nach vier weiteren Behandlungen, die mit eintägigen Zwischenpausen, je 10—12 Minuten lang, erfolgen, „vergißt“ Patient, der wieder täglich in seinem Geschäft tätig ist und viel stehen muß, daß er zur Behandlung kommen sollte. Nach weiteren zwei (also im ganzen zehn) Bestrahlungen gibt Patient als „beschwerdefrei“ die Behandlung auf. Der Knoten in der linken Handfläche ist nur bei stärkerem Druck noch etwas empfindlich. Die volle Streckung

des Fingers ist noch nicht möglich; jedoch ist der Finger wieder gebrauchsfähig<sup>1)</sup>.

Ich habe diesen Fall etwas ausführlicher geschildert, da aus demselben einerseits ersichtlich ist, daß ein außerordentlich heftiger akuter Gichtanfall ein dankbares Objekt für die Anionenbehandlung (mit der Kondensatorelektrode) bilden kann, und da ferner dieser Fall geeignet ist, über die Ätiologie mancher Fälle von Dupuytrenscher Kontraktur Aufklärung zu bringen und damit auch der Therapie die richtigen Bahnen zu weisen. Aus dem ganzen Krankheitsbilde und aus dem prompten Erfolg der „Anionenbestrahlung“ scheint es mir zweifellos hervorzugehen, daß in diesem Falle eine gichtische Affektion (mit Knotenbildung) zu dem Bilde der Dupuytrenschen Kontraktur geführt hat, und ich glaube, daß, wie in diesem Falle, auch in ähnlichen Fällen eine anti-gichtische Behandlung von Erfolg sein wird.

Bezüglich der zuletzt geschilderten Fälle könnte nun der Einwand erhoben werden, daß es nicht die Wirkung der „negativen Ionen“, sondern die Wirkung des gleichzeitig stattfindenden starken Hautreizes gewesen sei, dem die zum Teil auffallend schnelle Heilwirkung zu verdanken war. Wenn wir jedoch die ungleich größere Wirkung ins Auge fassen, die der Anionenbestrahlung gegenüber der Hochfrequenzentladung bei der Arsonvalisation<sup>2)</sup> zukommt, so wird es uns nicht zweifelhaft erscheinen, daß es der spezifische Charakter der von einem geeigneten Instrumentarium<sup>3)</sup> gelieferten „Anionen“ ist, dem wir diese gesteigerte Wirkung zu verdanken haben.

Nachdem wir somit bei der Anwendung eines Stromes frisch erzeugter freier negativer Ionen (in Form der „Anionenbehandlung“) in zahlreichen Fällen vollen therapeutischen Erfolg erzielt haben, können

<sup>1)</sup> Nachtrag bei der Korrektur (30. Juli): Vor einigen Tagen traf ich den Patienten, welcher mir seine linke Hand zeigte. Die Kontraktur ist vollständig verschwunden. Keine Schmerzen beim Strecken des Fingers, auch nicht bei Druck auf den Knoten, der kaum noch als solcher zu erkennen ist.

<sup>2)</sup> Bei der Arsonvalisation haben wir Wechselstromentladungen, bei welchen — im Gegensatz zur Anionenausstrahlung — die positiven Ionen in der Nähe überwiegen.

<sup>3)</sup> Näheres über das Instrumentarium zur Anionenbehandlung ist aus meinen oben angeführten Veröffentlichungen zu ersehen. Die zum Anschluß an ein geeignetes Röntgeninduktorium passenden Zusatzinstrumente (Kapazität und Elektroden), sowie ein komplettes „Spezialinstrumentarium zur Anionenbehandlung“ werden von den „Veifawerken“ (Frankfurt a. M.-Bockenheim) hergestellt.

wir diesen als eine Bestätigung ansehen für die Annahme, daß es die freien negativen Ionen sind, welche sowohl in der Atmosphäre, wie in den radioaktiven Bädern und bei der Anionenbehandlung bei den hier in Frage kommenden Krankheitszuständen von maßgebendem Einflusse sind.

Es ist dies dieselbe Folgerung, welche ich (bezüglich der radioaktiven Bäder) am Schluß meiner ersten Veröffentlichung in folgender Hypothese niederlegte:

„Die heilkräftige Wirkung der radioaktiven Bäder beruht (wenigstens zum Teil) auf ihrem Reichtum an negativen Ionen, den  $\beta$ -Strahlen<sup>1)</sup>.“

---

<sup>1)</sup> Während ich die im vorstehenden geschilderten Untersuchungen begann und fortführte, sprach man noch nicht von dem Einfluß der Emanation auf die Löslichkeit des Mononatriumurates. Diese Wirkung der Emanation wurde zuerst von Gudzent nachgewiesen, welcher weiterhin feststellte, daß der hierbei wirksame Faktor in dem Umwandlungsprodukt der Emanation, dem „Radium D“, zu suchen sei. Dieses Radium D entsteht aus der in den Körper bzw. in den Blut- oder Lymphstrom gelangten Emanation, indem es sich als „Niederschlag“ in den Geweben des Körpers absetzt. Da die „Halbwertperiode“ des Radium D nach Rutherford ca. 40 Jahre, nach neueren Untersuchungen 16 Jahre beträgt, läßt sich dadurch die „Nachwirkung“ einer Kur mit radioaktiven Bädern oder einer Inhalations- oder Trinkkur leicht erklären.

Nach den Untersuchungen von Gudzent wirkt das Radium D chemisch, indem es das Mononatriumurat bis zu Kohlensäure und Ammoniak zersetzt. Nun ist aber durch neuere Forschungen (Dr. Hahn) nachgewiesen, daß Radium D, bei dem man früher eine Aussendung von Strahlen nicht hatte konstatieren können, auch negativ elektrische  $\beta$ -Strahlen aussendet. Wenn wir also durch die chemische Wirkung des Radium D seine Wirkung auf den „Gichtiker“, d. h. einen Purinstoffwechselkranken, erklären können, so können wir seine physikalische Eigenschaft, die Aussendung freier negativer Ionen, für die Erklärung der Wirkung auf den „Rheumatiker“ verwenden, bei dem eine Störung des Purinstoffwechsels (wenigstens durch die bisherigen Untersuchungsmethoden) nicht beobachtet werden konnte.



## Referate.

### Internationale Vereinigung für Krebsforschung am 7. und 8. August 1911 in Dresden.

Bericht von Professor Anton Sticker, Berlin.

Auf der Tagung der Internationalen Vereinigung für Krebsforschung sprachen Czerny-Heidelberg und Nahmacher-Dresden über die Radiumbehandlung des Krebses.

Eine gemeinschaftliche Besichtigung der Internationalen Hygiene-Ausstellung unter sachkundiger Führung fand am Nachmittag statt. Auf die zahlreichen Ausstellungsgegenstände, welche sich auf eine allgemeine Radiumtherapie beziehen, kommen wir an anderer Stelle zu sprechen; erwähnt seien in diesem Berichte das von Dr. Nahmacher-Dresden ausgestellte Instrumentarium für die Radiumtherapie und Wandtafeln von demselben, welche die Erfolge mit Radium behandelter Hautkrebsen illustrieren; ferner ebensolche von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall-Berlin in Gemeinschaft mit dem Radium-Institut-Berlin ausgestellte Tafeln; ferner das von der Firma Louis & H. Löwenstein-Berlin ausgestellte Instrumentarium nach Modellen des Radium-Institutes Berlin und die von der Radiogen-Gesellschaft Berlin ausgestellten radioaktiven Fermentpräparate, welche unter dem Namen Karbo-Radiogen vertrieben und bei der nicht-operativen Behandlung bösartiger Geschwülste Verwendung finden.

Czerny stellt in seinem Vortrag über die Therapie des Krebses den Satz voran, daß der erfahrene Arzt zur Erkenntnis kommen müsse, daß das Messer nun und nimmermehr das Alpha und Omega der Krebstherapie sein kann.

Die Hoffnungen, durch frühzeitige Diagnose und frühzeitiges Operieren eine Heilung der Krebskrankheiten herbeizuführen, hätten sich in zahlreichen Fällen als trügerisch und somit die Anwendung anderer Methoden, der Röntgenstrahlen, der Radiumstrahlung, der Fermente, des Serums als notwendig erwiesen.

Die Therapie des Krebses sei eine kombinierte Kunst geworden, welche zwar auch so nicht immer zur Heilung führe, aber doch viel durch Verbesserungen des Krankheitszustandes und durch Hebung des subjektiven Wohlbefindens der Kranken leisten könne.

In der Radiumtherapie erblickt Czerny eine wertvolle Bereicherung der Krebsbehandlung. Unter dem Einflusse des Radiums kommt es zu auffallender guter Vernarbung krebsiger Geschwüre, zur lokalen Erweichung, zum Stillstand und zur Rückbildung von Geschwülsten, zur Hebung des subjektiven Wohlbefindens; vollständige Heilung gehörten bis jetzt zu den Ausnahmen.

Auch von der Chemotherapie des Krebses kann ein gewisser Nutzen erwartet werden.

So sah Czerny nach intravenösen Injektionen von Salvarsan bei Rundzellen- und Spindelzellensarkom sehr gute Erfolge, weniger bei Karzinomen; hier werden nur nach Lokalinjektionen nekrotisierende Wirkungen beobachtet, daher auch bei diffusen und infiltrierenden Formen keine Wirkung.

Auch in der Fulguration, der Diathermie und der Thermokoagulation erblickt Czerny wesentliche Hilfsmethoden zur Behandlung der Krebskrankheiten.

Nahmmacher besprach die Radiumbehandlung des Krebses als Ergänzung der Behandlung bei operablen und als selbständige Behandlungsmethode bei inoperablen Erkrankungen.

Die Röntgen- und Radiumstrahlen vermögen auf tiefe, im Gewebe liegende Geschwulstzellen einzuwirken, ohne wie die chirurgischen Methoden größere Zerstörung von gesundem Gewebe herbeizuführen.

Die Radiotherapie hat die weiteren Vorzüge der vollständigen Schmerzlosigkeit und des Fehlens jeglicher Narbenbildung.

Die Radiummengen, womit Nahmmacher arbeitete, waren 10—20 mg Radiumbromid, die Anwendungsdauer vielfach 5—10 Wochen mit 10—20 stündiger täglicher Einwirkung.

Schon nach einer Woche konnte eine Bindegewebsneubildung in den bestrahlten Geschwülsten festgestellt werden; eine Schädigung der Geschwulstzellen (Vakuolenbildung und Kernzerfall) wurde erst von der zweiten Woche ab beobachtet.

Die elektive Wirkung des Radiums, d. h. die Nichtreaktion des gesunden und die Zerstörung des erkrankten Gewebes, konnte Nahmmacher vielfach histologisch feststellen.

Außer der Bestrahlung wurden Injektionen angewandt. Zu diesen verwandte Nahmmacher nur Radiumbromid, keine Baryumpräparate, weil diese schmerzhaft und vielfach von Schüttelfrösten begleitet waren.

Seit längerer Zeit bestrahlt Nahmmacher jeden Karzinomkranken nach der Operation drei Wochen lang prophylaktisch und sah ausgezeichnete Resultate bezüglich der Rezidivfreiheit.

Nahmmacher stellte sieben Kranke vor, an welchen er die ausgezeichnete Wirkung der Radiumbestrahlung demonstrierte. Zwei Kranke mit Kankroid der Stirn, je einen Kranken mit Kankroid der Wange und des Augenlides, zwei Kranke mit Uteruskarzinom — bei einer Radikaloperierten mit Vaginarezidiv und Darmfistel wurde nach 9 wöchiger Bestrahlung Fistelverschluß und Rückbildung des Tumors erreicht — und endlich eine Kranke mit inoperablem Rektumkarzinom, bei welcher nach Bestrahlung vollständiger Verschluß einer Rektovaginalfistel und eine Gewichtszunahme von 69 Pfund eintrat.

Nahmmacher verlangt auf Grund seiner Erfahrung die Radiumbestrahlung aller chirurgisch behandelten Fälle und erblickt in derselben keine konkurrierende, sondern eine unbedingt notwendige ergänzende Methode der Radikaloperation.

---

**Rutherford, E.,** Radiumnormalmaße und deren Verwendung bei radioaktiven Messungen. (Akadem. Verlagsanstalt, Leipzig 1911.)

Die Frage der „Einheiten“ ist in der Radiumforschung zurzeit in der Entwicklung begriffen. Auf dem letzten Radiumkongreß in Brüssel 1910 ist von Rutherford die Aufstellung eines internationalen Standard für Radiummessung angeregt worden; mit seiner Herstellung ist Frau Curie betraut worden. Es wird hierdurch ein Radiumpräparat von besonderer Reinheit geschaffen werden, mit welchem, direkt oder indirekt, jede radioaktive Substanz verglichen werden

kann. Zurzeit sind die Angaben verschiedener Forscher über die Aktivität der von ihnen benutzten Präparate nicht bedingungslos miteinander zu vergleichen, da sie mit Fehlern bis zu 20% behaftet sein können. Das wird erst durch die Schaffung des „Radiumnormalmaßes“ anders werden.

Noch schwieriger liegen die Verhältnisse für die Schaffung einer „Emanations-einheit“. Auf Anregung des Ref. hat der Kongreß von 1910 beschlossen, eine solche zu statuieren und ihr den Namen „ein Curie“ zu geben, eine Bezeichnung, die auch von Mme. Curie zur Ehrung ihres verstorbenen Gatten angenommen wurde.

Eine zu diesem Zwecke eingesetzte internationale Kommission beschloß ferner, daß mit „ein Curie“ diejenige Emanationsmenge bezeichnet werde, die mit 1 g reinem Radium im Gleichgewicht steht. Da diese Emanationsmenge sehr groß ist, wurde beschlossen, sie durch die Bezeichnungen: Millicurie (=  $\frac{1}{1000}$  Curie) und Mikrocurie (=  $\frac{1}{1000000}$  Curie) zu unterteilen. Nun ist aber sogar das Mikrocurie noch eine viel zu große Emanationsmenge, als daß man damit gut den in den natürlichen Quellen vorkommenden Emanationsgehalt bezeichnen könnte; sie ist nämlich noch erheblich größer als 1000 Macheeinheiten.

Es ist daher sehr zu erwägen, ob für balneologische und biologische Zwecke nicht besser an der Einheit der Milligrammsekunde festzuhalten ist, wie H. W. Schmidt und Ref. es empfohlen haben. Diese Einheit ist ohne weiteres aus dem Curie resp. dem Millicurie abzuleiten (auf Grund der bekannten Konstante  $\lambda$ ), wonach das Millicurie rund 500 000 mal (genauer 463 000 mal) größer ist als die Milligrammsekunde. Letztere ist aber in ihrer Größenordnung der Macheinheit sehr nahe. Nach einer vorläufigen Berechnung habe ich gefunden:

$$1 \text{ Milligrammsekunde} = 2,6 \text{ Macheeinheiten} = 300 \text{ Volt/Stunde.}$$

Eine kurze Bezeichnung der Milligrammsekunde (etwa durch 1 Emanation) wäre vielleicht außerdem zu wünschen.

Abgesehen von diesen Schwierigkeiten ist eine sichere Beziehung des Radiumnormalmaßes zum Strommaß zurzeit noch nicht gefunden, zum Teil wegen der bisherigen Unbeständigkeit der Standardpräparate (Vergleichslösungen) als auch aus mancherlei anderen Gründen. Wir müssen daher vorläufig an den bisherigen „Einheiten“ festhalten (Voltstunde resp. Macheinheit).

Die Annahme einer internationalen Radiumeinheit ist aber eine für den wissenschaftlichen Fortschritt unbedingte Notwendigkeit, besonders auch mit Rücksicht auf die Handelspräparate, bei deren Kauf man auf die Zuverlässigkeit und Glaubwürdigkeit des Darstellers angewiesen ist.

Alle diese Gesichtspunkte erörtert R. in der ihm eigentümlichen klaren, eindringenden und allgemein verständlichen Weise.

Loewenthal (Braunschweig).

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1911

Heft 5

## Meßmethoden der Radioaktivität und ihre Anwendung in der Radiotherapie.

Von Dr. Bennewitz.

### I.

#### 1. Theorie der Meßmethoden.

##### Einleitung.

Der Arzt, der die modernen Heilverfahren der Radioaktivität in seine Praxis einzuführen gedenkt, bedarf, um seine Maßnahmen sachgemäß treffen zu können, einiger Belehrung über das Wesen der hierin gebräuchlichen Meßmethoden. Hierzu mag die folgende Ausführung dienen, die notwendigerweise mit einer kurzen Wiederholung an dieser Stelle bereits behandelter Eigenschaften radioaktiver Substanzen beginnen muß.

##### Radioaktivität. Zerfallstheorie.

Radioaktive Körper sind solche, die sich in einem fortwährenden freiwilligen Atomzerfall befinden. Während bei allen früher bekannten chemischen Umwandlungen das Atom als solches bestehen blieb und sich lediglich zu neuen Atomkomplexen, d. h. Molekülen, verband, sind wir nunmehr gezwungen, auch dem Atom, dem „Unteilbaren“, eine gewisse Teilbarkeit zuzuschreiben, eine Eigenschaft, die bei den radioaktiven Körpern in besonders auffällige Erscheinung tritt. Die Atome des Radiums, von dem hier ausschließlich die Rede sein soll, zerfallen stufenweise in immer neue „Ionenkomplexe“, die wir wieder als Atome anderer chemischer Elemente anzusehen haben.

##### Die Strahlung als Mittel zum Messen.

Beim Zerfall eines Atomkomplexes oder Moleküls, d. h. bei einer chemischen Reaktion, tritt nun immer eine Energiewirkung in Form von Wärmeaufnahme oder -abgabe auf. Ebenso erzeugt jeder Zerfall eines „Ionenkomplexes“ oder Atoms Energie in Form von elektrischer Strahlung. Ebenso wie man die Verwandlungswärme zur Grundlage chemischer Messungen machen kann, wird man also auch die Strahlungsenergie zum Maßstabe radioaktiver

Umwandlungen benutzen können. Wie dies im einzelnen geschieht, davon soll hier die Rede sein.

#### **Grundgesetz der Radioaktivität.**

Zuvor muß jedoch noch auf einen wesentlichen Unterschied zwischen Reaktionen chemischer und radioaktiver Natur eingegangen werden. Während nämlich der Eintritt ersterer in unser Belieben gestellt ist, indem wir die reagierenden Mengen gegeneinander verschieden bemessen oder die Reaktion durch Temperaturänderung oder Druckänderung beliebig beeinflussen können, sind wir bisher nicht imstande, eine radioaktive Reaktion, selbst mit dem größten Energieaufwande, auch nur um Bruchteile von Sekunden zu modifizieren. Das Grundgesetz der Radioaktivität lautet: In jeder Sekunde zerfällt ein ganz bestimmter konstanter Bruchteil der radioaktiven Substanz, dessen Größe für eine jede solche charakteristisch ist.

#### **Radiumzerfallsreihe. Radium.**

Betrachten wir einmal die Reihe der uns hier interessierenden Radiumzerfallsprodukte. Der Bruchteil, der von einer gewissen Menge Radium, sagen wir von einem Milligramm, in der Sekunde zerfällt, ist so klein, daß selbst in vielen Jahrzehnten eine Abnahme auch auf einer äußerst empfindlichen Wage kaum meßbar wird. Wir können sagen, praktisch bleibt die Gewichtsmenge des Radiums völlig konstant.

#### **Radium-Emanation.**

Sein erstes Zerfallsprodukt ist die sogenannte Emanation, ein schweres Gas, chemisch indifferent wie etwa Helium und Argon. Ebensowenig wie die Gewichtsabnahme des Radiums können wir natürlich die Gewichtszunahme dieser Emanation feststellen, denn beide Größen müssen ja einander gleich sein, da das Erhaltungsgesetz der Materie auch in der Radioaktivität bestehen bleibt. Um die Zunahme der Emanation aber trotzdem zu messen, bedienen wir uns anderer Methoden, die auf den oben erwähnten, beim Prozesse auftretenden Energiewirkungen, d. h. in diesem Falle elektrischen Strahlungen, beruhen. Da zeigt sich nun, daß sich in jeder Sekunde dieselbe Menge Emanation bildet. Wäre letztere nun ebenso stabil wie das Radium selber, so fänden wir nach 10 Sekunden genau 10mal so viel Emanation als nach 1 Sekunde und nach 10000 Sekunden 10000mal so viel. Nun zerfällt aber

die Emanation ziemlich rasch. Trennen wir auf irgend eine Weise, etwa durch Glühen, eine gewisse Menge derselben, sagen wir ein milliontel Milligramm, von ihrer Muttersubstanz, dem Radium, ab, so können wir nachweisen, daß nach 3,8 Tagen bereits die Hälfte dieser Emanation verschwunden ist. Wir können das daran erkennen, daß die beim freiwilligen Zerfall der Emanation auftretende und durch geeignete später zu beschreibende Apparate meßbare Strahlung in genannter Zeit auf den halben Anfangswert gesunken ist. Nach weiteren 3,8 Tagen beträgt der Wert wieder nur die Hälfte des vorigen und so fort. Die absolute Abnahme der Emanationsmenge vermindert sich also fortwährend nach dem gleichen Gesetz.

#### **Radioaktives Gleichgewicht.**

Denken wir uns nun eine bestimmte Menge Radium, die nach Obigem pro Zeiteinheit immer dieselbe Menge Emanation produziert, und warten wir so lange, bis sich so viel Emanation gebildet hat, daß deren Abnahme gleich wird der Zunahme, so ändert sich die Menge der vorhandenen Emanation nicht mehr, und wir sagen, wir haben ein radioaktives Gleichgewicht zwischen Radium und seiner Emanation. Dies stellt die größte gleichzeitig existierende Menge von Emanation dar, die jenes Quantum Radium überhaupt erzeugen kann.

#### **Radium A.**

Ganz genau so ergeht es dem Produkt, das aus der Emanation nun wieder entsteht, dem „Radium A“, nur daß es ein fester Körper ist, der viel schneller zerfällt als die Emanation. Schon in 3 Minuten ist er zur Hälfte zerfallen. Im Verein mit seiner Muttersubstanz, der Emanation, bedarf es nur etwa 20 Minuten, bis er mit ihr im Gleichgewicht ist.

#### **Radium B. Radium C.**

Und so fort. Radium A erzeugt Radium B, und dieses Radium C. Damit ist die Reihe nun zwar noch nicht abgeschlossen; wir könnten noch bis zum Radium F weitergehen. Aber wir werden sehen, für alle uns interessierenden Fragen bezüglich der Radiummessung kommen wir mit obigen fünf Elementen aus. Hier mag eine kurze Tabelle am Ort sein.

	I. Zeit für die Umwandlung der Hälfte	II. Zeit für völlige Umwand- lung = Zeit zur Erreichung des Gleichgewichts
Radium	1800 Jahre	12 000 Jahre
Emanation	3.8 Tage	28 Tage
Radium A	3 Minuten	20 Minuten
Radium B	21 Minuten	2 Stunden
Radium C	28 Minuten	3 Stunden.

Die Spalte I bezeichnet die Zeit, die vergeht, bis sich die Materie zur Hälfte umgewandelt hat. Spalte II stellt die Zeit dar, in der praktisch das Ganze zerfallen ist. Tatsächlich tritt ja dies erst nach unendlicher Zeit ein; für die Praxis der Messungen sind aber die angegebenen Werte sehr wichtig.

### Strahlungen.

Nun müssen wir auch noch kurz über die Strahlungen sprechen. Das ist ein ganz anderes Kapitel, und es ist vielleicht nicht überflüssig, einmal darauf hinzuweisen, daß Strahlungen ganz etwas anderes sind als Emanationen. Hierüber findet man häufig die größte Unklarheit, an der unsere Schulphilologie die Hauptschuld trägt. Der klassische Lateiner übersetzt beglückt Emanation mit Ausstrahlung und befindet sich augenblicklich im Zustande höchster Verwirrung. Übersetzen wir also lieber gar nichts, sondern merken uns: Emanation ist ein Zerfallsprodukt, ein Gas, Strahlung ein elektrischer Vorgang. Dies nebenbei. Über Strahlungen ist an dieser Stelle<sup>1)</sup> bereits gesprochen worden; wir wollen hier das für uns Wichtige herauslesen.

Man unterscheidet  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Strahlen, die sich wesentlich durch die Größe ihrer Durchdringlichkeit bei verschiedenen Stoffen und ihren Energie-Inhalt unterscheiden.

$\alpha$ -Strahlen besitzen viel Energie, aber geringes Durchdringungsvermögen. Einige (4—8) Zentimeter Luft oder wenige Hundertstel Millimeter Metallfolie lassen sie nicht mehr hindurch.

$\beta$ -Strahlen haben weniger Energie, etwa  $\frac{1}{100}$  der der  $\alpha$ -Strahlen, aber etwa 100mal größeres Durchdringungsvermögen. Einige Millimeter Metall absorbieren sie jedoch schon.

$\gamma$ -Strahlen besitzen sehr wenig Energie, wieder etwa  $\frac{1}{100}$  der der  $\beta$ -Strahlen, durchdringen jedoch selbst Dezimeter Blei. Mit diesen runden Zahlen sind natürlich nur Größenordnungen gemeint,

<sup>1)</sup> Erich Regener, Diese Zeitschrift S. 39 ff.

Bei der Verwandlung des Radiums in Emanation werden nur  $\alpha$ -Strahlen produziert, ebenso bei der Umwandlung von Emanation in Radium A und von Radium A in Radium B. Radium B selber ist so gut wie strahlenlos, wenigstens wird es sich bei allen unseren Messungen niemals verraten. Erst Radium C gibt in seiner Umwandlung in Radium D  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen.

Dies mag als Grundlage für das folgende genügen.

## 2. Meßinstrumente und Messungen.

Jedes vollständige Instrument zur Messung der Radioaktivität besteht im wesentlichen aus zwei Teilen, dem eigentlichen Meßinstrument und dem Ionisationsraum.

### Meßinstrumente im allgemeinen.

Alle Meßinstrumente benutzen die bekannte Eigenschaft der Elektrizität, daß sich elektrisch geladene Körper gleichen Vorzeichens abstoßen, ungleichen Vorzeichens aber anziehen. Man denke an den bekannten Versuch, daß sich ein auf eine Elektrisiermaschine gesetztes Papierbüschel beim Aufladen sträubt. Ein Aluminiumblättchen wird an einem Metallstab befestigt und das Ganze isoliert aufgestellt. Wird durch Streichen mit einem Zelluloidstab dieser Vorrichtung eine elektrische Ladung erteilt, so spreizt sich das Blättchen und bleibt in einer Lage stehen, die ein Maß für die Menge der mitgeteilten Elektrizität abgibt.

### Normalabfall.

Sich selbst überlassen, beginnt das Blättchen nun langsam zu fallen, und zwar aus zwei Gründen. Erstens ist die Isolation niemals eine vollkommene, zweitens aber strömt die Elektrizität durch die Luft hindurch in die Erde, da nämlich auch Luft kein absoluter Isolator ist. Sie leitet um so besser, je mehr sie ionisiert ist, d. h. je stärkeren elektrischen Strahlen sie ausgesetzt wird. Und gerade diese sind es, die wir messen wollen. Die Geschwindigkeit des Blättchenfalles ist somit ein Maß für die Stärke der Strahlung.

### Spezielle Meßinstrumente.

Solche Vorrichtung treffen wir an im Schmidtschen Elektroskop, das ein Goldblättchen an einem isolierten Stabe trägt. Ähnlich ist das Elektroskop von Elster und Geitel, nur daß es zwei Aluminiumblättchen besitzt. Dieses Instrument ist wegen seiner



Eigenschaft der leichten Transportierbarkeit und der praktischen Ablesung für medizinische Zwecke besonders geeignet, trotzdem es nicht allzu genaue Messungen erlaubt.

Empfindlicher ist das Wulfsche Elektrometer, wobei Blättchen und Stab ersetzt sind durch zwei parallele Quarzfäden, die sich ebenfalls beim Laden abstoßen. Ein sehr brauchbares und mit einigen Vorsichtsmaßregeln gute Werte lieferndes Instrument, das auch für exakte Messungen zu empfehlen ist.

Die Instrumente, mit denen ausschließlich die Wissenschaft arbeitet, sind die Quadranten- und Binantenelektrometer, die jedoch wegen ihres diffizilen Charakters für unsere Zwecke schwerlich in Betracht kommen.

#### **Ionisationsraum.**

Wir erwähnten schon die Eigenschaft der Luft, durch elektrische Strahlen leitend zu werden. Da wir diese Eigenschaft zur Grundlage unserer Messungen machen, muß nunmehr der Raum betrachtet werden, in dem dies bewirkt wird: der Ionisationsraum.

Stellen wir uns zwei parallel zueinander stehende Metallplatten vor, von denen die eine mit dem isolierten Elektroskopteil, d. h. dem Stab und Blättchen, verbunden ist, die andere zur Erde geht. Das Elektroskop wird aufgeladen. Im normalen Zustande leitet nun die Luftschicht zwischen den beiden Platten, wenn auch sehr wenig. Es fließt also dauernd ein ganz geringer elektrischer Strom vom Elektroskop durch die Luft zu dem großen Reservoir, das die Erde darstellt. Nun nähern wir dem Ionisationsraum unter Vorschaltung einer dicken Bleiplatte das Radiumpräparat<sup>1)</sup>. Die vom Radium ausgehenden  $\gamma$ -Strahlen machen den Luftraum leitend, sie ionisieren die darin enthaltene Luft, was sich durch ein stärkeres Fallen des Elektroskopblattes bemerkbar macht.

#### **Sättigungsstrom.**

Wie geht das nun im einzelnen vor sich? Treffen  $\gamma$ -Strahlen auf ein Luftmolekül, so spalten sie es in zwei entgegengesetzt geladene Teilchen, Ionen. Da diese aber von den elektrisch geladenen

<sup>1)</sup> Da ein solches Präparat, wenn es nur einige Zeit verschlossen war, immer gewisse Mengen Radium C enthält, das ja nach unseren früheren Auseinandersetzungen  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen liefert, und da wir schon gehört haben, das letztere, die  $\gamma$ -Strahlen, auch durch dicke Bleischichten hindurchgehen, während alles andere zurückgehalten wird, so wissen wir, daß ein solches Präparat durch die Platten hindurch  $\gamma$ -Strahlen aussendet.

Platten im Ionisationsraume angezogen oder abgestoßen werden, so beginnen sie zu wandern und nehmen dabei Elektrizität mit, sie stellen gewissermaßen einen verkörperten elektrischen Strom dar. Nun ziehen sie sich aber auch untereinander an, denn es gibt ja positive und negative Teilchen nebeneinander, und ungleiche Elektrizitäten ziehen sich an, wie wir sahen. Sie werden sich also auch schon zum Teil untereinander wieder vereinigen, ehe sie an die Platten gelangt sind und ihre Ladung abgegeben haben. Das wird um so häufiger geschehen, je langsamer sie wandern, was wieder von der Größe der Ladung abhängt, die auf dem Elektroskop sitzt. Wollen wir ein solches Wiedervereinigen der Ionen unter sich vermeiden, so müssen wir also recht große Ladungen auf das Elektroskop bringen. Wenn dann eine geringe Veränderung der Ladung keinen Unterschied mehr macht in der Geschwindigkeit, mit der das Elektroskopblättchen fällt, dann sagen wir, wir haben einen Sättigungsstrom.

#### $\gamma$ -Strahlenmessung.

Und dieser Sättigungsstrom ist ein Maß für die Stärke der  $\gamma$ -Strahlung, also auch für die Menge des vorhandenen Radium C als desjenigen Bestandteils, von dem allein  $\gamma$ -Strahlen ausgehen. Letzteres ist nach vier Wochen mit dem Radium im Gleichgewicht, wie wir oben sahen. Hatten wir also ein mindestens vier Wochen luftdicht verschlossenes Präparat, so ist der Sättigungsstrom ein Maß für die Menge Radium, die in ihm enthalten ist. Natürlich kein absolutes. Es kommt ja nur der Teil der Strahlen zur Messung, der durch den Ionisationsraum hindurchgeht, und nur insoweit, als er daselbst von der Luft absorbiert wird. Vergleichen wir zwei Präparate, indem wir eins nach dem anderen an genau dieselbe Stelle bringen, so können wir aus den Sättigungsströmen entnehmen, wie groß das Verhältnis des Radiumgehalts beider ist. Als Bezugsgröße setzt man dann das eine Präparat als Standard fest, dessen Radiumgehalt etwa auf chemischem Wege bestimmt ist und besitzt nun eine Methode, jede beliebige, nicht zu geringe Radiummenge messen zu können. Das ist die Methode der  $\gamma$ -Strahlenmessung.

Anstatt den Ionisationsraum aus zwei Metallplatten zu bilden, kann man ihm nun jede andere Form erteilen. Meistens bildet man die geerdete Platte zu einem Hohlgefäß aus, etwa einer Kanne, in die als Ersatz der zweiten Platte ein isolierter, mit dem Elektroskop verbundener Stab oder Zylinder hineintaucht. Die Form des Gefäßes sowie des Stabes ist dabei im wesentlichen gänz-

lich belanglos, solange wir nur Sättigungsstrom haben. Und zwar liegt dieser um so höher, je größer das eingeschlossene Luftvolumen ist. Dies wird nach der obigen Auseinandersetzung wohl leicht zu verstehen sein.

#### **$\beta$ -Strahlenmessung.**

Jetzt wollen wir die Bleiplatten von dem Radiumpräparat entfernen und den Versuch wiederholt denken. Das Präparat sendet auch  $\beta$ -Strahlen aus, die nach früher Erwähntem dünnes Blech noch zu durchdringen und Luft zugleich viel stärker zu ionisieren vermögen. Als Schirm dienen jetzt nur noch die dünnen Wände des Ionisationsraumes, mithin werden auch  $\beta$ -Strahlen in dessen Inneres gelangen. Es überlagern sich nun die Wirkungen von  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen in einem nicht vorauszusagenden Verhältnis. Dazu kommt noch eins. Meistens sind die zwei zu vergleichenden Präparate in Glas, Glimmer oder Kautschukgefäßen verschlossen, die die  $\beta$ -Strahlung in verschiedenem Grade absorbieren. Daraus folgt, daß eine solche Strahlenmessung keine sicheren Resultate zu geben vermag. Bei der  $\gamma$ -Strahlenmessung ist eine Absorptionwirkung der Verpackung des Präparats gegenüber der so viel stärker absorbierenden Bleischicht ganz belanglos.

#### **$\alpha$ -Strahlenmessung.**

Wollen wir aber auch — und das kommt bei schwachen Präparaten in Betracht — die so viel kräftigere  $\alpha$ -Strahlung zum Messen verwenden, so müssen wir, da ja Metallwände keine  $\alpha$ -Strahlen hindurchlassen, das offene Präparat, also hier etwa ein aktives Quellwasser, einen aktiven Schlamm oder ein emanationshaltiges Gas, in das Innere des Ionisationsraumes hineinbringen. Und hier begegnen wir einigen für Ärzte besonders wichtigen Fragen.

#### **Feste Körper.**

Denken wir uns etwa einen getrockneten aktiven Schlamm in Pulverform auf dem Boden des Ionisationsraumes, etwa einer sogenannten Meßkanne, in zentimeterdicker Schicht ausgebreitet; dann gehen von allen Stellen der Substanz sowohl  $\alpha$ - wie auch  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlungen aus. Da aber letztere beiden in ihrer Ionisationswirkung gegenüber der  $\alpha$ -Strahlen weit zurückstehen, kommen sie hier nicht in Betracht. Aber auch die  $\alpha$ -Strahlen selber kommen nicht alle zur vollen Wirkung, da jene aus den tieferen Schichten

erst die darüberliegenden durchdringen müssen und hierbei ganz oder zum Teil absorbiert werden. Aus den alleruntersten Schichten werden vielleicht schon alle Strahlen völlig ausgelöscht, so daß wir die Dicke der Pulverschicht beliebig vergrößern können, ohne etwa deshalb eine größere Wirkung zu erzielen. Wohl aber können wir die Schicht so dünn wählen, daß wir die Absorption vernachlässigen können und die erhaltene Ionisationsstärke der vorhandenen Gewichtsmenge an Schlamm proportional setzen dürfen. Dies ist die Mc Coische Methode. Sie ist mit schwer zu überwindenden Fehlerquellen behaftet und liefert deshalb nur angenäherte Werte.

#### Gase.

Besser bewährt sich die  $\alpha$ -Strahlenmessung bei aktiven Gasen, speziell der Radiumemanation. Bringen wir ein wenig von dieser in den Ionisationsraum, so wird sie sich in diesem durch Diffusion überall gleichmäßig verteilen. So oft wir den Versuch wiederholen, werden wir immer dieselbe Verteilung erzielen und infolgedessen auch denselben Aktivitätswert erhalten. Hierauf beruht die Güte der Methode.

Reine Emanation sendet nur  $\alpha$ -Strahlen aus. Im Augenblick des Einfüllens der Emanation würden wir nur diese messen. Aber wie wir schon sahen, entstehen sehr bald Zerfallsprodukte, Radium A, B und C. Diese ionisieren nun ebenfalls den Raum und überlagern sich in ihrer Wirkung der der reinen Emanation. Wir werden also immer ansteigende Werte erhalten. Und zwar ist dieses Wachstum ein recht kompliziertes, dessen Beschreibung den Rahmen dieser Abhandlung überschreiten würde. Wie früher schon betont ist, erreicht diese Veränderlichkeit ein Ende nach etwa drei Stunden, nach welcher Zeit dann alle vier Produkte, Emanation, Radium A, B und C im Gleichgewicht zugegen sind. Diesen Wert allein können wir mit einiger Sicherheit messen, während alle nach kürzerer Zeit vorgenommenen Messungen nur Näherungswerte darstellen. Nun bedarf aber die Radiotherapie einer Methode, die es gestattet, einen mit Emanation beschickten Raum schon nach kurzer Zeit messen zu können. Hierbei kommt uns eine besondere Eigentümlichkeit im Anstieg der Aktivitätskurve zustatten. Wir wissen nämlich, daß bereits zehn Minuten nach dem Einfüllen der Emanation in den Meßraum eine vorübergehende Konstanz erreicht wird, die etwa fünf Minuten anhält und deren Größe etwa 75% des nach drei Stunden erreichten Endwertes beträgt, falls man sich

der Kohlrausch-Löwenthalschen Zweiliterkanne bedient und deren Boden einige Millimeter hoch mit Wasser bedeckt. Messen wir also nach zehn Minuten, so haben wir nur mit  $\frac{4}{3}$  zu multiplizieren, um den Endwert zu erhalten. Bei anderen Dimensionen der Kanne bzw. des Ionisationsraumes wird der Faktor ein anderer. Diese Methode liefert verhältnismäßig exakte Werte. Auf die praktische Ausführung aller in Betracht kommenden Methoden wird im zweiten Teile eingegangen werden.

#### **Flüssigkeiten.**

Aktive Flüssigkeiten sind fast immer solche, die Emanation gelöst enthalten. Entweder ist nun die Muttersubstanz, das Radium selber, in Lösung und produziert fortwährend Emanation, oder letztere ist isoliert vorhanden.

Betrachten wir zuerst den letzteren Fall als den einfacheren.

Wollen wir feststellen, wieviel Emanation eine Flüssigkeit zu einer fixierten Zeit enthält, so bringen wir sie vorsichtig in die Ionisationskanne hinein, verschließen diese und schütteln sie mindestens eine Minute stark. Dadurch wird ein ganz bestimmter Teil der Emanation in den Luftraum der Kanne treten, während ein Rest in der Flüssigkeit gelöst bleibt. Dieser Rest ist um so kleiner, je weniger Flüssigkeit im Verhältnis zum Luftraum vorhanden ist. Geben wir etwa 100 ccm Wasser in eine Zweiliterkanne, so befindet sich nach dem Schütteln der bei weitem größere Teil der Emanation, ca. 98 %, im Luftraum. Und nun haben wir weiter nichts zu tun, als diesen Luftraum zu messen, wie es für Gase oben geschildert wurde.

Ist nun Radium selber in Lösung, so können wir nach dieser Methode den Emanationsgehalt zu jeder beliebigen Zeit feststellen. Das erlaubt uns einen Rückschluß auf die Menge des vorhandenen löslichen Radiumsalzes. Bewirken wir nämlich etwa durch Auskochen, daß zu einer bestimmten Zeit sämtliche Emanation ausgetrieben ist, so sahen wir früher, daß sich in 3,8 Tagen die Hälfte der maximalen Emanationsmenge wieder gebildet hat. Messen wir also nach 3,8 Tagen, so stellt der gefundene Aktivitätswert die Hälfte der überhaupt (d. h. nach etwa vier Wochen) eintretenden Aktivität dar. Wiederholen wir den Versuch mit einer geeichten Radiumlösung, so können wir aus einer einfachen Regeldetrierechnung die Radiummenge der ersten Flüssigkeit erhalten.

Diese Methode stellt, mit kleinen Verbesserungen versehen,

neben der  $\gamma$ -Strahlenmethode das Exakteste dar, was wir an Radiumbestimmungen überhaupt besitzen.

Wir haben dabei nicht nötig, immer 3,8 Tage zu warten. In der Praxis verfährt man so, daß man nach 24 Stunden mißt und durch Multiplikation mit 6 auf Gleichgewicht reduziert.

Es bildet sich nämlich aus dem Radium in

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ Tag etwa } \frac{1}{6} \\ 2 \text{ Tagen } \text{''} \frac{3}{10} \\ 3 \text{ '' '' } \frac{5}{12} \\ 4 \text{ '' '' } \frac{1}{2} \end{array} \right\} \text{ der Gesamtmenge Emanation.}$$

Es ist schon betont worden, daß bei der beschriebenen Methode das Radiumsalz löslich sein muß, andernfalls es einen gewissen Bruchteil der Emanation auch in Berührung mit Wasser nicht abgibt. Wie groß dieser Bruchteil ist, ist nicht vorauszusagen. Wollte man also an Stelle des Salzes etwa einen aktiven Schlamm ebenso behandeln, so ist den so erhaltenen Zahlen keine Zuverlässigkeit zuzuschreiben.

(Schluß folgt.)

(Aus der I. Mediz. Univ.-Klinik Berlin. Direktor: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. His.)

## **Klinische Erfahrungen über die Behandlung der Arthritiden und der Gicht mit Radiumemanation.**

Von **Dr. F. Gudzent**, Assistenten der Klinik.

Unsere klinischen Beobachtungen über den Einfluß der Radiumemanation auf den menschlichen Organismus reichen über drei Jahre zurück und umfassen gegenwärtig über 400 Fälle.

Auf Grund dieses Materials und der von mir und einer Reihe von Mitarbeitern vorgenommenen experimentellen Untersuchungen, deren Ergebnisse oft den Leitstern für unsere klinischen Maßnahmen abgegeben haben, können wir heute mit voller Gewißheit aussprechen, daß wir in der Radiumemanation ein Mittel besitzen, welches bei richtiger Anwendung bessernde und heilende Wirkungen ausübt.

Weiterhin glauben wir aus unseren gewonnenen Erfahrungen für Indikation, therapeutische Methodik und Prognose, wenn auch kein vollkommen abgeschlossenes, so doch dem gegenwärtigen Wissen entsprechend sicheres Urteil abgeben zu können.

Die akuten Formen der Gelenkentzündungen, mögen sie dem eigentlichen Gelenkrheumatismus angehören, auf Gonorrhöe oder Lues beruhen, oder mit Erythemen oder Purpura einhergehen, sind nach unserer gegenwärtigen Kenntnis kein Objekt für die Radiumbehandlung<sup>1)</sup>. Sie werden es erst dann, wenn nach Ablauf des akuten Stadiums chronische Veränderungen zurückbleiben oder das Leiden von vornherein chronisch einsetzen kann.

Von den chronischen Arthritiden können alle Formen für die Radiumbehandlung als geeignet in Betracht kommen, in gleicher Weise die sogenannten Muskelrheumatismen oder Myalgien.

Die Technik der Radiumemanationsbehandlung bietet keine besonderen Schwierigkeiten. Um jedoch vor Enttäuschungen bewahrt zu bleiben, ist gute Kenntnis des physikalischen und bio-

---

<sup>1)</sup> Nach den neuesten Mitteilungen scheinen auch manche Fälle des akuten Gelenkrheumatismus einer Radiumbehandlung zugänglich zu sein (von Novaden und Falta, Mediz. Klinik, 1911, Nr. 39).

logischen Verhaltens der Radiumemanation Voraussetzung. Wir erachten dauernde Kontrolle der Apparate und Präparate für notwendig, weil nur so die sichere Gewähr gegeben ist, daß der Patient die verordnete Emanationsmenge erhält.

Im allgemeinen geben wir der Inhalation im geschlossenen Raume (Emanatorium) vor allen anderen Methoden den Vorzug, und zwar deswegen, weil wir mit ihr die besten klinischen Erfolge erzielt haben.

Durch neuere Untersuchungen von mir (Radium in Biologie und Heilkunde, 1911, Heft 3), die ich über den Gehalt von Radiumemanation im Blut des Lebenden bei den verschiedenen Anwendungsformen anstellte, wird diese klinische Beobachtung dem Verständnis näher gebracht.

Ich konnte in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen von Laska und Fleischmann feststellen, daß durch den Magendarmtraktus und durch Injektion ins Blut gelangende Emanation verhältnismäßig schnell ausgeschieden wird, so daß bei den üblichen Trink- und Injektionsdosen nach 2 bzw. 4 Stunden Emanation im Blute nicht mehr nachzuweisen ist.

Im Gegensatz hierzu konnte ich feststellen, daß bei der Einatmung von Emanation im geschlossenen Raume die Emanationsmenge im Blute sich anreichert, so daß in 1000 g Blut nach  $\frac{1}{4}$  Stunde etwa die gleiche Menge zu finden ist, wie in einem Liter Luft, nach 2 Stunden etwa die 4—5 fache, nach 3 Stunden etwa die 6—7 fache Menge.

Die Tatsache als solche hat bei einer Nachprüfung durch Marckwald und Bennowitz volle Bestätigung gefunden.

Über die Ursache dieser Anreicherung der Emanation im Blute beim Aufenthalt im Emanatorium vermag ich zunächst nichts Sicheres anzugeben. Der Gedanke liegt nahe, daß die Emanation von den Kolloiden im Serum, ähnlich wie es Ebler für die kolloidale Kieselsäure gefunden hat, und von den roten und weißen Blutkörperchen ähnlich wie durch feingepulverte Kohle oder durch Porzellan absorbiert wird. Die dahin gerichteten Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Die Forderung, die Emanation nicht nur in den Organismus hineinzubringen, sondern auch möglichst lange darin verbleiben zu lassen, läßt sich demnach durch die Inhalation im geschlossenen Raume in idealster Weise erfüllen.

Nur da, wo aus äußeren Gründen die Teilnahme an den Sitzungen im Emanatorium nicht möglich ist, verordnen wir die Trinkkur.

Beide Methoden kombinieren wir aber in fast allen Fällen mit Injektionen von löslichen Radiumsalzen in die Umgebung der erkrankten Körperteile. Durch diese Kombination konnten wir das Ergebnis der Behandlung in vielen Fällen verbessern.



Auch von den radioaktiven Kompressen und Umschlägen machen wir zur Unterstützung der Behandlung überall ausgiebigen Gebrauch, wo umschriebene Schmerzhaftigkeit besteht, weil wir in manchen (nicht in allen) Fällen gute Wirkungen gesehen haben.

Die Erfahrung an unserem klinischen und poliklinischen Material hat uns gelehrt, daß unbedingte Ruhe, womöglich strikte Bettruhe, den Erfolg wesentlich zu beschleunigen und zu verbessern vermag. Erst nachdem die Schwellungen zurückgegangen sind und die Schmerzen nachgelassen haben, beginnen wir mit Massage und Bewegungsübungen. In diesem Stadium ziehen wir zur Unterstützung der Radiumbehandlung auch andere sonst geübte Methoden heran, wie Heißluft, Solebäder, elektrische Lichtbäder, Thermopenetration und anderes mehr.

Für die Hebung des Allgemeinbefindens haben wir durch gute Ernährung und Roborantien ausreichend Sorge getragen.

#### Verlauf der Behandlung.

Unter der Behandlung pflegt die sogenannte „Reaktion“ aufzutreten, die eine mehr oder weniger große Verschlimmerung des Zustandes darstellt. Wir wissen heute, daß diese Reaktion weder in allen Fällen auftritt, noch daß ihr Fehlen eine schlechte Prognose für den Erfolg der Kur abgibt. Im allgemeinen läßt sich aber sagen, daß ihr Auftreten mit einiger Sicherheit auf guten Erfolg hoffen läßt, worauf insbesondere Fürstenberg wiederholt hingewiesen hat.

Wir beobachteten bei der Mehrzahl der erfolgreich behandelten Fälle in der dritten Woche Abnahme der Schmerzen, Zurückgehen der Schwellungen, Verbesserung der Beweglichkeit in den Gelenken. Bei einzelnen Patienten traten diese Erscheinungen früher auf, fast ausnahmslos gehörten diese dem jüngeren Alter an, bei anderen, fast ausnahmslos älteren Kranken, machte sich eine Besserung erst nach Beendigung der Kur, also etwa in der fünften, sechsten, ja achten Woche nach Beginn der Behandlung bemerkbar.

In einigen wenigen schweren Fällen sahen wir eine deutliche Besserung, wenn wir nach einer etwa vierwöchigen Pause die Kur wiederholten.

Ernstliche Verschlimmerungen oder gar schädliche Wirkungen sind von uns niemals beobachtet worden. Ebenso wenig hat die aus früherer Zeit stammende Angabe, daß Albuminurie auftreten könne, durch meine und Fürstenbergs Beobachtungen Bestätigung er-

fahren. Bestehende Albuminurien zeigten ebenfalls keine Verschlimmerung, aber auch keine Besserung.

Bezüglich des Nervensystems scheint eine beruhigende Wirkung zu dominieren, die in vielen Fällen am auffälligsten dadurch zum Ausdruck kommt, daß die Patienten besser schlafen, worauf Fürstenberg besonders aufmerksam gemacht hat. In einigen wenigen Fällen sahen wir aber bei stark Nervösen gerade die gegenteilige Wirkung, die in Verschlechterung des Schlafes, innere Unruhe und Aufgeregtheit zum Ausdruck kam. Verringerung der Dosis vermochte hier das Verschwinden dieser Nebenerscheinung bald herbeizuführen, nur in einem Falle mußte die Behandlung eingestellt werden.

Die Prognose im Einzelfalle ist im wesentlichen abhängig von der Schwere der vorliegenden anatomischen Veränderungen. Da, wo an Stelle des normalen Gewebes bereits Narbengewebe getreten ist, kann selbstverständlich eine Beeinflussung nicht mehr erwartet werden. Die Prognose gestaltet sich um so günstiger, je weniger weit diese narbige Umwandlung vorgeschritten ist. Zu dieser Gruppe gehören vornehmlich die leichten und mittelschweren Formen der Polyarthritis chronica progressiva. Bemerkenswert ist, daß hier das Alter eine prognostisch wichtige Rolle spielt.

Arthritiden im Kindesalter, die sonst nach dem fast einstimmigen Urteil der Kinderärzte kaum zu beeinflussen sind, scheinen besonders günstig auf Radiumemanation zu reagieren, wie es unsere, wenn auch nicht sehr ausgedehnten Beobachtungen an der Universitätskinderklinik in Berlin gezeigt haben.

Arthritiden im Senium sind im Gegensatz hierzu durch Radiumemanation sehr wenig oder gar nicht zu beeinflussen gewesen.

Prognostisch ungünstiger sind die Mono- und Oligoarthritis deformans, die ankylosierenden Wirbelsäulenversteifungen und die Heberdenschen Knoten. Trotzdem müssen wir gestehen, daß bei vielen dieser als ungünstig bezeichneten Fälle durch monatelange, von Pausen unterbrochene Behandlung manches Symptom gebessert und dadurch das Leiden erträglicher gestaltet werden konnte.

Diesen mehr oder weniger therapeutisch beeinflussbaren Fällen stehen aber solche gegenüber, bei denen die Radiumanwendung wirkungslos ist. Bei einer nicht geringen Zahl

dieser Patienten konnten wir nachträglich feststellen, daß die Ätiologie Lues bzw. Tuberkulose war. Solche Fälle mögen nicht zu selten als Polyarthritus chronica diagnostiziert werden, weil bei der Lues klinisch in der Tat typische Merkmale nicht vorhanden sind, bei der tuberkulösen Erkrankung aber doch öfters Abweichungen vom gewöhnlichen Typus vorkommen. Hier ist allerdings ein therapeutischer Effekt vom Radium nicht zu erwarten (siehe auch Charité-Annal., XXXV, Beiträge zur luetischen Erkrankung der Gelenke und Muskeln). Doch bleiben unter unserem recht großen Material noch Fälle übrig, die sich klinisch und, soweit es möglich war festzustellen, ätiologisch von Fällen gleicher Art des Typus der Polyarthritus chronica nicht unterschieden und doch auf Radium nicht reagierten. Ob hier trotzdem in der Ätiologie begründete Unterschiede vorhanden waren, wage ich bei der Unsicherheit der Kenntnisse über diese Krankheit nicht zu entscheiden. Irgend welche Zahlen von statistischer Bedeutung angeben zu sollen, halte ich aus diesen Gründen für zwecklos.

Die Anwendung von Radium bei Myalgieen kann recht dankbar sein. Da das Symptom des Muskelschmerzes verschiedenen Krankheiten eigen ist, die mit dem Muskelrheumatismus nichts gemeinsam haben, als nur dieses Symptom, erfordert die Diagnostik besondere Sorgfalt, wenn man sich vor Enttäuschungen bewahren will.

Die mehr akut auftretenden Formen (Hexenschuß, Lumbago) kommen wegen ihres häufig recht schnellen Abklingens für eine Radiumbehandlung kaum in Frage. Die chronischen Formen der echten Myalgieen geben eine gute Prognose, insbesondere dann, wenn sie ihren Ursprung oftmaligen Erkältungen und Durchnässungen verdanken oder sich auf Gicht bzw. harnsaure Diathese zurückführen lassen.

Von den spezifischen Arthritiden scheidet wohl alle bis auf die Polyarthritus und Monarthritus gonorrhoeica aus. Bei dieser Form haben wir wiederholt mit Sicherheit eine gute Beeinflussung durch Radiuminjektionen konstatieren können.

Über die Dauer des erzielten Heileffekts läßt sich wegen der Kürze der Beobachtungszeit zunächst noch nichts Sicheres sagen. Während bei einer Anzahl der von uns kontrollierten Patienten die Besserung bis jetzt angehalten hat, ist ein Teil nach einem Jahr wegen wiederkehrender Beschwerden in unsere Behandlung zurückgekehrt.

### Behandlung der Gicht.

Die Feststellung, daß jene Heilquellen, welche als wirksame Faktoren bei der Behandlung der Gicht allgemeinen Ruf besitzen, in größeren Mengen Radiumemanation enthalten, hat als Leitstern für die Behandlung dieser Stoffwechselkrankheit mit Radiumemanation gedient. Aber erst die Forschungen der letzten Jahre haben die experimentellen Unterlagen und die Methodik gebracht, die gegenwärtig die Therapie dieser Krankheit mit Radium und seinen Zerfallsprodukten so aussichtsvoll erscheinen läßt.

Die Diagnose der Gicht bereitet keine Schwierigkeiten, wo typische Gichtanfälle bzw. Ablagerungen von Mononatriumurat in den Geweben, am auffälligsten als Ohrtophus, beobachtet werden.

Aber diese auch dem Laien wohlbekannten Symptome sind nicht immer vorhanden bzw. auffindbar, obwohl eine Reihe pathologischer Veränderungen des Organismus und mancherlei Allgemeinerscheinungen auf das Bestehen einer Gicht hindeuten. So wird die Differentialdiagnose zwischen Gicht und Rheumatismus oft ein schwieriges Problem, das aus dem klinischen Bilde meistens überhaupt nicht zu lösen ist.

Da die Harnsäurewerte des Urins in keiner Weise uns ein wertbares diagnostisches Symptom bieten, bleibt deshalb gegenwärtig die Untersuchung des Blutes auf Harnsäure bei vorheriger, mehrtägiger purinfreier Kost als der einzig sichere Weg, um in zweifelhaften Fällen die Diagnose zwischen Gicht und den Krankheiten zu ermöglichen, die in ihrem Symptomenkomplex der Gicht ähnlich erscheinen.

Wir haben diesen Weg recht häufig beschritten und durch Sicherung der Diagnose in vielen Fällen den Patienten nützen können.

### Technik und Verlauf der Behandlung.

Die experimentell von mir und unseren Mitarbeitern (Loewenthal, Fofanow, Kikkaji) gefundenen Tatsachen wie

- a) Harnsäurelösung und -zerstörung,
- b) entzündungshemmende Wirkung,
- c) Aktivierung der Fermente,
- d) Beeinflussung des Purin- und Gesamtstoffwechsels, und schließlich
- e) Verschwinden der Harnsäure aus dem Blute

haben zunächst einmal die Jahrhunderte alte Beobachtung von dem guten Einfluß gewisser Heilbäder auf die Gicht unserem Verständnis näher gebracht. Gerade die Quellen, die den besten Ruf als Gichtbäder haben (man muß das in Abzug bringen, was eine geschickte Reklame aufgebauscht hat), sind als stark radioaktiv befunden worden.

Dann ist aber durch die Feststellung, daß die Harnsäure aus dem Blute der Gichtkranken infolge der Radiumeinwirkung verschwindet, ein Leitstern gegeben, nicht nur für den Erfolg der Behandlung, sondern auch für die beste Methodik.

Die Trinkkur scheint im allgemeinen bei der Gicht zu versagen. Es liegen Mitteilungen vor, in denen vor Anwendung der Trinkkur direkt gewarnt wird, weil sie zwar Gichtanfälle (Reaktionen) hervorrufe, aber nicht zur Besserung geführt habe. Eigene klinische Beobachtungen sprechen im gleichen Sinne. Von fünf durchgeprüften Fällen hat nur einer die Blutharnsäure verloren. Ob durch öftere Gaben am Tage, etwa fünfmal oder mehr, bessere Wirkungen zu erzielen sind, entzieht sich noch der Beurteilung.

Erst die von mir und Löwenthal zum ersten Male angewandte Inhalationsbehandlung im geschlossenen Raume (Emanatorium), mit vier bis fünf Macheinheiten pro Liter Luft, brachte die schönen Resultate.

Es sei zunächst das Ergebnis unserer Blutuntersuchungen mitgeteilt.

Es gelingt leider nicht in allen Fällen, die Patienten zur Blutentnahme zu bewegen. Von etwa 100 behandelten Gichtkranken haben immerhin 50 sich bis Ende des Sommersemesters der Kontrolle durch die Blutanalyse unterzogen.

Wir entnehmen etwa 100 ccm Blut aus der Armvene, bestimmen die Harnsäure nach Krüger-Schmidt und berechnen den gefundenen Wert auf Mononatriumurat und 100 ccm Blutserum (100 ccm Blut = 60 ccm Serum).

Es sind hiernach untersucht. . . . .	50	Patienten
davon haben die Blutharnsäure verloren . . . . .	37	„
es verloren nach 24 Sitzungen die Harnsäure . . . . .	32	„
nach 36 Sitzungen und mehr . . . . .	5	„
von den 13 erfolglos behandelten Patienten		
haben nur 24 Sitzungen genommen . . . . .	9	„
mehr als 24 Sitzungen . . . . .	3 (4)	„

(der vierte Patient hat einen dritten Aderlaß leider nicht vornehmen lassen).

Nr.	Patient	mg Mononatriumurat in 100 ccm Blutserum	Zahl der Sitzungen im Emanatorium zu 2 Stunden	Harnsäure im Blut	Zahl der weiteren Sitzungen im Emanatorium	Harnsäure im Blut	Bemerkungen
1	F.	9,2	24	—			
2	W.	8,7	24	—			
3	B.	10,0	24	—			
4	v. H.	9,3	24	—			
5	D.	6,5	30	—			
6	v. E.	10,0	24	+			
7	Dr. L.	9,1	24	—			
8	D.	Typ. Gicht	25	—			
9	St.	9,5	24	—	1 Jahr später	—	
10	B.	10,4	24	+			
11	St.	10,0	24	—			
12	B.	9,2	24	+	16	—	
13	L.	6,0	24	—			
14	R.	8,3	24	—			
15	E.	8,0	24	+	12	—	
16	W.	11,4	24	—			
17	K.	6,2	24	—			
18	B.	8,1	24	schwach +			
19	M.	9,1	24	—			
20	E.	13,7	24	—			
21	D.	7,0	24	+	30 Injektionen	+	
22	K.	10,0	24	+	24	+	
23	Sch.	8,3	24	+			
24	Sch.	8,8	24	—			
25	V.	9,8	24	+			
26	H.	8,6	24	+	12	—	
27	Sch.	8,7	24	—			
28	G.	8,6	24	—			
29	C.	6,2	24	+	12	—	
30	U.	8,0	24	—			
31	H.	10,4	24	+			
32	H.	6,0	24	—			
33	T.	6,2	24	+			
34	B.	8,4	24	+	12	—	
35	N.	7,0	24	—			
36	K.	9,2	24	+	12	+	
37	V.	6,0	24	+			
38	Th.	8,0	24	—			
39	Sch.	9,4	24	+	12	der Kontrolle entzogen	
40	M.	8,1	24	—			
41	H.	9,2	24	—			
42	H.	5,3	24	—	Bad Münster a. St. inhaliert	—	
43	S.	Typ. Gicht	24	—			
44	E.	9,3	24	—	1 Jahr später	—	
45	v. V.	12,0	24	—			
46	v. B.	10,0	24	—			
47	Sch.	Typ. Gicht	24	—			
48	H.	8,2	24	+			
49	Th.	Typ. Gicht	36	—			
50	v. Z.	9,0	24	—			

Im allgemeinen ist also festgestellt, daß die weitaus größte Zahl der mit Erfolg behandelten Patienten nach 24 Sitzungen zu zwei Stunden die Harnsäure aus dem Blute verliert. Nur bei einer kleineren Anzahl wurde dieser Erfolg erst nach 12 weiteren Sitzungen erreicht. Von den 13 erfolglos behandelten Patienten waren 9 zur Fortsetzung der Sitzungen nicht zu bewegen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß durch Fortsetzung der Behandlung auch hier bei einer gewissen Zahl die Blutharnsäure verschwunden wäre. Bei 3 Patienten war aber auch nach 36 Sitzungen die Blutharnsäure nicht verschwunden; bei zweien besteht die Gicht annähernd 40 Jahre; im dritten Fall wird gegenwärtig die Behandlung mit sehr hohen Dosen durchgeführt.

Bei dem größeren Teil der behandelten Gichtkranken traten in den ersten 6—14 Tagen, bei wenigen gar nicht oder stark gehäuft bis in die vierte Woche der Kur Gichtanfälle auf, oft auch dann, wenn der Patient jahrelang vorher anfallsfrei war; in etwa drei bis vier Wochen kam dann das subjektive Gefühl der Erleichterung und Befreiung, so daß fast ausschließlich parallel gehend mit dem Verschwinden der Blutharnsäure nach etwa 24 Sitzungen zu je zwei Stunden eine Änderung des Zustandes zur Norm hin konstatiert werden mußte. Dieses erfreuliche Resultat war naturgemäß bei den Gichtkranken, die bereits erhebliche arthritische Veränderungen aufwiesen, nicht in gleicher Weise zu erzielen. In einigen ganz schweren Fällen dieser Art mußte eine klinische Besserung negiert werden; in einer Reihe anderer Fälle vermochten wir aber noch eine Beseitigung der Schmerzen, Zurückgehen der Anschwellungen in den Gelenken, bessere Beweglichkeit durch Kombination der Emanationsmethodik mit direkten Injektionen von löslichen reinen Radiumsalzen herbeizuführen.

Recht überraschend war die Beobachtung bei zwei Gichtkranken (Nr. 14 u. 44), die ihre Harnsäure verloren hatten, sich auch klinisch sehr wohl befanden, und dann plötzlich, beide Male im Anschluß an ein leichtes Trauma, einen Gichtanfall bekamen. Die Analyse des Blutes nach dem Gichtanfall bestätigte den früheren Befund. Eine befriedigende Erklärung dieses Phänomens kann gegenwärtig nicht gegeben werden. Beiden Patienten geht es übrigens wieder ausgezeichnet.

In ganz veralteten Fällen, wo gewaltige Ablagerungen von Harnsäure einhergehen mit schweren arthritischen Veränderungen, dürfte eine Emanationskur zu widerraten sein. Solche Patienten kann

man infolge der auftretenden Reaktionen in einen recht unangenehmen Zustand bringen, ohne ihnen erheblich helfen zu können.

Einer besonderen Besprechung bedürfen noch die während der Behandlung auftretenden Gichtanfälle (Reaktionen). Sie stellen sich in der größeren Zahl der Fälle ein, sind aber fast immer recht milde. Prognostische Bedeutung können wir ihnen nicht zuschreiben, weil wir auch in den wenigen nicht mit akuten Anfällen reagierenden Fällen gute Beeinflussung beobachtet haben. Wir pflegen die Behandlung nur dann zu unterbrechen, wenn Fieber und sehr große Schmerzhaftigkeit besteht.

Colchicum und Athophan leisten bei diesen reaktiven Gichtanfällen gute Dienste.

Wir verkennen nicht den Wert der diätetischen Behandlung der Gicht.

Aber so bedeutungsvoll diese auch ist, so wenig hat sie es vermocht, eine Heilung der Gicht bzw. eine Beseitigung des hervorstechendsten Symptoms, der Blutharnsäure, herbeizuführen. Durch monatelang fortgesetzte purinfreie Diät ist es nicht gelungen, den Harnsäurewert des Blutes in erheblicher Weise herabzusetzen bzw. zu beseitigen.

Deshalb pflegen wir nur in den seltensten Fällen eine purinfreie Diät zu verordnen, sondern passen mehr oder weniger unsere Vorschriften den individuellen Eigenheiten des Patienten an. Als Richtschnur mögen folgende von His aufgestellte Grundsätze dienen:

1. Nach alter Erfahrung ist eine günstige diätische Beeinflussung der Gicht in den meisten Fällen zu erreichen.

2. Die purinarmer Kost ist rationell und kann versucht werden, wenn sie den Verdauungsorganen zuträglich ist.

3. Es besteht keine Veranlassung, sie dauernd durchzuführen, wo sie keinen deutlichen Effekt innerhalb einiger Wochen oder Monate aufweist.

4. In diesem Falle ist eine einfache, aber genügend gemischte Kost mit reichlichem Grüngemüse und Obst angezeigt, sofern sie die Verdauung nicht stört.

5. Spezielle Diätvorschriften sind da erforderlich, wo die Innehaltung der Mäßigkeit nicht durch die Intelligenz und den Charakter des Kranken verbürgt ist.

6. Bezüglich des Alkohols ist Mäßigkeit immer, Abstinenz nur in Einzelfällen erforderlich. Die Art des erlaubten Getränkes richtet sich nach der Empfindlichkeit des Kranken wie nach den Landessitten.



Über die Dauer der mit Radiumemanation erzielten Heilwirkung vermögen wir noch nichts Sicheres vorauszusagen. Den vor einem Jahre mit gutem Erfolg behandelten Patienten geht es, soweit das kontrolliert werden konnte, klinisch gut. Bei zwei Patienten (Nr. 8 und 44) hatten wir Gelegenheit, das Blut einer erneuten Analyse zu unterziehen. Es war noch harnsäurefrei. Klinisch geht es beiden ausgezeichnet.

---

### Zur Nomenklatur der radioaktiven Strahlungen.

Von Dr. O. E. Jellinek, San Franzisko.

Es sollte in unserer Nomenklatur doch unser ernstes Bestreben sein, unsere Namen so zu wählen, daß der Begriff, den wir benennen wollen, dadurch für sich allein oder zu einer gewissen Klasse gehörig, durch seine hervorragende Eigenschaft, z. B. der Formgröße oder Konsistenz usw., bereits nach Möglichkeit charakterisiert sein muß; sicher sollte man es vermeiden, aus Analogie einer Eigenschaft den Namen eines bereits bekannten und benannten Begriffes auf einen anderen Begriff auszudehnen, wenn sich diese zwei Begriffe nicht in allen ihren Eigenschaften decken und dadurch irrtümliche Vorstellungen hervorgerufen werden können, die dem Verständnisse, anstatt ihm zu Hilfe zu kommen, erschwerend im Wege stehen.

Dies ist meiner Ansicht nach der Fall mit der Benennung der sogenannten  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen der radioaktiven Substanzen.

Solange über die Natur der  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen nichts bekannt war, durfte man sie allerdings nach ihrer wichtigsten Eigenschaft, nämlich der geradlinigen Fortpflanzung, „Strahlung“ nennen. Wenn wir aber schlechtweg von Strahlen sprechen, so drängt sich uns zunächst eine uns bereits bekannte Vorstellung auf, nämlich die des Lichtes mit seiner Fortpflanzung in transversalen Wellen, seiner Brechbarkeit, Polarisierbarkeit und Reflektierbarkeit. Mit diesen genannten Eigenschaften haben aber die sogenannten  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen nichts gemeinsam außer dem optischen Effekt und der geradlinigen Fortpflanzung. Nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse über die letztgenannten Strahlungen wissen wir aber von

$\alpha$ -Strahlen, daß sie fortgeschleuderte Teilchen sind, die mit  $+$  Elektrizität geladen gedacht werden müssen. Die  $\beta$ -Strahlen sind negativ geladene Elektronen, von denen ich an anderer Stelle zu zeigen versuchen will, daß sie vielleicht als sekundär durch die  $\alpha$ -Körperchen entstanden erklärt werden können. Wir wissen von ihnen, daß sie mit den von der Kathode einer Crookeschen Röhre unter bestimmten Bedingungen entsandten Kathodenstrahlen identisch sind. Treffen diese Kathodenstrahlen auf einen festen Körper auf, so werden sie zur Quelle einer neuen Strahlung, den sogenannten Röntgen- oder X-Strahlen. Mit diesen X-Strahlen sind nun die  $\gamma$ -Strahlen identisch, und wir fassen sie als sekundär durch die  $\beta$ -Strahlen erzeugt auf. Von den  $\alpha$ -Strahlen sei noch erwähnt, daß sie sich mit den unter gewissen Bedingungen an der Kathode entstandenen und mit positiver Elektrizität geladenen Kanalstrahlen identifizieren lassen. Auf Grund dieser Erwägungen für die  $\alpha$ -Strahlen und unter Berücksichtigung der analogen Eigenschaften der  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen mit jenen der Kathoden- und Röntgenstrahlen, welche letzteren uns als ältere Bekannte doch weit geläufiger sind als die ersteren, möchte ich mir gestatten, die folgenden Benennungen und Schriftzeichen für die  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen vorzuschlagen, um damit ihr Verständnis zu erleichtern und ihrem Wesen damit näher zu kommen.

Da die  $\alpha$ -Strahlen fortgeschleuderte Teilchen sind, die mit positiver ( $+$ ) Elektrizität geladen sind, so würden wir von  $\alpha$ -Teilchen oder  $\alpha$ -Atom sprechen, und das Schriftzeichen für so ein  $\alpha$ -Teilchen wäre ein  $\alpha$  mit einem dahinter- und obenstehenden  $+$ -Zeichen, also  $\alpha^+$ . Wenn nämlich dieses positiv geladene  $\alpha$ -Teilchen seine positive Ladung verloren hat, also damit seine Energie verloren hat, dann ist eben daraus ein totes  $\alpha$ -Teilchen entstanden und von diesem toten  $\alpha$ -Atom wissen wir, daß es mit dem Atom Helium identisch ist.

Anstatt von  $\beta$ -Strahlen würden wir von  $\beta$ -Elektronen sprechen und das Schriftzeichen dafür wäre ein  $\beta$  mit einem Minus- ( $-$ ) Zeichen dahinter, also  $\beta^-$ .

Für die  $\gamma$ -Strahlen sollte man, um ihre Identität mit den uns bereits wohlbekanntem Röntgenstrahlen zu zeigen, die Benennung  $\gamma^x$ -Strahlen den Vorzug geben und ihr Schriftzeichen wäre dann ein  $\gamma^x$ .

Nachdem die Lehre der Radioaktivität ja täglich im Kreise unserer Kollegen bekannter wird, und ohne Zweifel wohl schon in

absehbarer Zeit zum Lehrgegenstand der medizinischen Ausbildung des Studenten werden dürfte, so glaube ich, daß durch die vorgeschlagenen Benennungen das Verständnis und die Klarheit der immerhin nicht so leicht verständlichen neuen Begriffe der Radioaktivität erleichtert werden dürfte.

Ich stelle noch einmal die vorgeschlagenen Bezeichnungen untereinander:

$$\begin{array}{ll} \alpha\text{-Atome} & = \alpha^+, \\ \beta\text{-Elektronen} & = \beta^-, \\ \gamma\text{-Strahlen} & = \gamma^x. \end{array}$$

---

## Referate.

**Finzi**, The Radium treatment of cancer, experiences of over 100 cases. (Lancet, 20. Mai 1911, S. 1339.)

Bei der Bestrahlung von Tumoren kommen die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen in Frage. Ihre Einwirkung auf das Gewebe ist eine etwas verschiedene. Nach der Bestrahlung hauptsächlich mit  $\beta$ -Strahlen sieht man Rundzellularinfiltration der Neubildung, eine sehr deutliche Proliferation der Endothelzellen der Blutgefäße und eine Vermehrung des fibrösen Gewebes, die nicht nur auf Zerstörung der Parenchymzellen, sondern auf eine aktive Vermehrung zurückzuführen ist.  $\gamma$ -Strahlen wirken stärker zerstörend noch auf das Stroma, doch tritt kaum aktive Bindegewebsvermehrung auf. Trotzdem die Bestrahlung der Haut eine wesentlich stärkere ist als die der in der Tiefe gelegenen Tumoren, ist die Einwirkung durch die „selektive Wirkung“ der Strahlen auf pathologisches Gewebe eine viel stärkere. Zur Behandlung tiefgelegener Tumoren ist es am besten, das Radium in die Tumormasse hineinzubringen, während bei Bestrahlung oberflächlicher Tumoren das Radium in gewisser Entfernung von der Haut anzubringen ist. Der Autor selbst arbeitet gewöhnlich mit einer  $2\frac{1}{2}$  mm starken Platinplatte, die den größten Teil der  $\beta$ -Strahlen fernhält. Nach der Zerstörung und der Resorption eines Tumors sieht man nur gelegentlich das Verschwinden anderer Tumoren (Metastasen), so daß jeder einzelne Tumor bestrahlt werden muß. Da unter Umständen kleinere Bestrahlungsmengen einen Tumor zu vermehrtem Wachstum anreizen können, hat die Behandlung in wenigen, aber starken Bestrahlungen zu bestehen. Die früheste sichtbare Einwirkung trat  $1\frac{1}{2}$  Tage nach Beginn der Behandlung auf; häufig beginnt drei Tage nachher eine Toxämie mit Fieber, Unbehagen, Kopfschmerzen, Erscheinungen, die selten länger als 14 Tage dauern.

Manche Tumoren, selbst kleine, reagieren nicht auf Radium; das ist besonders bei den Gewächsen der Zunge und der Vulva der Fall. Die Hauptsache ist, daß es möglich ist, eine hinreichende Dosis Radium verabfolgen zu können. Besteht der leiseste Zweifel über den wahrscheinlichen Erfolg einer Kur, sollte, wenn möglich, operiert werden.

Die Hauptprinzipien der Radiumbehandlung sind:

1. den Tumor so intensiv als möglich zu behandeln; Radiumröhrchen sind möglichst in den Tumor selbst einzuführen, sonst ist er von außen zu behandeln. Metastasen müssen für sich nach den gleichen Prinzipien in Angriff genommen werden;
2. passende Filter (1— $2\frac{1}{2}$  mm dick) müssen verwandt werden, um allzu starke Entzündung zu vermeiden;
3. die Radiummenge soll so groß sein wie möglich (F. hat 205 mg Radiumbromid zur Verfügung);
4. die Bestrahlungszeiten sollen maximal sein, d. h. solange wie möglich, ohne Schädigung des gesunden Gewebes, ausgedehnt werden.

Die minimal notwendige Menge für Krebsbehandlung ist 50 mg; die geringste Dicke des Platinfilters soll  $1\frac{1}{2}$  mm betragen. Die Zeit der Bestrahlung hängt

von der Radiummenge ab und ist für 50 mg bei 1 $\frac{1}{2}$  mm dickem Platinfilter elf Stunden.

Verschiedene Radiumträger für Ösophagus, Blase, Uterus, Mastdarm werden beschrieben.

Es wurden im ganzen 117 Fälle behandelt. Komplettes lokales Verschwinden der Neubildung trat in 12% ein (alle inoperabel), Besserung in 62%, keine Änderung in 25%. Einige der Fälle, wo der Tumor lokal verschwand, starben später an inneren Metastasen.

Prophylaktisch sollte die Behandlung in jedem Falle nach Operation eingeleitet werden. Fleischmann.

**Moullin**, The treatment of malignant growths by radium. (Lancet, 20. Mai 1911, S. 1337.)

Bei den zurzeit noch vorhandenen geringen Mengen Radium kann Radiumbestrahlung nur bei malignen Tumoren kleinen Umfangs und geringer Malignität mit Zuversicht angewandt werden. Dagegen ist die Bestrahlung außerordentlich wertvoll bei der Behandlung kleiner, gutartiger Geschwülste, die erfahrungsgemäß häufig später bösartig werden. Diese Behandlungsart hat außerdem den Vorteil, daß sie keine Narbe hinterläßt. Fleischmann.

**Robinson, L.**, A note concerning the treatment of tuberculosis by „radio-active Jodine and Menthol“. (Brit. med. Journ., 8. Juli 1911, Nr. 2636, S. 66.)

Mitteilung der sehr günstigen Resultate bei der Behandlung der Lungentuberkulose, die Dr. Bernheim-Paris bereits anderweitig veröffentlicht hat.

Die Zusammensetzung des Medikaments ist folgende:

Jodpepton 0,05 g

Menthol 0,004 g

Radiumbariumchlorid  $\frac{1}{10}$  eines Tropfens der ätherischen Lösung.

Die Mischung wird in sterilisierten Tuben von 1 cm Inhalt intramuskulär gegeben, zuerst alle 2—3 Tage, dann täglich, später einen um den anderen Tag; im ganzen 40 Injektionen, die nach zehntägiger Pause wiederholt werden.

Das radioaktive Jod und Menthol soll den Kochschen Bazillus zerstören, soll ferner in intensiver Weise Streptokokken schädigen. Das Allgemeinbefinden der Patienten, ihre Kraft, Körpergewicht, Appetit nahmen wesentlich zu. Auch tuberkulöse Drüenschwellungen und Laryngitiden wurden gebessert. Jod und Menthol allein wirkten nicht in dieser Weise ein. Fleischmann.

**Sticker, Anton und Falk, Edmund**, Zur Radiumfermenttherapie. (Münch. med. Wochenschr., 1911, Nr. 29.)

**Laubenheimer, K. und Caan, A.**, Zur Radiumfermenttherapie. (Ibid., 1911, Nr. 33.)

Die günstigen Erfahrungen mit der Radiumfermenttherapie, über welche Sticker und Falk im Mai vergangenen Jahres in der Berliner medizinischen Gesellschaft berichteten, gaben Czerny Veranlassung, die Versuche im Heidelberger Samariterhaus an malignen Tumoren nachprüfen zu lassen.

Die nach dieser Methode behandelten Fälle zeigten sämtlich eine günstige Beeinflussung. Es kam in der Regel einige Stunden nach der Einverleibung des

Radiumkarbenzympräparates zu vorübergehenden reaktiven Erscheinungen (Anschwellung des Tumors, Schüttelfrost, Fieber, heftige Schmerzen), denen alsbald (meist nach 24—48 Stunden) subjektive Erleichterung und Schrumpfung der Tumoren folgten.

Muß somit in der von Sticker und Falk inaugurierten Radiumfermenttherapie der richtige Weg zu einer weiteren Vervollkommnung der Aufgabe, wirksame Radiumdepots innerhalb der Tumoren zu schaffen, erblickt werden, so warnt doch ein im Samariterhaus beobachteter Fall von Tetanusinfektion (Münch. med. Wochenschr., Nr. 17, S. 904) zur Vorsicht in dem Gebrauche organotherapeutischer Präparate.

An Stelle der nach den Angaben von Sticker und Falk hergestellten einwandfrei sterilen Präparate, wurde im Samariterhaus auch ein von Dr. Aschoff in Kreuznach verfertigtes Präparat benutzt, welches den Namen Radiolkarbenzym führt. Es trat nach der subkutanen Einverleibung bei einem Kranken Tetanus auf und war es zweifellos, daß die Infektionskeime durch das Radiolpräparat in den Organismus gelangt waren.

Sticker und Falk warnen deshalb ausdrücklich vor Nachahmungen ihrer radioaktiven Fermentpräparate — das Radiolpräparat von Aschoff enthält Gelatine, und sind auf diese die Tetanuskeime zurückzuführen; neuerdings werden radioaktive Fermentpräparate von der Radiumzentrale in Berlin unter dem Namen Radiolkarbon vertrieben — und empfehlen nur die von der Radiogen-Gesellschaft in Berlin unter dem Namen Karbo-Radiogen hergestellten Präparate.

Die Karbo-Radiogen-Präparate stehen bezüglich ihrer Sterilität unter dauernder Kontrolle des Professor Sticker in Berlin, und bezüglich ihres Gehaltes an Radium unter dauernder Kontrolle des Professor Sieveking in Karlsruhe.

Sticker.

---

**Flemming und Krustus**, Zur Einwirkung „strahlender Energie“ auf die experimentelle Tuberkulose des Auges. (Deutsche med. Wochenschr., 1911, Bd. 37, S. 1600.)

Am experimentell infizierten Kaninchenauge (Perlsuchtbouillonkultur, Impfung in die vordere Kammer oder intrakorneal) wurde die Wirkung der strahlenden Energie des Radiums, des Mesothoriums und der Sonne untersucht. Bei der Wirkung auf das Auge vor der Infektion ergibt sich bei Anwendung des Mesothoriums eine Verlängerung der Perforationszeit um mehrere Wochen, Inkubationszeit unverändert; bei der Wirkung unmittelbar nach der Infektion im Inkubationsstadium: a) Radium, Perforationszeit verlängert (vier Wochen), Inkubationszeit unverändert; b) Mesothorium, Perforationszeit und Inkubationszeit verlängert; c) Sonne, Perforations- und Inkubationszeit verlängert. Der Einfluß „strahlender Energie“ auf das klinisch erkrankte Auge äußerte sich bei allen Strahlenarten in einer verlängerten Perforationszeit bei mehreren Bestrahlungen in kleiner Dosis.

V. Salle.

---

**Eichholz**, Über Aufnahme und Ausscheidung der Radiumemanation. Inhalation oder Trinkkur? (Berliner klin. Wochenschr., 1911, Bd. 48, S. 1683.)

Die Versuche wurden mit einem Kreuznacher Aktivator entnommener Emanation durchgeführt und ergaben folgende Resultate. Die Aufnahme der Ema-

nation in das Blut und Ausscheidung aus dem Körper wird bei der Trinkkur durch vollen Magen und geringe Wassermengen verzögert, durch leeren Magen und größere Wassermengen (500—1000 g) beschleunigt. Die Trinkkur gewährleistet volle Ausnutzung der eingeführten Mengen und hat vor der Inhalationstherapie den Vorzug größerer Einfachheit und Billigkeit. Bei der Dosierung der Trinkdosis ist die Füllung des Magens zu berücksichtigen, und zwar sind bei gefülltem Magen größere Dosen zu verabfolgen. Bei Erkrankungen der Beckenorgane und bei habitueller Obstipation sind Bleibeklistiere (1000—2000 M.-E.) mit ca. 200 ccm Wasser indiziert.

V. Salle.

**Sticker, A., und Falk, E.,** Zur Radiumfermenttherapie. (Münchn. med. Wochenschr., 1911, Bd. 58, S. 1566.)

**Laubenheimer und Caan,** Zur Radiumfermenttherapie. (Münchn. med. Wochenschr., 1911, Bd. 58, S. 1781.)

Die von Laubenheimer und Caan beschriebene Tetanusinfektion nach subkutaner Einführung von „Radiokarbenzym“ ist auf die Gelatinebeimischung zurückzuführen. Das als trockenes Pulver in zugeschmolzenen Röhrchen in den Verkehr gebrachte Karbenzym, sowie das Karboradiogen sind absolut steril und zuverlässig.

Im Gegensatz zu Sticker und Falk halten die Verf. die Ätiologie der Tetanusinfektion in ihrem Fall für unaufgeklärt; es sei durchaus möglich, daß aus dem Darminhalt der Schweine Tetanussporen in das Pankreas eingewandert sind. Die Frage, ob das Radiol oder das Karbenzym die Infektion herbeiführte, bleibt offen.

V. Salle.

**Ramsauer und Caan,** Über das Verhalten der Organe nach Radiumeinspritzungen am Ort der Wahl. (Münchn. med. Wochenschr., 1911, Bd. 58, S. 1757.)

Die an Kaninchen vorgenommenen Versuche ergeben, daß auch bei subkutaner oder intravenöser Injektion (löslicher oder unlöslicher) Präparate, mit einer nennenswerten Anhäufung von Radium in irgend einem Organ nicht zu rechnen ist. Das Verhalten der Organe gegenüber dem einverleibten Radium zeigt eine deutliche Verschiedenheit: die größte Radioaktivität wurde in der Leber nachgewiesen; es folgen sodann Gehirn, Niere, Lunge, Herz, während die Untersuchung der Milz keinen nennenswerten Befund ergab. Genaueres über die gefundenen Werte muß im Original nachgelesen werden.

V. Salle.

**Frendenthal, W.,** Über die Behandlung maligner Tumoren der oberen Luftwege mittels Radium. (Arch. f. Laryngol. u. Rhinol., 1911, Bd. 25, S. 3.)

Die Behandlung wird vom Verf. durch Bestrahlung der erkrankten Partien mit Präparaten durchgeführt, die eine Radioaktivität von 1 000 000 resp. 1 800 000 besitzen und in Aluminiumröhrchen eingeschmolzen sind. Die besten Erfolge wurden bei mehr gutartigen Tumoren, z. B. dem Ulcus rodens, erzielt. Von den eigentlich malignen Tumoren erscheinen nur inoperable Fälle oder solche, bei denen die gewöhnlichen chirurgischen Methoden nicht zum Ziele führten, für die Radiumtherapie geeignet. Von der letzten Kategorie konnte ein Fall von Osteosarkom des Oberkiefers geheilt werden; ein Lymphosarkom des Nasen-

rachenraums rezidierte nach anfänglicher bedeutender Besserung. Einen glänzenden Erfolg zeitigte die Behandlung eines Rundzellensarkoms der rechten Tonsille, das in kurzer Zeit abheilte; nachträgliche Beobachtungszeit vier Jahre. Bei Karzinomen des oberen Teils des Ösophagus gelingt es, das karzinomatöse Gewebe zum Zerfall zu bringen und so die Nahrungsaufnahme zu erleichtern. Die perforale Einführung der Radiumröhre bei Karzinomen des Kehlkopfes hat sich als zwecklos erwiesen.

V. Salle.

**Hirsch,** Über kombinierte Röntgen-Radiumbehandlung bei Lidkarzinom. (Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde, 1911, Bd. 12, S. 201.)

Beschreibung eines Falles von exulzeriertem Epitheliom des rechten Unterlides, das durch kombinierte Röntgen-Radiumbehandlung mit gutem kosmetischem Erfolge geheilt wurde. Besonders günstig war der Einfluß der Radiumbestrahlung auf den Bindehautteil des Tumors. Schädliche Einwirkungen auf die Kornea und die tieferen Teile traten nicht zutage. Verwandt wurden 15 mg Radiumbromid in Aluminiumkapsel und Bleimantel mit einer 2 mm weiten Lücke. V. Salle.

**Bickel, A., und Minami,** Über die biologische Wirkung des Mesothoriums. (Berliner klin. Wochenschr., 1911, Bd. 48, S. 1413.)

Untersuchungen über die Beeinflussung der autolytischen Fermente durch das von O. Hahn entdeckte Mesothoriumbromid. Bei der Versuchsanordnung wurde die Wirkung der  $\alpha$ -Strahlen und Emanation durch Einschmelzen des Präparats in ein Glasröhrchen eliminiert, d. h., nur der Einfluß der  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen studiert. Aus den Versuchen geht hervor, daß durch die Bestrahlung von Karzinom, Sarkom und normaler Leber, unter Ausschluß einer Emanationswirkung und der  $\alpha$ -Strahlen, eine Beeinflussung der autolytischen Fermente nicht stattfindet. Wenn die Annahme zutrifft, daß die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen des Radiums mit den  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen des Radiums in jeder Beziehung identisch sind, so muß auch die bei Radiumeinwirkung beobachtete Aktivierung der autolytischen Fermente lediglich eine Wirkung der Emanation bzw. der  $\alpha$ -Strahlen sein. Von diesem Gesichtspunkt aus glauben Verf. den Untersuchungsergebnissen eine prinzipielle Bedeutung zuschreiben zu müssen.

V. Salle.

**Czerny, V., und Caan, A.,** Über die Behandlung bösartiger Geschwülste mit radioaktiven Substanzen, speziell mit Aktinium. (Münchn. med. Wochenschr., 1911, Bd. 58, S. 1801.)

Bericht über die Behandlung von 20 Fällen mit Aktinиеinspritzungen (12 Mammakarzinome, 2 Rektumkarzinome, 1 bronchiogenes Karzinom, 1 Orbital-sarkom, 1 Myxosarkom des Beckens, 2 Lymphosarkome). Es konnten in vereinzelten Fällen subjektive wie objektive Besserungen festgestellt werden, die weitere Versuche berechtigt erscheinen lassen. Jedenfalls ist die Wirkung des Aktiniums nicht schlechter als der Radiumpräparate.

V. Salle.

**Arendt, E.,** Die Behandlung inoperabler Karzinome des Uterus mit Radiumstrahlen. (Deutsche med. Wochenschr., 1911, Bd. 37, S. 1478.)

Die Behandlung wurde nicht mit einem der üblichen Radiumpräparate, sondern mit der gepochten Uranpechblende, die durch ein besonderes Reinigungs-



und Konzentrierungsverfahren für den speziellen Zweck geeignet gemacht wurde, durchgeführt. Technik: Exkochleation der karzinomatösen Massen; Ausbrennen mit glühendem Weißlicht und Einlegen von Gazestreifen mit 30%iger Chlorzinklösung; nach 2—3 Tagen Einführen von Kondomfingerlingen mit Uranpechblende. Die Radiotherapie findet ihre Indikation bei aussichtsloser Radikaloperation und als Schutz vor Rezidiven nach der erweiterten Radikaloperation. Dabei sind hohe Intensitäten einer kleinen Strahlenquelle zu meiden und ihnen umfangreiche Flächen von geringer Radioaktivität vorzuziehen; gleicherweise ist die Dauerwirkung geringer Radioaktivität der kurzdauernden Einwirkung hoher Aktivität vorzuziehen. Die Radiumtherapie überragt in ihrer Wirksamkeit alle bisher angewandten Methoden, ohne ein Heilmittel par excellence für das Karzinom des Uterus zu bilden. Von 26 behandelten Fällen sind 6 in gutem Allgemeinzustand.

V. Salle.

**Plek,** Über einen geheilten Fall von chronischer Stirnhöhlen-eiterung mit radiumemanationshaltiger Luftdruckerniedrigung, untermischt mit Adrenalinnebel. (Deutsche med. Wochenschr., 1911, Bd. 37, S. 1173.)

Bei einer 34-jährigen Patientin entwickelte sich im Anschluß an eine akute Rhinitis eine chronische Stirnhöhleneiterung mit starken Kopfschmerzen, Atembeschwerden usw. Trotz vierjähriger spezialistischer Behandlung keine Besserung, dagegen eklatantes Zurückgehen der objektiven und subjektiven Erscheinungen auf eine Radiumtrinkkur, kombiniert mit Einatmung von mit Adrenalinnebel geschwängelter verdünnter Luft.

In einem „Nachtrag“ zu obiger Mitteilung (Deutsche med. Wochenschr., 1911, Bd. 37, S. 1801) berichtet Verf., daß eine Nachuntersuchung nach sechs Monaten eine vollkommene Heilung der Erkrankung ergab. V. Salle.

**v. Bolton,** Einige biologische Wirkungen des radioaktiven Thoriummetalls. (Zeitschrift f. Elektrochem., Sept. 1911.)

Im physikalisch-chemischen Laboratorium von Siemens & Halske A.-G. am Nonnendamm in Berlin setzte Dr. Bolton je 10—15 Stück des einfachsten existierenden Wirbeltieres, des Lanzettfischchens *Amphioxus lanceolatus*, das von der biologischen Station Helgoland bezogen war, in sechs Akkumulatoren-gläser, deren jedes mit 200 g ausgekochtem Meersand und zwei Litern Nordseewasser gefüllt war, ließ bei Tag und Nacht mittels Glasröhren Luft durch das Wasser gehen und das durch Verdunstung verschwundene Wasser mit destilliertem Wasser ersetzen, damit die Konzentration des Seewassers unverändert erhalten blieb.

Die Fischechen vergruben sich bald teilweise im Sand zu apathischer Ruhelage. Um zu erkennen, ob sie noch lebten, schickte er dann durch das Wasser mittels zweier Kohleelektroden für 2—3 Sekunden einen elektrischen 220 Voltstrom, woraufhin die etwa noch lebenden Fischchen sich lebhaft bewegten.

Die Gefäße blieben monatelang stehen, und aus dem Nordseewasser entwickelten sich dabei Algen- und wohl auch Bakteriensiedlungen an den Gefäßwänden, und zwar stark, wenn, wie bei dem einen der sechs Gefäße, ausschließlich Meeressand und Nordseewasser vorhanden war. War hingegen Thoriummetall oder Thoriumoxyd dem Meeressande beigemischt worden, so entwickelten sich die

Algensiedlungen schwächer. Gleichzeitig fand sich dann aber eine verlängerte Lebensdauer der Lanzettfischchen. Das Ergebnis sei hier zu folgender Tabelle vereinigt:

	Sandbeimischung	Nach	leben noch	Algenbildung
1.	—	5 Wochen	0 % Fische <sup>1)</sup>	stark
2.	10 % Thoriummetall	3 Monaten	10 „ „	schwächer
3.	25 „ „	3 „	30 „ „	nur Spuren
4.	50 „ „	7 „	90 „ „	„ „
5.	25 „ Thoriumoxyd	3 „	10 „ „	etwas
6.	50 „ „	7 „	10 „ „	etwas

Diese Tabelle zeigt, daß das Thoriummetall auf tierisches Leben günstig und erhaltend, auf pflanzliches schädlich einwirkt. Welche Zerfallsprodukte des radioaktiven Thoriums die eigentliche Ursache hierfür sind, wurde nicht festgestellt. Die Schädlichkeit des Thoriums gegenüber pflanzlichem Leben zeigte sich auch stark bei Graswuchsversuchen auf mit Thorium gemischter Gartenerde.

Schnackenberg.

### Buchbesprechung.

**Mme. P. Curie**, Die Radioaktivität. Autorisierte deutsche Ausgabe von Dr. B. Finkelstein. 2 Bde. 419 und 583 S. gr. 8°. 200 Fig. und 7 Taf. (Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1911 und 1912.)

Das im Anfang dieses Jahres in französischer Sprache erschienene, umfassende Werk der Frau Curie über die Radioaktivität liegt nunmehr auch in deutscher Übersetzung abgeschlossen vor. Das Werk ist aus den Vorlesungen hervorgegangen, die die berühmte Entdeckerin des Radiums in den letzten Jahren an der Sorbonne über diesen Gegenstand gehalten hat. Durch diesen Umstand ist ihm der Charakter eines Lehrbuchs gewahrt geblieben, obwohl es sich durch seinen Umfang und durch die Vollständigkeit, mit der die Materie behandelt ist, als ein Handbuch der gesamten Radioaktivität darstellt.

Der erste Band ist mit dem Bildnis des der Wissenschaft allzufrüh entrisenen Gatten der Verfasserin geschmückt. Im ersten Kapitel wird das Verhalten der Elektrizität in Gasen behandelt, also die Theorie der Gasionen und Elektronen, Kathoden-, Kanal- und Röntgenstrahlen und deren Verhalten im elektrischen und magnetischen Felde. Daran schließen sich die Meßmethoden der Radioaktivität und deren Apparaturen an.

In historischer Darstellung folgt nun die Entdeckung der Radioaktivität durch H. Becquerel am Uran und diejenige des Radiums und Poloniums durch

<sup>1)</sup> Sämtlich verwest.

die Verfasserin, sowie die Isolierung dieser neuen radioaktiven Elemente und ihrer Nachfolger. Daran schließen sich die kurzlebigen Metabole, vor allem die radioaktiven Emanationen und deren weitere Zerfallsprodukte, um mit der Darstellung der Theorie vom radioaktiven Atomzerfall zu schließen.

Der zweite Band beginnt mit dem Kapitel über die Natur der Strahlung, das fast den vierten Teil des Gesamtumfanges des Werkes beansprucht. Hier findet man alles zusammengetragen, was über die Natur der  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ -Strahlen, ihr Verhalten bei der Absorption durch Schirme, ihre Energie, ihre Ladung durch die mühsamen Untersuchungen hervorragender Physiker der ganzen zivilisierten Welt bekannt geworden ist. Spezielle Wirkungen der Strahlen, wie die durch sie hervorgerufenen Fluoreszenzerscheinungen, die chemischen Wirkungen und die Wärmeentwicklung werden in den beiden folgenden Kapiteln behandelt. Daran schließt sich dann die systematische Darstellung des genetischen Zusammenhanges der radioaktiven Stoffe, die auf höchstens drei Familien beschränkt sind, deren Stammväter das Uran und Thorium, sowie das Aktinium repräsentieren, von denen das letztere sich ja wahrscheinlich auch vom Uran ableitet.

Das letzte Kapitel behandelt die Radioaktivität des Erdbodens, der Gewässer und der Atmosphäre und schließt mit der Besprechung der wichtigen Rolle der radioaktiven Stoffe für den Wärmehaushalt von Sonne und Erde.

Einige Ergänzungen, die seit dem Erscheinen der französischen Ausgabe des Werkes notwendig geworden sind, finden sich in Nachträgen am Schluß der deutschen Übertragung.

Diese ist flüssig und zeigt, daß auch der Übersetzer den Gegenstand vollkommen beherrscht. Er sowohl, wie die Verlagsbuchhandlung, die diesem Standardwerke eine würdige Ausstattung gegeben hat, haben sich durch die schnelle Herausgabe der deutschen Übertragung ein großes Verdienst erworben. Denn für jeden, der sich eingehend mit den radioaktiven Erscheinungen vertraut machen will, ist dieses Buch kaum noch zu entbehren. Aber auch derjenige, der nicht in alle Tiefen dieser Materie einzudringen beabsichtigt, wird von der Lektüre des Werkes einen hohen Genuß haben, weil es sehr wenig voraussetzt und leicht faßlich geschrieben ist.

Ein kleiner Mangel, den das Buch bei der Benutzung als Nachschlagewerk empfinden läßt, soll schließlich nicht verschwiegen werden. Die Verfasserin zitiert wenig, unvollständig und unzureichend auch darin, daß bei den Zitaten die Seitenzahlen fehlen.

W. Marekwald.

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1911

Heft 6

## Messmethoden der Radioaktivität und ihre Anwendung in der Radiotherapie.

Von Dr. Bennewitz.

(Schluß.)

### II.

#### 3. Maßeinheiten.

##### Gewicht und Aktivität.

Nach den bisherigen allgemeinen Betrachtungen ist es nötig, nunmehr auf die Auswertung der Messungen einzugehen.

Wie bei allen chemischen Messungen ist auch hier das Fundament das Gewicht der Materie. 1 mg oder 1 g Radium, oder die mit dieser Mengen im Gleichgewicht befindlichen Gewichte von Emanation sind die Standards, die Gewichtsstücke, nach denen zu messen ist. Nun kann man die hier auftretenden Millionstel von Grammen nicht gut mehr wägen, wohl aber durch Strahlung vergleichen. Daraus folgt, daß alle Messungen nur vergleichende, nicht aber absolute sein können. Aus einer Messung allein kann man also niemals auf den Radiumgehalt der Substanz schließen; es gehört vielmehr immer eine Vergleichssubstanz von bekannter Stärke dazu. Führen wir zwei Messungen nach einer der exakten Methoden, als welche wir kennen lernten

- a) die  $\gamma$ -Strahlenmessung,
- b) die Emanationsmessung,

aus, so bekommen wir aus dem Verhältnis der Aktivität beider Substanzen, ausgedrückt in Volteinheiten oder Macheeinheiten (siehe später), das Verhältnis ihres Radiumgehaltes.

Diese beiden Messungen müssen aber, um vergleichbar zu sein, unter völlig identischen Bedingungen ausgeführt werden. Daraus geht hervor, daß es eigentlich ein Widersinn ist, Präparate nach ihrer Aktivität beurteilen zu wollen, oder etwa ihren Preis nach Macheeinheiten zu normieren. Berechtigung erhält dieses trotzdem gebräuchliche Verfahren nur dann, wenn zugleich die Methode, nach der gemessen wurde, genau angegeben ist. — Nun haben sich einige solcher Wertangaben allmählich eingebürgert, und wir sind gezwungen, auf diese nicht sehr wissenschaftlichen, aber immerhin praktischen Maße einzugehen.

**Volteinheit.**

Die Skalen der Elektroskope besitzen eine willkürliche Teilung. Jeder Blättchenstellung auf der Skala entspricht eine gewisse in Volt auszudrückende elektrische Spannung, die aus einer dem Instrument beigegebenen Tabelle zu entnehmen ist. Was uns interessiert, ist die durch Vorhandensein elektrischer Strahlungen bewirkte Abnahme dieser Spannung während einer bestimmten Zeit, etwa einiger Minuten, woraus sich der Voltabfall über eine Stunde berechnen läßt. Damit erhält man die Aktivität in „Volteinheiten“.

Beispiel:	$11^{\circ} 15'$	245,6 Volt
	$11^{\circ} 21'$	217,4 Volt
	Differenz $6'$	28,2 Volt.

Also 28,2 Voltabfall in 6 Minuten, mithin

282 Voltabfall in 1 Stunde = 282 Volteinheiten.

**Macheinheit.**

Die Angabe in Volteinheiten trägt noch manche Willkürlichkeit in sich, vor allem die Kapazität des Instrumentes, die bei jedem Meßapparat festgestellt und in der Eich-tabelle notiert ist. Mit dieser Zahl multiplizieren wir den Voltabfall pro Stunde. Um das von Make vorgeschlagene absolute Maß zu erhalten, fügen wir ein für allemal noch einige Faktoren hinzu.

1. Dividieren wir durch 300, um die Volts in elektrostatische Einheiten zu verwandeln.

2. Dividieren wir durch 3600, um die Stunden in Sekunden zu verwandeln.

3. Multiplizieren wir mit 1000, um Dezimalbrüche zu vermeiden.

Das Resultat sieht so aus:

$$\frac{\text{Voltabfall pro Stunde} \cdot \text{Kapazität} \cdot 1000}{300 \cdot 3600}$$

Bei Verwendung ein und desselben Instruments braucht man die Rechnung nur einmal vorzunehmen. Ist die Kapazität (etwa wie bei Elster und Geitelschen Elektroskopen in Verbindung mit einer Zweiliterkanne) etwa 9,5 cm, so ergibt sich in Make-einheiten

$$\frac{\text{Voltabfall pro Stunde}}{114}$$

Diese Einheit kann auf wissenschaftliche Bedeutung Anspruch machen. Daß häufig auch Volteinheiten angegeben werden, liegt

darin, daß sich die Mehrzahl der Messenden des Elster und Geitelschen Elektroskops mit einer Zweiliterkanne bedient, dessen Kapazität nur wenig um 9,5 cm schwankt. So lassen sich diese Angaben rechtfertigen. — Neben der Kapazität spielt noch die Form der Kanne eine Rolle, die die Douanesche Formel darzustellen sucht. Doch hat sie für uns keine Bedeutung:

#### **Uraneinheiten.**

Die namentlich in Frankreich üblichen Angaben in Uraneinheiten beziehen sich auf die  $\alpha$ -Strahlenmessung fester Körper, von der gesagt wurde, daß sie nur Näherungswerte liefern könne. Diese Einheit entbehrt einer exakten wissenschaftlichen Grundlage, wenn sie auch historisch den Prioritätswert hatte. Man setzt reines Radium = 2 000 000 Uraneinheiten, versteht also darunter nicht etwa eine Gewichtsmenge, sondern eine Konzentration, im Gegensatz zur Volt- und Macheeinheit, die Äquivalente für Mengen darstellen.

#### **„Curie“.**

Trotzdem alle diese Einheiten nur Notbehelf darstellen, sind sie die in der Wissenschaft und im Handel hauptsächlich benutzten. Die neuerdings vorgeschlagene, wesentlich berechtigtere Einheit, das „Curie“, ist der Praxis noch nicht zugänglich, da die zur Herstellung eines Weltstandards unternommene Arbeit noch nicht abgeschlossen ist. Wir wollen nur erwähnen, daß sie als Grundlage die mit einem Gramm reinem Radium im Gleichgewicht befindliche Menge Emanation benutzt<sup>1)</sup>.

#### **4. Praktische Messungen.**

Im folgenden sollen einige Meßmethoden besprochen werden, die sich durch Einfachheit der Mittel und relative Güte auszeichnen. Es braucht nicht betont zu werden, daß die Auswahl unvollständig ist; auch andere Wege führen zum Ziel. Ferner ist fast ausschließlich auf das Elektroskop von Elster und Geitel bezug genommen; natürlich leisten auch andere Instrumente gute Dienste. Auf Kosten einer Vollständigkeit haben wir uns bemüht, lediglich an diesem einen Apparat auf all die kleinen Schwierigkeiten einzugehen, die dem Messenden entgentreten und die das Resultat erheblich beeinflussen können. So werden wir zuerst das Meßinstrument und seine Fehler besprechen, danach Gebrauchsanweisungen für die Messungen selber geben.

<sup>1)</sup> Näheres über diese Fragen siehe E. Rutherford, Radiumnormalmaße, 1911.

### Behandlung des Meßinstruments.

Aus der jedem Instrumente beiliegenden Anleitung ist die Aufstellung und Behandlung zu ersehen. Das Laden erfolgt am besten durch ein Zelluloidstäbchen, das am Zerstreungsstab vorsichtig gerieben, jede Einstellung der Blättchen ermöglicht. Der Zerstreungsstab muß durch die Mitte des Deckels gehen, was durch Biegen des Oberteils geschieht. Die Skala ist bis zum Ausschlag aufzuklappen; vor der Ablesung ist die Linse einzustellen, und zwar muß erstens die Skala scharf zu sehen sein, zweitens deren oberer Rand mit dem des Spiegels abschneiden. Die Gleichstellung beider Blättchen erfolgt praktisch durch Unterlegen eines Holzkeils unter die Kanne; dabei werden immer die inneren Kanten der Blättchen abgelesen, die möglichst schwarz auf weißem Grunde erscheinen sollen. Die Zehntelteilstriche werden geschätzt. Bei nicht zentralem Visieren begeht man Fehler; man lese immer so ab, daß der obere Skalenrand den Gesichtskreis halbiert und der jedesmal abzulesende Punkt in der Mitte des Bildes liegt.

Vor jeder Messung ist der Leerabfall zu bestimmen!

Tritt ein momentanes Zusammenklappen der Blätter ein, so kann ein Staubteilchen schuld sein, das sich zwischen Zerstreungsstab und Deckel befindet; man entfernt es mit einem spitzen Gegenstand, nicht durch Blasen.

Ein schneller Fall kann auf Aktivität der Kanne oder des Zerstreungsstabes deuten. Man beseitigt diesen Fehler wenigstens teilweise durch Ausspülen mit verdünnter Salzsäure oder Scheuern mit Schmierseife.

Auch kann die Feuchtigkeit im Elektroskop die Isolation beeinträchtigt haben. In diesem Falle führt man in den seitlichen Ansatz ein Stück Natriummetall ein. (Nicht unnötigerweise!)

Bei trockener Witterung ist es gut, die Kanne mit einer Gas- oder Wasserleitung metallisch zu verbinden, um eine sichere Erdung zu erzielen.

Man beobachtet bisweilen ein einmaliges Knicken des einen Blättchens (Krikrierscheinung), wenn dieses sich etwas durchgebogen hat. Man wiederhole dann unbedingt die Messung. Die Blättchen fallen häufig auf beiden Seiten ungleich. Diese Eigenschaft ist nicht zu ändern, führt aber, wenn der Unterschied nicht groß wird (kleiner als ein Teilstrich), nicht zu erheblichen Fehlern.

Wenn man über eine zu kleine Strecke, etwa nur zwei Teilstriche, beobachtet, so kann man große Fehler begehen; ange-

nommen, man versehe sich beim Ablesen jedesmal um  $\frac{1}{10}$  Teilstrich, was leicht möglich ist, so begeht man bereits einen Fehler von maximal 10%. Man mache sich zur Regel, den Normalabfall nie unter 6 Minuten zu messen, bei guten Kannen nicht unter 10—20 Minuten. Stärkere Präparate messe man am besten zwischen den Grenzen  $17 \div 17 = 34$  und  $10 \div 10 = 20$ , wobei der Fall bei genauen Messungen nicht weniger als 40 Sekunden dauern soll, anderenfalls der Sättigungsstrom nicht mehr voll erreicht ist. Man gehe jedenfalls nie unter  $8 \div 8 = 16$  Teilstriche. Zur Zeitmessung ist eine Stoppuhr für diesen Fall unerlässlich.

Bei länger ausgedehnten oder öfters wiederholten Messungen entweicht ein nicht unbedeutlicher Teil der Emanation durch die Öffnung des Deckels, namentlich wenn der Beobachtungsraum gegen Luftströmungen schlecht geschützt ist. Man kann dies zum Teil vermeiden, wenn man die Öffnung in der Zwischenzeit mit einem geeignet geschnittenen Blatt Papier bedeckt.

Nach der Messung fülle man die Kanne gänzlich mit Wasser, um die Emanation herauszutreiben, die anderenfalls die Gefäße bald unbrauchbar machen würde. Dies Spülen geschieht am besten in einem anderen Raume, um den Beobachtungsraum nicht unnötig zu infizieren. Überhaupt schütze man den Meßapparat vor Emanation und vermeide jede Berührung des Zerstreungsstabes mit den Händen oder gar mit aktiven Substanzen.

Der Normalabfall eines neuen Instruments beträgt etwa 100 Volteinheiten. Die Messungen sind brauchbar, wenn er nicht wesentlich über 10% des Gesamtabfalles steigt.

Bei Benutzung von Gummistopfen versehe man diese unten mit einem aufgeklebten Stanniolbelag, um die Absorption der Emanation durch den Gummi, die recht erheblich ist, zu vermeiden.

Die Beobachtung aller dieser Vorschriften, so kleinlich sie auch erscheinen mögen, ist für eine einigermaßen exakte Messung unerlässlich.

#### **Gebrauchsanweisungen für Messungen.**

##### **a) Messung starker Präparate.**

Unter starken Präparaten verstehen wir solche von mehr als etwa 1 mg Radiumbromid. Für solche ist allein die  $\gamma$ -Strahlungsmessung an Platze.

Man bestimme zuerst, nachdem alle radioaktiven Präparate mindestens 15 m entfernt sind, den Normalabfall des Elektroskops,



für das man hierbei ein Elster und Geitelsches auf einer Zweiliterkanne oder ein Wulfsches mit aufgesetzter Kammer benutzen kann. Dann stelle man ein geeichtes oder sonst bekanntes Präparat von etwa gleicher Größenordnung wie das zu messende ohne unnütze Umhüllung (Glasröhren, Glimmerscheiben, dünnes Holz stören dabei nicht) in angemessener Entfernung (1 mg etwa 20 cm, 10 mg etwa 50 cm, 100 mg etwa 140 cm) in gleicher Höhe mit der Ionisationskammer resp. der Kanne dicht hinter einem Bleischirm auf. Dieser soll am besten eine Dicke von 7—10 mm besitzen und kann aus mehreren Lagen Blei bestehen. Vom Präparat aus gesehen, soll der ganze Meßapparat vom Schirm verdeckt sein. Nunmehr lade man wiederum auf, messe und berechne den Voltabfall pro Stunde. Sollten die Blättchen schneller zusammengehen, als oben angegeben, oder schneller, als daß man die Zehntelskalenteile noch sicher schätzen könnte, so vergrößere man die Entfernung. Die geeignete Stelle des Präparats, bei welcher eine definitive Messung vorgenommen wurde, ist nun möglichst genau zu fixieren, sowohl was Lage als Höhe betrifft. Danach entferne man das Präparat aus dem Raum und ersetze es, ohne an der Aufstellung zu ändern, durch das zu messende. Man wiederhole die Messung, rechne auf die Stunde um und subtrahiere von beiden Werten den Normalverlust. Daraus erhält man das Stärkeverhältnis, mithin auch Mengenverhältnis beider Präparate. Voraussetzung dabei ist aber, daß sich beide seit mindestens 4 Wochen in einem gasdicht geschlossenen Gefäß befunden haben. Anderenfalls können große Abweichungen gefunden werden. Man hilft sich, falls man hierüber nicht sicher ist, dadurch, daß man jedenfalls das zu messende Präparat vor der Messung luftdicht verschließt und die ganze Messung nach einiger Zeit, etwa 3,8 Tagen wiederholt. Ist dann der Wert gestiegen, so bedeutet dies, daß das Präparat noch nicht im Gleichgewicht war. Man folgert dann so: In 3,8 Tagen hat sich die Hälfte der bei der ersten Messung noch fehlenden Aktivität gebildet. Zu dem zuletzt erhaltenen Resultat ist also die Differenz noch einmal hinzuzufügen. Man habe gefunden:

4. Sept. 1 <sup>h</sup> Mittags	3,74 mg	RaBr <sub>2</sub>
8. Sept. 8 <sup>h</sup> Morgens	4,15	„ „
Differenz 3,8 Tage	0,41	„ „
also Schlußresultat	4,56	„ „

Scheut man eine Umrechnung nicht, so kann man bereits

nach kürzerer Zeit die zweite Messung vornehmen, begeht dann natürlich auch größere Fehler. Hierzu diene die folgende Tabelle. Es bildet sich nach der Zeit *a* die Menge *b* in Bruchteilen der Gleichgewichtsmenge:

a Stunden	b Bruchteil	a Stunden	b Bruchteil	a Stunden	b Bruchteil
24	0,165	48	0,302	72	0,424
30	0,202	54	0,332	78	0,449
36	0,237	60	0,371	84	0,473
42	0,270	66	0,398	90	0,496

b) Messung von schwachen Präparaten.

Handelt es sich um die Messungen von einem solchen Präparat, dessen Radiumgehalt einen geringeren Bruchteil eines Milligramms beträgt, so versagt die  $\gamma$ -Strahlenmessung. Es handelt sich dann zuerst darum, nachzuweisen, ob das Präparat überhaupt aktiv ist. Dazu dient folgende Methode.

Das Präparat, etwa ein Erz, ein Schlamm oder irgend welche Rückstände, wird fein pulverisiert und in eine trockene Zweiliterkneißkanne gebracht. Das Pulver soll in etwa 1 mm dicker Schicht den Boden der Kanne möglichst gleichmäßig bedecken. Eine Messung gibt alsdann qualitativen Aufschluß. Quantitativ läßt sich so nichts oder nur sehr ungenaues ermitteln; das kann nur durch die unter e gestreifte Methode geschehen, die jedoch schon einige Schwierigkeiten bietet. Nur roh kann man auf obige Weise das Verhältnis etwa zweier Erze bestimmen, die chemisch ähnlich zusammengesetzt, gleich fein gepulvert sind und von denen gleiche Mengen genommen wurden. Hierbei spielt noch der Feuchtigkeitsgehalt eine wesentliche Rolle. Die Aktivität etwa eines angefeuchteten Schlammes messen zu wollen, hat wissenschaftlich keinen Sinn; wohl aber kann man auf die therapeutische Wirksamkeit einen rohen Schluß ziehen.

c) Messung von Luft und Gasen.

Diese Art findet z. B. Anwendung bei natürlichen und künstlichen Inhalatorien, d. h. bei Räumen, die mit einer aus Quellen oder besonderen Apparaten entstehenden Emanation beschiekt sind. Da es sich hier nur um Feststellung der Aktivität, nicht aber um Messung einer Gewichtsmenge Radium handelt, rechnet man hier am besten nach Macheeinheiten. Man verfährt folgendermaßen.

Es wird der Normalabfall einer mit Leitungswasser ausgespülten Kanne bestimmt. Dies Ausspülen bezweckt die Benetzung der Kannenwände, welche nötig ist, da die eigentliche Messung ebenfalls mit nassen Wänden ausgeführt wird. Ein derartiger Wasserüberzug kann den Normalverlust namentlich einer bereits etwas infizierten Kanne erheblich herabsetzen, indem er die  $\alpha$ -Strahlung des auf den Wänden befindlichen aktiven Niederschlages absorbiert. Nun füllt man die Kanne vollständig mit Wasser und verschließt sie mit einem Stopfen (Stanniolbelag!). Dann begeben man sich in den Inhalationsraum, der gegen Zugluft sicher sein muß. Nachdem der Raum nun gleichmäßig mit Emanation angefüllt ist, was bei guter Ventilation oder tüchtigem Fächeln nach 10 Minuten der Fall sein wird, gieße man an einer beliebigen Stelle des Raumes das Wasser aus, verstöpfe die Kanne und begeben sich in einen von Emanation freien Raum, wo man nach 3—5 Stunden eine Messung vornimmt. Der Normalabfall wird abgezogen, das Resultat durch 2 dividiert, da der Inhalt der Kanne ja zwei Liter beträgt, und das Ergebnis in Volteinheiten erhalten. Zur Verwandlung in Macheinheiten dividiert man durch den oben definierten Faktor.

Beispiel:	Sekunden	Volt	Differenz	Zeit	Volt/Stunde
17,0 + 15,9 = 32,9		230,3	} 4,6	6 Min.	46
16,3 + 15,3 = 31,6		225,7			
Messung des Inhalatoriums:					
17,0 + 16,6 = 33,6		232,8	} 40,5	2 Min.	1215
13,1 + 12,9 = 26,0		192,3			
1215					
— 46					
1169		1169 : 2 = 585			Volteinheiten
		= $\frac{585}{114}$			= 5,13 Macheinheiten

Bei dieser Ausführung wirkt natürlich auch die auf den Wänden der Kanne befindliche „induzierte Aktivität“, d. h. die Zerfallsprodukte der Emanation, aktivierend auf die Luft der Kanne ein. Man mißt also eigentlich die Emanation im Gleichgewicht mit ihren Zerfallsprodukten. Man kann nun auch 10 Minuten, statt 3—5 Stunden warten, erhält dann aber einen um etwa 25% niedrigeren Wert. Auf diesen wird bei den gewöhnlichen Inhalatoriumsmessungen meistens Bezug genommen. Denn in der Praxis handelt es sich weniger um exakte, als um schnelle, orien-

tierende Messungen. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen ist nur der Dreistundenwert berechtigt.

d) Messung von Flüssigkeiten.

Das Verfahren ist dem unter c) angegebenen sehr ähnlich. Man bringt das zu messende Quellwasser oder die aktive Flüssigkeit vorsichtig in eine Meßkanne, deren Normalabfall bei nassen Wänden man vorher wie bei c) gemessen hat. Die benötigte Flüssigkeitsmenge hängt von der Aktivität ab; man wird bei natürlichen Quellwässern am besten  $\frac{1}{2}$  bis 1 Liter nehmen, bei stärkeren Lösungen geht man nicht gern über etwa 60 Macheinheiten, um noch gute Resultate zu erhalten.

Die Kanne wird sofort nach dem Einfüllen mit einem Gummistopfen (Stanniolbelag!) geschlossen, 1 Minute stark geschüttelt und bleibt 3 Stunden stehen. Danach wird das Elektroskop schnell aufgesetzt und sofort gemessen. Bei dieser Methode mißt man wieder die induzierte Aktivität im Gleichgewicht mit. Man pflegt nun bisweilen diese nachträglich zu bestimmen, indem man die Kanne entleert, oberflächlich ausspült und sofort wieder mißt. Den so erhaltenen Wert betrachtet man gewissermaßen als Normalverlust und zieht ihn von dem ersten Wert ab. Dieses Verfahren ist jedoch nicht zweckmäßig, indem eine an sich exakt ausführbare Hauptmessung durch Vereinigung mit einer nur näherungsweise möglichen verschlechtert wird. Denn die Restaktivität ist sehr instabil; sie klingt ja in wenigen Minuten bezüglich ihres Radium-A-anteils ab. — Auch in diesem Punkte ist die Praxis der Radiummessung noch nicht eindeutig festgelegt.

Benutzt man bei obiger Methode größere Mengen Wassers, so muß eine Korrektur angebracht werden, die sich auf die vom Wasser absorbierte Emanation bezieht. Dieser Korrektionsfaktor lautet für die Zweiliterkanne:

$$\left(1 + 0,23 \frac{w}{2000 - w}\right)$$

Hierbei bedeutet w die Wassermenge in ccm.

Die Korrektur ist bei kleineren Wassermengen (100 ccm) nicht von Bedeutung, wie man leicht aus dieser Formel ersehen kann. Handelt es sich um ein anderes Lösungsmittel für die Emanation als Wasser, etwa Blut, so tut man gut, wenn man über seine Absorptionsfähigkeit nicht orientiert ist, mit kleinen Mengen davon zu arbeiten.

Enthält die Lösung neben der Emanation auch noch seine Muttersubstanz, das Radium, selber, und will man dies bestimmen, so verfährt man am besten wie folgt.

Man bringt eine gemessene Menge der Lösung in einen kleinen Glaskolben mit langem Hals, kocht sie 15 Minuten aus, füllt den Kolben bis an den Hals, schmelzt diesen ab und läßt ihn mehrere Tage stehen. Dann zerschlägt man den Kolben in einer Zweilitermeßkanne und verschließt diese, um nach weiteren 3 Stunden eine Messung vorzunehmen. Nach der Tabelle auf Seite 7 kennt man den Bruchteil an Emanation, der sich vom Moment des Zuschmelzens bis zur Messung gebildet hat. Hieraus berechnet sich die Stärke der Lösungen in Macheinheiten. Beispiel:

Normalverlust der Kanne 120 Volt,  
 2. Sept. 5<sup>15</sup>: 20 ccm Lösung ausgekocht und abgeschmolzen,  
 5. „ 10<sup>15</sup>: Kolben zerschlagen,  
 5. „ 1<sup>15</sup>: gemessen, gefunden 4200 Volt.  
 Zeit: 68 Stunden, also 0,407 gebildet.

Im Gleichgewicht:  $\frac{4200}{0,407} = 10320$  Volt,

Kapazität = 9,5, also Faktor 114,  
 mithin  $\frac{10320}{114} = 90,5$  Macheinheiten in 20 ccm.

e) Absolute Messung.

Diese Methode soll nur skizziert werden, da sie besondere Hilfsmittel erfordert. In besonderen Kölbchen löst und kocht man eine gewogene Menge Uranpechblende in Salzsäure, läßt die in einer bestimmten Zeit gebildete Emanation in einen evakuierten Ionisationszylinder strömen und mißt nach 3 Stunden. Da man aus anderen Daten den Radiumgehalt der Pechblende kennt, so kann man berechnen, wieviel Volteinheiten einer gewissen Gewichtsmenge Radium entsprechen. Mit dem so geeichten Zylinder kann man nun Lösungen auf ihren absoluten Radiumgehalt bestimmen, aber auch feste Körper, wie Rückstände usw., die man durch Säuren in Lösung gebracht hat.

Phys. Chem. Institut, Berlin.

Aus der I. Medizinischen Universitätsklinik zu München.  
 Direktor: Geheimrat Prof. Dr. v. Bauer.

## Arthritis urica unter Radiumemanation.

Von H. Mandel.

Die Radiumtherapie bei Gicht findet ihre theoretische Begründung in zwei Entdeckungen der neuesten Zeit.

Einmal in der Feststellung von Neuberg<sup>1)</sup>, Wohlgemuth<sup>2)</sup>, daß die Radiumstrahlen, von Braunstein und Bergell<sup>3)</sup>, Bergell und Bickel<sup>4)</sup>, Loewenthal und Edelstein<sup>5)</sup>, Loewenthal und Wohlgemuth<sup>6)</sup>, Stephan<sup>7)</sup>, van der Velden<sup>8)</sup> u. a.<sup>9)</sup>, daß die Radiumemanation eine aktivierende Wirkung auf die verschiedensten Fermente (autolytische Fermente, Pankreasferment, Pepsin, Milchsäuregärung und Diastase u. a.) ausübt.

Dann in der Beobachtung Gudzents<sup>10)</sup>, bei dessen Versuchs-anordnung Mononatriumurat unter dem Einfluß von Radiumemanation in löslichere Formen übergeführt und bis zu Kohlensäure und Ammoniak zersetzt wird.

Seit den Arbeiten von Brugsch und Schittenhelm<sup>11)</sup>, Schittenhelm<sup>12)</sup>, Bloch<sup>13)</sup> und Rothky<sup>14)</sup> ist man geneigt, die Ursache der Gicht in einer „Störung des fermentativen Apparates,

<sup>1)</sup> Neuberg, Verhandl. der deutschen pathol. Ges., 1904, S. 157.

<sup>2)</sup> Wohlgemuth, Ebendort.

<sup>3)</sup> Braunstein und Bergell.

<sup>4)</sup> Bergell und Bickel, Verhandl. d. Kongr. f. inn. Med., Wiesbaden 1906.

<sup>5)</sup> Loewenthal und Edelstein, Biochem. Zeitschr., 1908, Bd. 14, S. 484.

<sup>6)</sup> Loewenthal und Wohlgemuth, Bioch. Zeitschr., 1909, Bd. 21, S. 476.

<sup>7)</sup> Stephan, Verhandl. des Kongr. f. innere Medizin, 1911, S. 174.

<sup>8)</sup> van der Velden, Ebendort, S. 176.

<sup>9)</sup> Siehe auch die Zusammenstellung der bisherigen Fermentversuche bei Kornel, v. Korösy, Pflügers Archiv, Bd. 137, S. 123.

<sup>10)</sup> Gudzent, Verhandl. des Kongr. f. innere Medizin, 1910.

<sup>11)</sup> Brugsch und Schittenhelm, Zeitschr. f. exper. Pathol., 1907, Bd. 4.

<sup>12)</sup> Schittenhelm, Siehe Handb. der Biochemie, Bd. 4, 1. Hälfte, S. 489.

<sup>13)</sup> Bloch, Zeitschr. f. phys. Chemie. 1907, Bd. 51, S. 472, und Deutsches Archiv f. klin. Med., Bd. 83, S. 499.

<sup>14)</sup> Rothky, Archiv f. klin. Med., 1910, Bd. 98, S. 540.

beruhend auf einer Verlangsamung des Nukleinumsatzes, der exo- und endogenen Harnsäurebildung und wahrscheinlich auch einer verminderten und verlangsamten Harnsäurezerstörung zu sehen<sup>1)</sup>.

Somit konnte man a priori an die Möglichkeit denken, eventuell mit Hilfe der Radiumemanation, dieses Fermentaktivators, auf die Entstehungsursache der Arthritis urica einzuwirken.

Eine andere Art der Einwirkung stellten die Ergebnisse der zunächst rein physikalischen Versuche Gudzents<sup>1)</sup> in Aussicht. Einmal fand dieser Autor, daß Mononatriumurat, als welches die Harnsäure im Blute auftritt, zwei nur durch ihre Löslichkeit sich unterscheidende Salze bildet, ein leichter lösliches unbeständiges a-Salz und ein schwerer lösliches beständiges b-Salz. Da das a-Mononatriumurat — ihm kommt nach Gudzent die Fischersche<sup>2)</sup> Laktamform zu, bei der Urikämie des Gichtikers lange Zeit im Blute verweilt, so wird es sich in das beständigere Laktimurat umsetzen; von diesem wird infolge seiner geringeren Löslichkeit, wodurch Übersättigung herbeigeführt wird, ein Teil ausfallen müssen und sich im Organismus ablagern. Spätere Untersuchungen brachten Gudzent zu der Entdeckung, daß Mononatriumurat unter Einwirkung von Radiumemanation in löslichere Formen übergeführt und zersetzt wird. Und zwar führte Gudzent diese leichtere Löslichkeit auf eine Rückverwandlung des Laktimurats in Laktamura, und weiter auf einen völligen Abbau der Harnsäure bis zum Ammoniak und der Kohlensäure zurück.

Von diesen Feststellungen nahm die ganze moderne Emanationstherapie bei Gicht ihren zielbewußten Ausgang. Es lag hier bei der Gichtbehandlung der Gedanke zugrunde, in Analogie des Reagenzglasversuches die im Gichtikerorganismus im Blut, Knorpeln und Tophis in schwer löslicher Form vorhandene Harnsäure in leichter löslichere Formen überzuführen, weiter zu zersetzen, und so ihre Ausscheidung zu ermöglichen.

Aber schon früher wurde wohl zuerst von Neußer<sup>3)</sup> die Radiumemanation zu therapeutischen Zwecken verwandt. Ebenso von Dautwitz<sup>4)</sup> an der Neußerschen Klinik und von Loewenthal<sup>5)</sup>. Diese Autoren waren von der Tatsache ausgegangen, daß

<sup>1)</sup> Gudzent, Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. 60.

<sup>2)</sup> Fischer, Chem. Ber., 1899, Bd. 32, S. 435.

<sup>3)</sup> Neußer, Wiener med. Wochenschr., 1905, S. 302.

<sup>4)</sup> Dautwitz, Zeitschr. f. Heilkunde, 1906.

<sup>5)</sup> Loewenthal, Berliner klin. Wochenschr., 1906, Nr. 46, S. 1484.

das Wasser verschiedener Heilquellen sich als radioaktiv erwiesen hatte, und sie suchten nun durch Zusatz von Radiumemanation zu Bädern oder zu Trinkwasser Heilwirkungen zu erzielen, oder die Wirkungen der betreffenden radioaktiven Wässer zu erhöhen. Auf diese therapeutischen Versuche wird noch später zurückzukommen sein.

Auf den verschiedensten Wegen hat man nun versucht, die Radiumemanation dem Körper zuzuführen. Unbewußt tat man dies ja bereits vor der Entdeckung des Radiums durch die Bäder und Trinkkuren der sich später als radioaktiv erweisenden Thermen. Ferner ist aus Japan von Isitani und Manabe<sup>1)</sup> eine radioaktive Geiserquelle beschrieben, wo eine Einrichtung getroffen war, um Patienten mit der Atemluft, die dem Boden entströmenden, heilbringenden Stoffe zu applizieren. Ähnliche Einrichtungen befanden sich in Deutschland (Landeck).

Die ersten bewußten therapeutischen Versuche mit Emanation in der Neußerschen Klinik und von Loewenthal geschahen, wie bereits erwähnt, in der Weise, daß Uranpecherzrückstände zu Bädern zugefügt oder mittels radioaktiver Stoffe präparierte Bäder und Trinkwasser verabreicht wurden. In ähnlicher Weise suchten zahlreiche spätere Forscher therapeutische Resultate zu erzielen. Auch intramuskuläre Injektionen von Radiumemanation sind versucht worden — Gudzent<sup>2)</sup> und Mendel<sup>3)</sup>. Und endlich wäre auch noch die von Schnée<sup>4)</sup> empfohlene Radiumemanationskathaphorese mittels des elektrischen Vierzellenbades zu erwähnen.

Gudzent und Loewenthal<sup>5)</sup> waren die ersten, welche den Vorschlag machten und auch durchführten, die Emanation im geschlossenen Raum mit der Luft zu vermengen und in dieser radioaktiven Atmosphäre die Patienten einige Zeit zu belassen. Sie bezweckten damit eine gewisse Sättigung des Blutes mit Emanation zu erzielen und außerdem durch die den Patienten umgebende emanationshaltige Luft den Austritt der Emanation aus dem Blute auf dem Wege der Respiration zu verhindern. Diese ganz neuartige Applikationsweise hat nun sehr schnell Anklang gefunden und

---

<sup>1)</sup> Isitani und Manabe, Zentralblatt für Röntgenstrahlen, Radium usw., 1911, Nr. 3.

<sup>2)</sup> Gudzent, Therapie der Gegenwart, 1910.

<sup>3)</sup> Mendel, Deutsche med. Wochenschrift, 1911, Nr. 3.

<sup>4)</sup> Schnée, Zeitschr. f. physikal. und diätet. Therapie, 1909, Bd. 13, S. 417.

<sup>5)</sup> Gudzent und Loewenthal, Zeitschr. f. klin. Med., 1911, Bd. 73, S. 299.



trotz der kurzen Zeit seit der ersten Publikation aus der Hisschen Klinik über die Anwendung des Radiuminhalatoriums liegen bereits zahlreiche, mit dieser Methode erzielten Resultate von den verschiedensten Seiten vor. Allerdings ist der Streit zwischen denen, die wie Kemen und Neumann<sup>1)</sup>, Straßburger<sup>2)</sup>, Eichholz<sup>3)</sup> und Spratz<sup>4)</sup> die Bad- und Trinkmethode vorziehen zu müssen glauben, und den Verfechtern der Inhalatorien, an deren Spitze Gudzent<sup>5)</sup> steht, noch nicht endgültig entschieden, trotzdem auf beiden Seiten sehr interessante experimentelle und klinische Resultate vorliegen.

Im folgenden sollen nun die bisherigen Resultate der Emanationstherapie, besonders bei Gicht, kurz dargelegt und im Anschluß daran über unsere eigenen Untersuchungen an der ersten medizinischen Klinik in München berichtet werden; und zwar werde ich die folgenden Ausführungen nach zwei Gesichtspunkten ordnen:

1. Treten unter der Emanationswirkung in der Stoffwechsellanz des Gesamtorganismus chemisch nachweisbar Veränderungen auf, welche den Gudzentschen Reagenzglasversuchen entsprechen?
2. Welche klinischen und subjektiven Einwirkungen sind bei den behandelten Patienten zur Beobachtung gelangt?

#### Chemischer Teil.

Zunächst liegen Untersuchungen über den Gesamtstoffwechsel unter der Einwirkung von Radiumemanation vor, die mit Hilfe des Atmungsapparates angestellt sind. Hier hat als erster Silbergleit<sup>6)</sup> an zwei gesunden Personen, die er 5000, 30 000 und 50 000 Emanationseinheiten trinken ließ, eine deutliche Erhöhung des Gaswechsels festgestellt. Dann hat Kikkoji<sup>7)</sup> an der Hisschen Klinik sehr eingehende und exakte Respirations- und Stoffwechselversuche an Menschen und Hunden unter dem Einfluß von Radiumemanation gemacht. Bei zwei von drei untersuchten Patienten, die täglich dreimal Wasser mit 332 Macheeinheiten zu trinken bekamen, fand er eine Erhöhung des Gesamtstoffwechsels. Ebenso stieg beim Hund, der während des Versuchs in einer emanationshaltigen Atmosphäre von vier Macheeinheiten pro Liter gehalten wurde, der Gesamtstoffumsatz.

<sup>1)</sup> Kemen und Neumann, Zeitschr. f. Balneol., 1910—1911, S. 471.

<sup>2)</sup> Straßburger, Münchn. med. Wochenschr., 1911, Nr. 15, S. 782.

<sup>3)</sup> Eichholz, Verhandl. des Kongr. f. innere Medizin, 1911.

<sup>4)</sup> Spratz, Zeitschr. f. Röntgenkde. u. Radiumforsch., 1911, H. 10, S. 381.

<sup>5)</sup> Gudzent, Radium in Biologie und Heilkunde. Bd. 1, H. 3 und 5.

<sup>6)</sup> Silbergleit, Berliner klin. Wochenschr., 1909, Nr. 26. S. 1205.

<sup>7)</sup> Kikkoji, Radium in Biologie und Heilkunde. Bd. 1, S. 46.

Wenn auch diese über die Frage des Gaswechsels angestellten Versuche noch nicht sehr zahlreich sind, so geht doch aus den vorliegenden Zahlen mit Sicherheit hervor, daß in vielen Fällen unter dem Einfluß der Radiumemanation eine unverkennbare Steigerung der Atmungswerte erzielt worden ist.

Mehr und vielseitiger bearbeitet, jedoch m. E. weniger eindeutig entschieden ist die Frage nach der Stickstoff-, Harnsäure- und Purinbasenausscheidung unter dem Einfluß der Radiumemanation beim Gesunden und beim Gichtiker.

Da ich im folgenden meine eigenen Resultate über diese Frage mitteilen werde, die zum Teil mit den gefundenen Werten, besonders aber mit den Schlußfolgerungen der früheren Autoren nicht übereinstimmen, so sei es gestattet, das von anderer Seite vorliegende Zahlenmaterial noch einmal anzugeben. Die ersten Untersuchungen über die Harnsäureausscheidung unter Emanationswirkung stammen von Krieg<sup>1)</sup> und Wilke<sup>2)</sup>. Beide Autoren fanden eine erhöhte Harnsäureausscheidung; da jedoch die Methodik (s. a. Gudzent) nicht ganz einwandfrei ist, so müssen wir auf diese Zahlen verzichten.

Mesernitzki<sup>3)</sup> will beim Gichtiker bei interner Anwendung von 100 Macheeinheiten, beim Gesunden mit 700 Macheeinheiten einen deutlichen Einfluß auf die Ausscheidung der endogenen Purine gefunden haben.

Mannes und Wellmann<sup>4)</sup> haben keine gleichmäßige Beeinflussung des Stoffwechsels durch Emanationseinverleibung gefunden.

Auch muß ich, da mir die betreffenden Zahlen nicht zur Verfügung stehen, die Mitteilung Umbers<sup>5)</sup> als solche wiedergeben, der bei Trinkkuren bei purinfrei ernährten Gesunden und Gichtikern keinen Einfluß auf die endogene Harnsäurekurve fand.

Dafür liefert die Arbeit von Gudzent und Loewenthal<sup>6)</sup> eingehendes Zahlenmaterial. Diese Autoren haben ihre Patienten in

---

1) Krieg, *Ärztl. Mitteilungen aus und für Baden*, 1909, Nr. 6—7.

2) Wilke, *Zeitschr. f. phys. und diät. Therapie*, 1909, S. 430.

3) Mesernitzki, *Russki Wratsch*, Nr. 51; ref. *Zeitschr. f. phys. Therapie*, 1911, S. 305.

4) Mannes und Wellmann, *Zeitschr. f. phys. u. diät. Ther.*, Sept. 1910.

5) Umbers, *Verhandl. des Kongr. f. innere Medizin*, 1911, S. 177.

6) Gudzent und Loewenthal, *Zeitschr. f. klin. Med.*, 1910, Bd. 71, S. 304.

einer Vorperiode vor der Emanationskur in der Emanationsperiode und in der Regel in einer Nachperiode auf Stickstoff-, Harnsäure- und Purinbasenausscheidung täglich untersucht und die in der folgenden Tabelle in Reihe 1 und 2 angeführten Mittelwerte gefunden. Die dritte Reihe, wo die prozentuale Veränderung des Harnsäuremittelwertes der Vorperiode zur Emanationsperiode angegeben ist, ist von mir berechnet. Angewendet wurden Sitzungen von zweimal zwei Stunden täglich in einem Inhalatorium mit einem Emanationsgehalt von etwa zwei Macheinheiten pro Liter Luft.

	Harnsäure- Mittelwert	Purinbasen- Mittelwert	Prozentuale Veränderungen des Harnsäure- Mittelwertes
Fall I (Rheumatiker).			
Vorperiode . . . . .	0,229	0,011	
Emanationsperiode . . . . .	0,292	0,012	+ 26 %
Nachperiode . . . . .	0,254	0,011	
Fall II (Rheumatiker).			
Vorperiode . . . . .	0,0269	0,009	
Emanationsperiode . . . . .	0,291	0,017	+ 8 %
Fall III (Rheumatiker).			
Vorperiode . . . . .	0,567	0,014	
Emanationsperiode . . . . .	0,53	0,017	- 7 %
Fall IV (Gichtiker).			
Vorperiode . . . . .	0,278	0,015	
Emanationsperiode . . . . .	0,513	0,018	+ 81 %
Fall VI (Gichtiker). (Tophi sind kleiner geworden.)			
Vorperiode . . . . .	0,492	0,015	
Emanationsperiode . . . . .	0,485	0,019	0 %
Fall VII (Gichtiker).			
Vorperiode . . . . .	0,415	0,017	
Emanationsperiode . . . . .	0,412	0,018	0 %
Fall VIII (Gichtiker).			
Vorperiode . . . . .	0,312	0,017	
Emanationsperiode . . . . .	0,363	0,015	+ 16 %

Aus der bereits oben zitierten Kikkojischen Arbeit ergeben sich folgende Mittelwerte für Stickstoff und Harnsäure:

	Harnsäure- Mittelwert	Stickstoff- Mittelwert	Prozentuale Veränderungen des Harnsäure- Mittelwertes
Fall I (Polyarthritis chronica).			
Vorperiode . . . . .	0,222	6,911	+ 95 %
Emanationsperiode . . . . .	0,432	7,547	
Nachperiode . . . . .	0,414	7,483	
Fall II (Polyarthritis chronica).			
Vorperiode . . . . .	0,361	9,471	- 8 %
Emanationsperiode . . . . .	0,330	9,518	
Nachperiode . . . . .	0,330	9,499	
Fall III (Gesunder Junge).			
Vorperiode . . . . .	0,357	9,914	+ 8 %
Emanationsperiode . . . . .	0,390	10,736	
Nachperiode . . . . .	3,30	10,474	

Aus allerneuester Zeit haben wir eine Arbeit von von Noorden und Falta<sup>1)</sup>, die bei Anwendung von täglich fünfstündigen Inhalationssitzungen mit 22,5 Macheinheiten pro Liter Luft bei einem Fall von rheumatischer Polyarthritis, einem Fall von akutem Gelenkrheumatismus und drei anderen Fällen ganz beträchtliche Steigerungen der Harnsäureausscheidung bis zu 140% fanden. Diese überaus energischen Kuren, die auch die morphologische Blutzusammensetzung und die Knochenmarkstätigkeit bedeutend veränderten, lassen sich schwer mit den früheren und auch mit unseren eigenen, folgenden Ergebnissen vergleichen.

Uns kam es in dem chemischen Teil unserer Untersuchungen darauf an, festzustellen, ob beim Gichtiker durch Behandlung mit Radiumemanation eine solch nennenswerte Steigerung der Harnsäureausscheidung nachweisbar ist, daß die eventuellen klinischen und subjektiven Besserungen mit einiger Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen sein dürften.

Wir benutzten zu unseren Versuchen ein Emanatorium, in welchem mittels eines von der Allgemeinen Radiumaktiengesellschaft uns in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellten Apparates ein Emanationsgehalt von 7—16 Macheinheiten pro Liter Luft erzielt wurden. Der Emanationsgehalt wurde öfters

<sup>1)</sup> von Noorden und Falta, Med. Klinik, 1911, Nr. 39, S. 1487.

mittels des Fontaktoskops von Engler und Sieveking kontrolliert und fast stets über 10 Macheeinheiten gefunden.

Die untersuchten Patienten wurden während der ganzen Versuchsdauer auf purinfreier Diät gehalten und in einem Separat-zimmer untergebracht, um die Möglichkeit einer Überschreitung der vorgeschriebenen Diät auszuschließen. Es wurden während der Emanationsperiode täglich zweistündige Sitzungen im Inhalatorium angewandt. Die Untersuchungen des peinlich gesammelten 24stündigen Urins wurden, was den gesamten Stickstoff betrifft, in der üblichen Weise nach Kjeldahl vorgenommen. Zu den Harnsäureuntersuchungen kam in den Fällen 1—3 die Hopkinssche Methode, in den Fällen 4—7 die Krüger-Schmidtsche Methode in Anwendung.

Die in den folgenden Tabellen eingetragenen Werte sind die Mittel von gut übereinstimmenden Doppelbestimmungen. Jeder einzelnen Tabelle folgt die graphische Darstellung der Harnsäurekurve mit den Mittelwerten der einzelnen Untersuchungsperioden für Harnsäure, Purinbasen und Gesamtstickstoff, ferner die prozentuale Veränderung des Harnsäuremittelwertes der Emanationsperiode gegenüber dem der Vorperiode.

Tabelle I.  
Patient M. Pf. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harn- menge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	
5. VII. <sup>1)</sup>	980	1016	11,902	0,8671	Vorperiode
6. "	450	1017	5,370	0,3560	
7. "	490	1016	5,683	0,1358	
8. "	270	—	3,139	0,2726	
9. "	450	1014	4,025	0,3774	
10. "	900	1009	4,852	0,4410	
			4,61	0,316	Mittelwert der V.-P. vom 6.—10. VII.
11. VII.	690	1007	3,293	0,2852	Emanationsperiode
12. "	670	1008	3,104	0,2842	
13. "	1200	1009	6,065	0,5141	
14. "	460	1011	2,932	0,2898	
15. "	400	1016	4,234	0,3318	
16. "	580	1016	5,806	0,4555	
17. "	380	1013	3,735	0,2522	
			4,16	0,344	Mittelwert der E.-P.

<sup>1)</sup> Bei Berechnung des Mittelwertes der Vorperiode ist der erste Tag nicht mit berücksichtigt, weil der Patient hier offenbar noch nicht im Stoffwechselfgleichgewicht war.

Tabelle I.  
Patient M. Pf. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harnmenge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	
18. VII.	380	1015	3,848	0,3000	Nachperiode
19. "	630	1014	7,023	0,4948	
20. "	570	1013	4,658	0,3986	
			5,176	0,3978	Mittelwert der N.-P.

Prozentuale Veränderung des Harnsäure-Mittelwerts der Emanationsperiode gegenüber der Vorperiode: + 10%.

Erläuterung zu den Kurven.

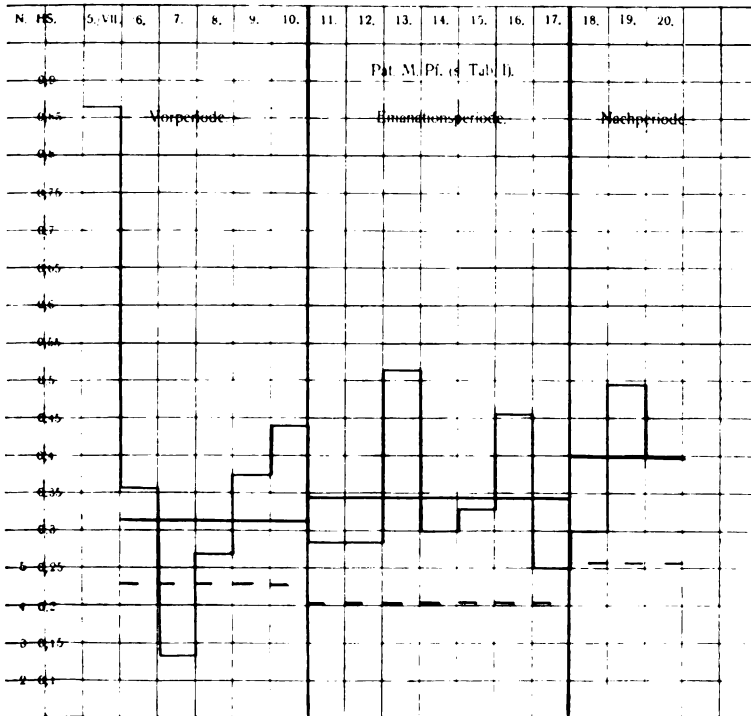
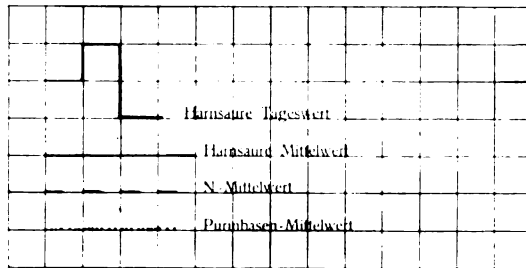


Tabelle II.  
Patient M. St. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harn- menge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	
5. VII.	1400	1012	10,437	0,8859	Vorperiode
6. "	1200	1017	10,749	0,7308	
7. " <sup>1)</sup>	990	1018	8,257	0,7277	
8. "	1400	1015	9,199	0,2979	
9. "	1640	1014	9,855	0,4271	
10. "	1550	1011	8,139	0,3321	
			9,43	0,352	Mittelwert der V.-P. vom 8.—10. VII.
11. VII.	1870	1009	8,191	0,3037	Emanationsperiode
12. "	1450	1010	8,184	0,3624	
13. "	1400	1014	10,641	0,4264	
14. "	1190	1013	8,053	0,2474	
15. "	1300	1015	8,578	0,3549	
16. "	1380	1012	8,564	0,2695	
17. "	1810	1013	11,106	0,4798	
18. "	1420	1009	7,775	0,3519	
			8,88	0,349	Mittelwert der E.-P.
19. VII.	1200	1013	9,199	0,3822	Nachperiode
20. "	1540	1015	9,816	0,4398	
21. "	1800	1011	9,553	0,3704	
			9,523	0,3974	Mittelwert der N.-P.

Prozentuale Veränderung des Harnsäure-Mittelwertes der Emanationsperiode gegenüber der Vorperiode: 0%.

Tabelle III.  
Patient A. G. Diagnose: Arthritis urica.

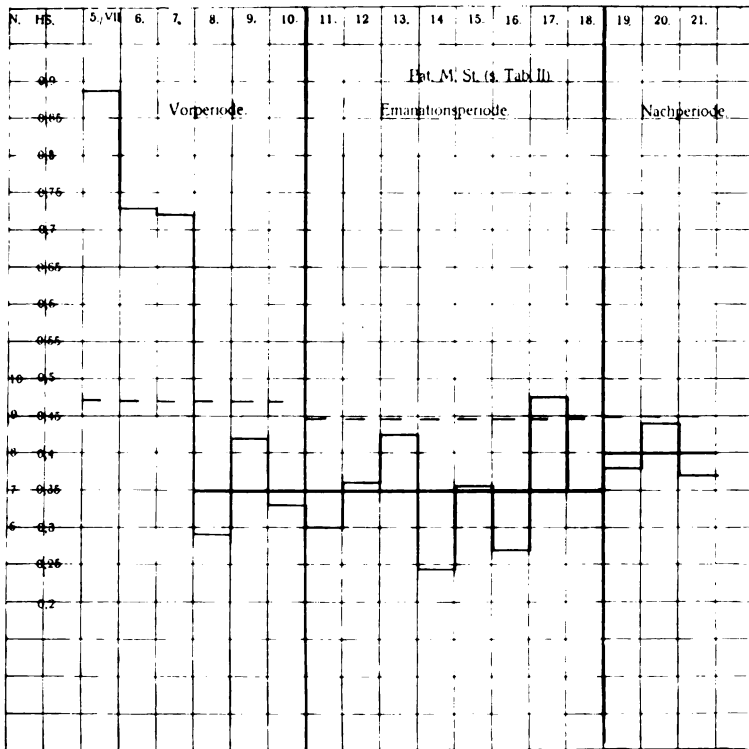
Datum 1911	Harn- menge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	
11. VII.	1380	1012	9,610	0,5603	Vorperiode
12. "	1150	1010	8,105	0,5772	
13. "	1200	1012	8,289	0,4788	
14. "	1380	1010	8,892	0,5477	
15. "	1700	1010	9,261	0,4605	
16. "	1200	1013	6,798	0,4738	
			8,493	0,516	Mittelwert der V.-P.

<sup>1)</sup> Hier sind bei der Berechnung des Mittelwertes wie bei Tabelle I die ersten Tage nicht mit berücksichtigt.

Tabelle III.  
Patient A. G. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harnmenge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	
17. VII.	1290	1016	9,744	0,5526	Emanationsperiode
18. "	1550	1010	8,574	0,4036	
19. "	1570	1010	9,038	0,5143	
20. "	1550	1011	8,443	0,5338	
21. "	1550	1009	9,357	0,5826	
22. "	1190	1013	8,454	0,5173	
23. "	1350	1012	8,643	0,5528	
24. "	920	1011	6,149	0,3787	
			8,55	0,505	Mittelwert der E.-P.
25. VII.	1440	1013	8,815	0,4475	Nachperiode
26. "	1400	1010	8,295	0,4352	
27. "	1040	1015	8,878	0,5547	
28. "	1300	1009	6,096	0,3112	
29. "	1170	1009	5,881	0,3145	
30. "	1140	1012	7,203	0,4070	
			7,528	0,4117	Mittelwert der N.-P.

Prozentuale Veränderung des Harnsäure-Mittelwertes der Emanationsperiode gegenüber der Vorperiode: — 2 %.





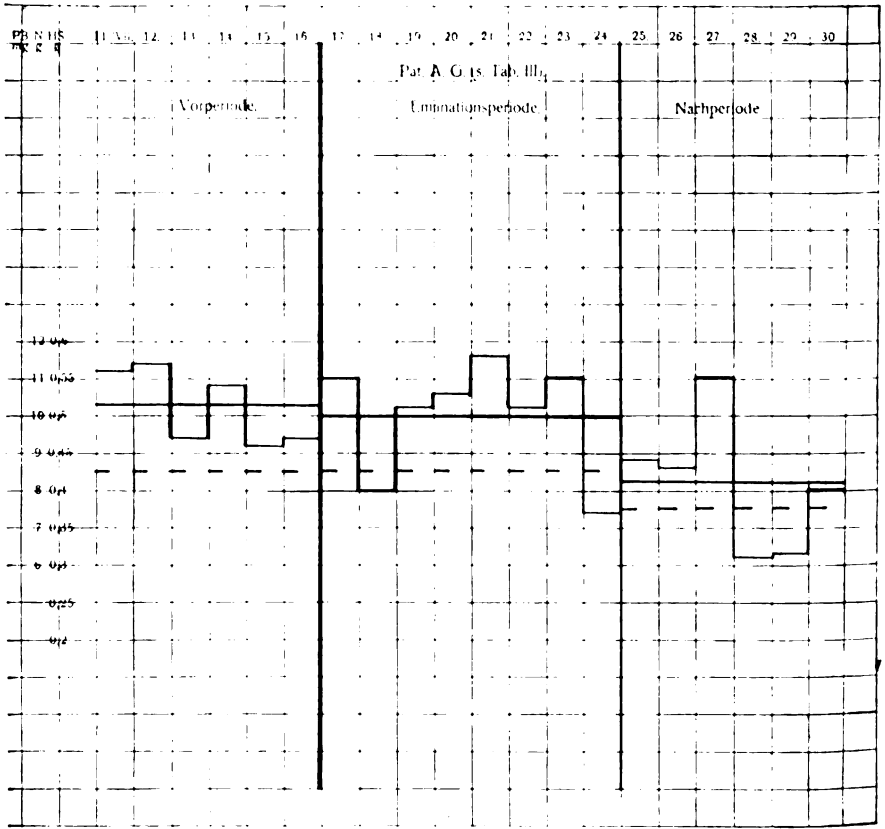


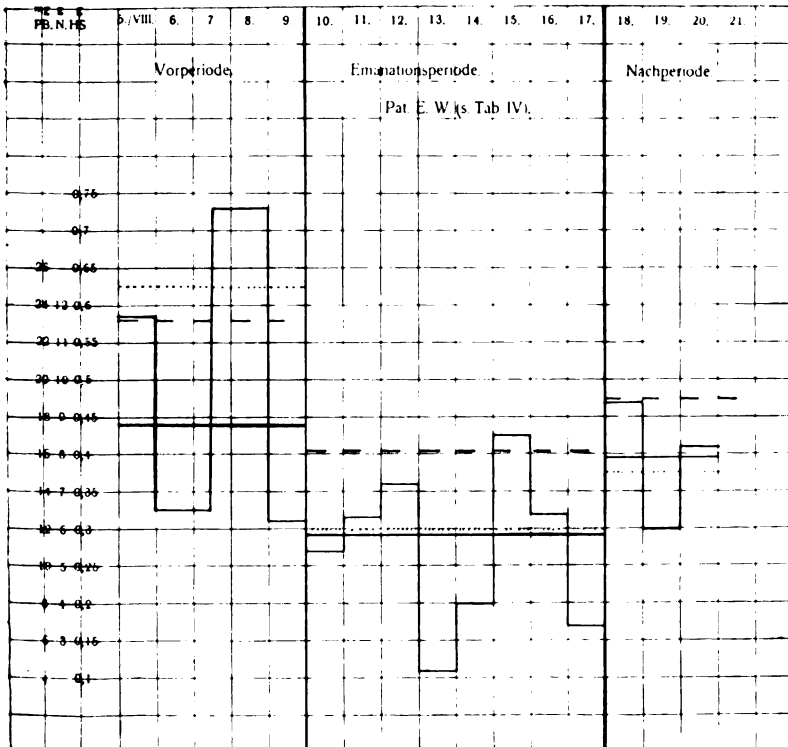
Tabelle IV.  
Patient E. W. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harn- menge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	Purin- basen-N g	
5. VIII.	1270	1023	15.869	0.5877	0.0241	Vorperiode
6. "	830	1024	8.950	0.3296	0.0172	
7. "	835	1021	8.793	—	—	
8. "	1355	1024	17.540	0.7334	0.0316	
9. "	670	1022	6.754	0.3128	0.0186	
			11.581	0.4409	0.0257	Mittelwert der Vorperiode

Tabelle IV.  
Patient E. W. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harnmenge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	Purinbasen-N g	
10. VIII.	770	1019	7,179	0,273	0,0143	Emanationsperiode
11. "	610	1025	7,383	0,3156	0,0105	
12. "	780	1024	8,805	0,3634	0,0118	
13. "	1050	1016	9,1106	0,1174	0,0179	
14. "	880	1011	5,239	0,2068	0,0127	
15. "	1280	1020	10,567	0,4295	0,0045	
16. "	1000	1016	7,975	0,3212	0,0165	
17. "	1130	1016	8,948	0,168	0,0085	
			8,151	0,2924	0,0121	Mittelwert der E.-P.
18. VIII.	1590	1015	10,492	0,4715	0,0148	Nachperiode
19. "	970	1017	9,424	0,3006	0,0146	
20. "	1050	1018	9,759	0,4137	0,0149	
21. "	670	1023	8,485	—	0,0082	
			9,54	0,3953	0,015	Mittelwert der Nachperiode

Prozentuale Veränderung des Harnsäure-Mittelwertes der Emanationsperiode gegenüber der Vorperiode: — 50 %.



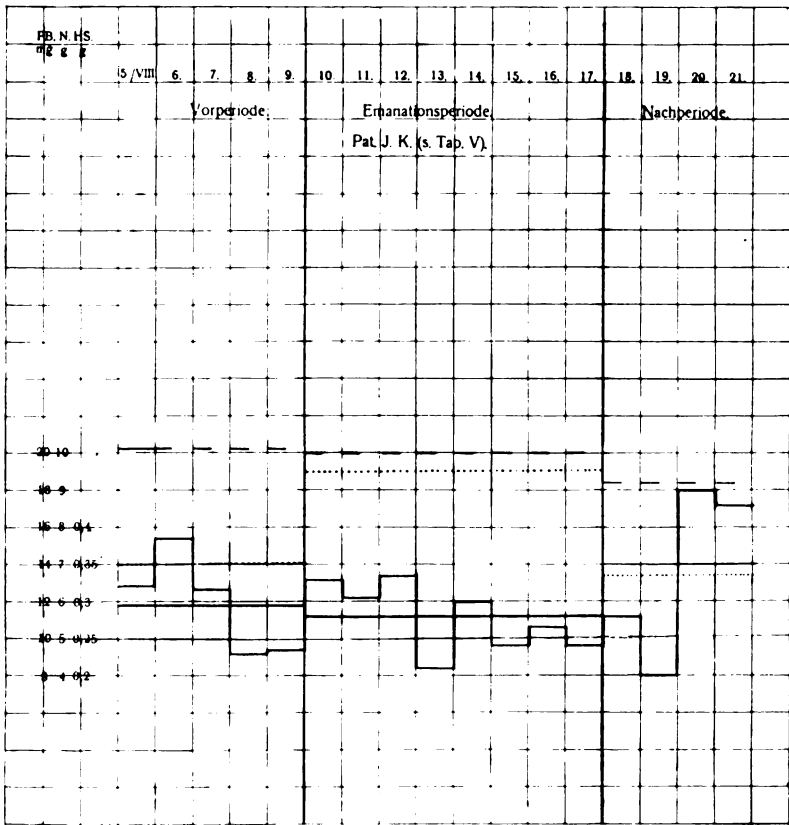


Tabelle V.  
Patient J. K. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harnmenge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	Purinbasen-N g	
5. VIII.	2550	1008	9.595	0.3192	0.0027	Vorperiode
6. "	1275	1016	10.275	0.3846	0.0173	
7. "	1270	1015	10.413	0.3176	0.0165	
8. "	1780	1013	10.996	0.2320	0.0187	
9. "	805	1020	9.698	0.2362	0.0158	
			10,195	0.2979	0,0142	Mittelwert der Vorperiode

Tabelle V.

Patient J. K. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harn- menge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	Purin- basen-N g	
10. VIII.	1650	1013	10,378	0,3318	0,0206	Emanations- periode
11. "	1490	1014	9,456	0,3073	0,0186	
12. "	1150	1018	9,300	0,3351	0,0190	
13. "	1380	1014	9,765	0,2124	0,0136	
14. "	1450	1012	9,691	0,2991	0,0199	
15. "	1620	1012	11,191	0,2435	—	
16. "	1600	1012	9,637	0,2676	0,0247	
17. "	1535	1013	10,689	0,2441	0,0172	
			10,013	0,2801	0,0191	Mittelwert der E.-P.
18. VIII.	1145	1016	9,388	0,2826	0,0121	Nachperiode
19. "	1600	1007	7,009	0,2093	0,0135	
20. "	1735	1012	10,260	0,4558	0,0164	
21. "	1480	1013	10,099	0,4305	0,012	
			9,189	0,3446	0,0135	Mittelwert der Nachperiode

Prozentuale Veränderung des Harnsäure-Mittelwertes der Emanationsperiode gegenüber der Vorperiode: — 7%.

Tabelle VI.

Patient G. Sch. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harn- menge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	Purin- basen-N g	
18. IX.	2750	1004	5,241	0,1818	0,0067	Vorperiode
19. "	2650	1005	4,018	0,1577	0,0037	
20. "	4000	1005	6,290	0,2422	0,0134	
21. "	3100	1003	4,352	0,2290	0,0098	
22. "	3060	1007	5,585	0,1947	0,0199	
			5,097	0,2001	0,0107	Mittelwert der Vorperiode
23. IX.	2325	1003	4,178	0,1837	0,0139	Emanations- periode
24. "	3250	1005	5,932	0,2301	0,0091	
25. "	2930	1006	5,512	0,1804	0,0123	
26. "	2450	1006	6,329	0,2137	0,0095	
27. "	2700	1006	6,141	0,1967	0,0109	
28. "	3100	1006	6,877	0,2468	0,0098	
29. "	3310	1005	6,041	0,1868	0,0093	
30. "	3150	1007	6,988	0,2214	0,0089	
			6,000	0,2075	0,0105	Mittelwert der E.-P.

Tabelle VI.  
Patient G. Sch. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harnmenge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	Purinbasen-N g	
1. X.	2420	1007	5,912	0,1713	0,0068	Nachperiode
2. "	2000	1007	5,672	0,1283	0,0077	
3. "	1380	1006	3,720	0,1147	0,0058	
4. "	2450	1008	5,779	0,1383	0,0120	
			5,271	0,1382	0,0081	Mittelwert der Nachperiode

Prozentuale Veränderung des Harnsäure-Mittelwertes der Emanationsperiode gegenüber der Vorperiode: 0 $\frac{0}{10}$ .

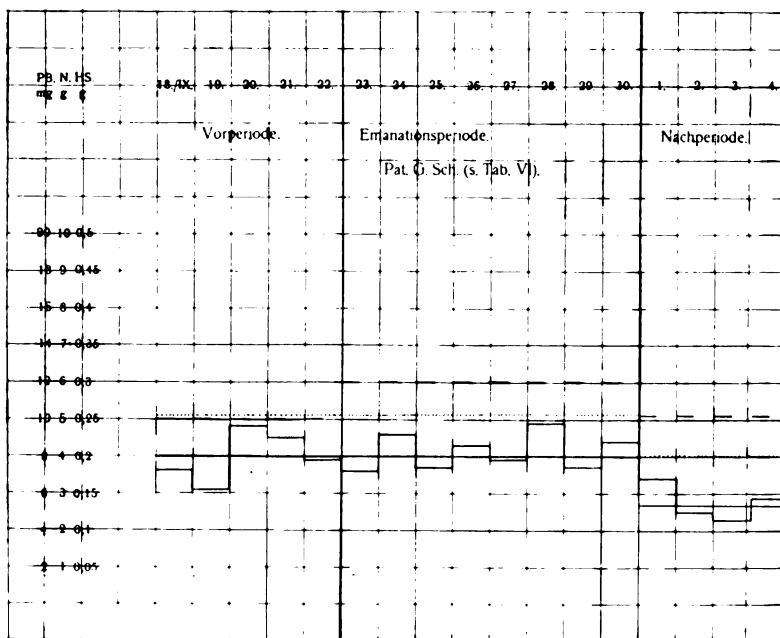


Tabelle VII.  
Patient J. D. Diagnose: Arthritis urica.

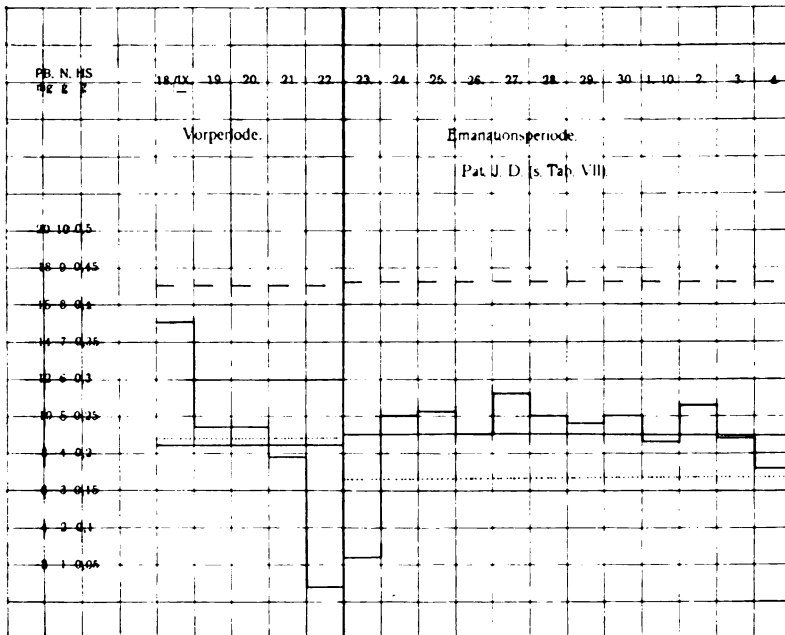
Datum 1911	Harnmenge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	Purinbasen-N g	
18. IX.	1710	1008	8,307	0,3755	0,0017	Vorperiode
19. "	1660	1011	9,090	0,2368	0,0087	
20. "	1920	1012	8,452	0,2365	0,0044	
21. "	1650	1011	7,504	0,1964	0,0075	
22. "	1500	1013	7,876	0,0169	0,0084	
			8,242	0,2124	0,0085	Mittelwert der Vorperiode

Tabelle VII.

Patient J. D. Diagnose: Arthritis urica.

Datum 1911	Harnmenge	Spezif. Gewicht	Gesamt-N g	Harnsäure g	Purinbasen-N g	
23. IX.	1800	1012	7,582	0,0582	0,0089	Emanationsperiode
24. "	1540	1012	7,654	0,2532	0,0022	
25. "	1820	1011	9,199	0,2577	0,0064	
26. "	1400	1013	8,688	—	0,0059	
27. "	1800	1012	9,149	0,2798	0,0082	
28. "	1690	1010	9,064	0,2497	0,0113	
29. "	1700	1010	8,927	0,2407	0,0090	
30. "	1300	1011	9,893	0,2494	0,0080	
1. X.	1230	1015	8,393	0,2171	0,0035	
2. "	1200	1013	8,087	0,2672	0,0055	
3. "	900	1013	6,242	—	0,0038	
4. "	950	1014	6,429	0,1872	0,0067	
			8,276	0,2260	0,0066	Mittelwert der E.-P.

Prozentuale Veränderung des Harnsäure-Mittelwertes der Emanationsperiode gegenüber der Vorperiode: + 10 %.



Überblicken wir noch einmal die obigen Untersuchungsergebnisse, so finden wir bei den 7 untersuchten Gichtikern in zwei

Fällen eine erhöhte Harnsäureausscheidung und zwar um rund 10%. Bei den übrigen 5, entweder wie in Fall II und VI, keine Veränderung des Harnsäuremittelwertes der Emanationsperiode gegenüber der Vorperiode, oder geringe Verminderungen wie in Fall III und V, und endlich einmal eine bedeutende Verminderung um 50% in Fall IV.

Die Schlüsse, welche sich aus diesen Analysen ergeben, möchte ich erst darlegen im Anschluß an die Besprechung der klinischen Veränderung, welche ich bei den betreffenden Patienten während der Emanationstherapie beobachtet habe. Jedoch will ich gleich hier darauf hinweisen, daß m. E. Veränderungen des Harnsäuremittelwertes bestimmter Perioden nur dann bindende Schlüsse zulassen, wenn sie mindestens 25% betragen. Dieser Anschauung wird sich wohl jeder anschließen, bei Betrachtung der obigen Kurven und der daraus ersichtlichen, oft recht bedeutenden Tagesschwankungen. Denn selbst, wenn man aus irgend einer Periode zwei einander folgende Abschnitte willkürlich abtrennt, und daraus die Mittelwerte nimmt, so wird man immer Änderungen derselben erhalten, die 10% und darüber betragen. Von diesem Gesichtspunkte aus wäre höchstens bei unserem Fall IV mit einer prozentualen Veränderung von 50% irgend welcher Rückschluß auf die Einwirkung der Emanationskur gestattet.

Von den in der Literatur angegebenen Fällen vermehrter Harnsäureausscheidung, möchte ich daher unter den 4 Gichtikern Gudzents nur den Fall IV (siehe oben) mit  $\pm 81\%$  als wirklich positiv anerkennen. Daß aber bei chronischer Arthritis, wie in Fall I bei Gudzent mit  $\pm 26\%$  und in Fall I bei Kikkoji mit  $\pm 95\%$ , ferner bei von Noorden und Falta ebenso hohe Steigerungen der Harnsäureausscheidung bisweilen vorkommen, spräche -- wie ich meine -- eher gegen eine spezifische Beeinflussung der Harnsäureausscheidung gerade bei Gicht.

#### Klinischer Teil.

Wie verhielt sich nun das klinische Bild und das subjektive Befinden bei diesen 7 Patienten, welche in bezug auf ihren Harnsäurestoffwechsel nicht auf die Emanationseinwirkung reagiert zu haben scheinen?

Zunächst möge von jedem Fall ein kurzer Auszug aus der Krankengeschichte mitgeteilt werden.

Patient M. Pf. (s. Tab. I). 60jähriger Dienstmann. Diagnose: Arthritis urica. Am 6. VI. Aufnahme. Seit ca. 20 Jahren leidet Patient an Gicht, die zuerst das rechte Großzehengelenk befiel und dann nacheinander in fast allen übrigen Gelenken des Körpers auftrat. Bei der Aufnahme zeigen beide Hand- und fast sämtliche Fingergelenke, auch Ellbogen-, Fuß- und Zehengelenke starke Schwellungen und geringe Rötung. Bewegungen sind in diesen Gelenken äußerst schmerzhaft. Der Zustand ist bei Einleitung der Emanationstherapie am 11. VII. bereits etwas gebessert, doch besteht noch die Schmerzhaftigkeit in allen Gelenken. In den ersten Tagen der Emanationsbehandlung nahmen die Schmerzen etwas zu, in der Folge tritt wieder der frühere Zustand ein. Eine Besserung ist nicht zu beobachten.

Prozentuale Veränderung des Harnsäure-Mittelwertes  $+ 10\%$ .

Patient M. St. (s. Tab. II). 56jähriger Tagelöhner. Diagnose: Arthritis urica. Am 9. VI. Aufnahme. Patient leidet seit 10 Jahren an Schmerzen und Schwellungen in den Fuß- und Zehen-, und auch Hand- und Fingergelenken. Die Schmerzen begannen mit Anfällen in den großen Zehen. Augenblicklich klagt er über starke Schmerzen in beiden Füßen, längeres Gehen oder Stehen ist ihm unmöglich. Patient war wegen seines Leidens bereits öfter in unserer Klinik, wo zu verschiedenen Malen typische Gichtanfälle bei ihm beobachtet wurden. Nachdem Patient auch diesmal mit den üblichen therapeutischen Maßnahmen ohne große Erfolge behandelt worden ist, wird er vom 11. VIII. ab in der oben beschriebenen Weise mit Radiumemanation behandelt. In den beiden ersten Tagen der Behandlung steigern sich die Schmerzen in den bisher befallenen Gelenken ziemlich bedeutend, besonders im rechten Talokruralgelenk. Rötung und Schwellung nicht sichtbar. Vom 15. VII. an bessert sich der Gang des Patienten täglich. Die Schmerzen gehen völlig zurück und am 30. VII., nachdem die Besserung unverändert angehalten hat, kann Patient auf eigenes Verlangen als arbeitsfähig entlassen werden. Nach 2 Monaten stellt sich Patient wieder vor, er kann jetzt jegliche Arbeit ausführen und betrachtet sich als völlig geheilt.

Die prozentuale Veränderung betrug in diesem Falle  $0\%$ .

Patient A. G. (s. Tab. III). 33jähriger Tagelöhner, Diagnose: Arthritis urica. Aufnahme am 8. VII. Im rechten Metatarsophalangealgelenk der großen Zehe starke Schwellung, Rötung und heftige Schmerzen bei Bewegungen. Typischer Gichtanfall. Außerdem in dem linken Unterarm Schmerzen bei Bewegung. Am 16. VII. hat sich dieser Zustand wenig verändert. Am 17. VII. Beginn der Emanationskur. Am 22. VII. sind die Erscheinungen des Großzehengelenks völlig geschwunden. Bewegungen schmerzlos. 26. VII. Der Gang ist völlig frei, Beweglichkeit im Zehengelenk normal, ebenso ist der linke Arm völlig frei. Am 15. X. kommt Patient wegen einer anderen Affektion wieder ins Krankenhaus, er hat in der Zwischenzeit keine Gichtanfälle gehabt.

Prozentuale Veränderung des Harnsäure-Mittelwertes  $- 2\%$ . (Anmerkung: Da es sich im wesentlichen um einen akuten Gichtanfall handelte, möchte ich die Besserung nicht unbedingt der Radiumtherapie zuschreiben.)

Patient E. W. (s. Tab. IV.). 36jähriger Hausierer. Diagnose: Arthritis urica. Seit 10 Jahren leidet Patient an „Rheumatismus“, es traten zuerst Schmerzen in den Fußgelenken auf, die sich dann auf Knie- und Schultergelenke ausdehnten. Seit 5 Jahren hat sich der Zustand immer verschlechtert.



Am 10. VIII. Schmerzen im linken Ellbogengelenk und linken Schultergelenk bei extremen Bewegungen. Das rechte Schultergelenk ist am meisten affiziert. Hebung zur Horizontalen lateralwärts ist schmerzhaft und kann nur kurze Zeit ausgehalten werden. Aktive Hebung über die Horizontale ist unmöglich, passiv sehr schmerzhaft. Auch im linken Knie verspürt Patient leichte Schmerzen beim Gehen. Am 13. VIII. starke Zunahme der Schmerzen, besonders bei Bewegungen im rechten Schultergelenk, im rechten Kniegelenk und auch im linken Kniegelenk. Der Gang erscheint wesentlich mehr behindert wie vor Beginn der Behandlung. Am 15. VIII. haben die Schmerzen in der rechten Schulter eher noch zugenommen, dagegen ist die Bewegung des linken Knies vollständig unbehindert und schmerzlos, rechts ist die Beweglichkeit auch sehr gebessert, so daß der Gang gegen gestern völlig verändert erscheint. Am 18. VIII. haben sich auch die Schmerzen besonders im rechten Schultergelenk bedeutend gebessert. Patient kann jetzt ohne Beschwerden den Arm bis zur Senkrechten heben. Gegenüber dem Zustand vor der Behandlung ist eine unzweideutige Besserung zu konstatieren. Am 26. bekommt Patient einen typischen Gichtanfall im Metakarpophalangealgelenk des linken Daumens. Dieser Anfall geht jedoch nach zwei Tagen zurück.

Prozentuale Veränderung — 50%.

Patient J. K. (s. Tab. V). 64jähriger Tagelöhner. Diagnose: Arthritis urica. Am 17. VII. Aufnahme. Seit Mitte Mai Schmerzen im linken Hand- und Armgelenk, in letzter Zeit auch in der rechten Hüfte. Am 24. VII. tritt beim Patienten ein typischer Gichtanfall im rechten ersten Metatarsophalangealgelenk auf mit geringer Schwellung und Rötung. Passive und aktive Bewegungen sehr schmerzhaft. Am 10. VIII., vor Beginn der Radiumbehandlung, ist das befallene Großzehengelenk mäßig druckempfindlich. Bewegungen sind noch sehr schmerzhaft. Auch das rechte Handgelenk ist bei Druck, besonders auf den Proc. styl. radii, sehr schmerzhaft. Auch sind Bewegungen im rechten Arm und in der rechten Hand kraftlos und behindert. Am 15. VIII. heftige Steigerung der Schmerzen im linken Handgelenk und in der rechten Schulter, so daß Patient nicht schlafen konnte. Sonst Status idem. Am 20. VIII. bekommt Patient einen neuen typischen Gichtanfall in der linken großen Zehe. In den folgenden Tagen klingt dieser Anfall schnell ab. Im ganzen ist der Zustand des Patienten unverändert geblieben. Nach der Radiumbehandlung ist hier wie auch im vorigen Fall ein neuer Gichtanfall ausgelöst worden. Dasselbe ist auch schon von anderer Seite beobachtet worden (Gudzent).

Veränderung der Harnsäureausscheidung — 7%.

Patient G. Sch. (s. Tab. VI). Diagnose: Arthritis urica. 46jähriger ehemaliger Kellner. Am 31. VIII. Aufnahme. Seit 17 Jahren leidet Patient an Gicht, war schon häufig in unserem Krankenhaus, wo typische Anfälle beobachtet wurden. Zwei Tage vor seinem Eintritt bekam er einen neuen Anfall im linken Fußgelenk. Vor Beginn der Emanationsbehandlung zeigte er folgenden Status: An der rechten Hand, zwischen zweitem und drittem Metakarpale, dorsal haselnußgroßer Tophus, ebenso am rechten Zeigefinger drei linsengroße harte Tophi. Am linken Arm Schmerzen über dem Olekranon, ebenso über dem Proc. styl. ulnae. Auch hier am kleinen Finger ein haselnußgroßer Tophus. Hinter dem linken, äußeren Knöchel klagt Patient über Schmerzen, die ihn am Gehen behindern. Sonst

empfindet er über den verschiedensten Knochenvorsprüngen (Patellae, Malleolen, Großzehnballen) Schmerzen. Der Gang ist behindert: Patient geht mit Hilfe des Stockes mit kurzen, hastigen Schritten, indem er am Boden schlürft und durch Rumpf- und Armbewegungen die Vorwärtsbewegungen zu unterstützen sucht. Am 23. IX. erste Emanationssitzung. In der Nacht von 24.—25. hat der Patient heftige Schmerzen im linken Fußgelenk, so daß er nicht schlafen konnte. Der Gang erscheint etwas mehr behindert. Am 27. immer noch Schmerzen am linken Fußgelenk hinter dem äußeren Knöchel, die übrigen schmerzhaften Empfindungen sind bedeutend zurückgegangen.

Am 2. X. Patient fühlt sich in seinem Allgemeinbefinden von der Emanationsbehandlung bedeutend gebessert. Die Schmerzen sind nur mehr ganz unbedeutend. Patient geht jetzt völlig aufrecht und unbehindert mit großen, gleichmäßigen Schritten. Am 10. X. hat die Besserung noch bedeutend zugenommen, Patient wünscht lebhaft nochmaligen Emanationssitzungen unterworfen zu werden, was auch während sechs Tagen geschieht. Am 17. X. erklärt sich Patient für völlig geheilt. Nirgends empfindet er mehr Schmerzen, der Gang ist völlig normal geworden. Die Tophi an den Händen scheinen kleiner und weicher geworden zu sein.

Prozentuale Veränderung der Harnsäureausscheidung 0 $\frac{1}{10}$ .

Patient J. D. (s. Tab. VII). 68jähriger ehemaliger Melber. Diagnose: Arthritis urica. Seit 1864 leidet Patient an rheumatischen Schmerzen in der rechten Schulter, welche in der Folge auf die linke Schulter und dann auf alle übrigen Gelenke übergriffen. Seit vier Jahren haben die gleich zu beschreibenden Verkrümmungen der Extremitäten begonnen und sich immer mehr verschlimmert. Am 22. IX. zeigt Patient folgenden Status: Hinter dem Olekranon rechts ein hühnereigroßer Gichtknoten. Über dem Brachioradialis in seiner oberen Hälfte und ganzen Breite sind knotige Verdickungen unter der Haut zu fühlen. In den Handgelenken beiderseits ist eine Flexion kaum möglich, Extension passiv um etwa 30°. Leichte Extensionsstellung. Die Metakarpodigitalgelenke sind fast unbeweglich. Sie stehen in Flexion um 90° und Abduktion um etwa 30°. Extension der Finger ist nur passiv und unter Schmerzen um etwa 30° möglich. Das Interdigitalgelenk beider Daumen ist subluxiert. Rechts ist über dem fünften Metakarpophalangealgelenk ein haselnußgroßer Tophus, ein ebensolcher linsengroßer über dem ersten Interphalangealgelenk des Zeigefingers und ebenfalls des Daumens. Auch links Tophi über dem fünften Metakarpophalangealgelenk und über dem fünften und dritten Interphalangealgelenk. Beide Hüftgelenke sind beweglich, ebenfalls die Knie, doch rechts und besonders links starke Krepitation fühlbar. Fuß- und Zehengelenke vollkommen versteift, Zehen in allen Gelenken hochgradig luxiert, subluxiert, und deformiert. Schmerzen fühlt Patient momentan wenig, der Gang ist steif und behindert.

Am 23. IX. erste Emanationsbehandlung. In der Nacht vom 23./24. fühlte Patient Schmerzen in beiden Schultern und beiden Armen bis zu den Händen. Es war eine Art Reißen, das nur kurze Zeit dauerte. Am 25. fühlt sich Patient subjektiv äußerst wohl in bezug auf den Allgemeinzustand. Die Beweglichkeit in Fingern und Füßen erscheint ihm bedeutend leichter.

27. IX. Patient hatte in der vorigen Nacht starke Schmerzen in den kleinen Gelenken, besonders der linken Hand. Die Schmerzen in den Schultern und

Armen sind verschwunden. 2. X. Das Allgemeinbefinden und der Gang sind völlig gut. Patient ist sehr befriedigt über die Resultate der Behandlung. Die Handgelenke sind beiderseits um 60° beweglich. Die Metakarpophalangealgelenke und Fingergelenke sind aktiv bis zur Faustschließung flexibel. Extension ist aktiv nicht sehr verändert, jedoch passiv fast vollständig (bis etwa 160°) möglich. Auch die am meisten affizierten vierten und fünften Finger sind jetzt passiv gut beweglich. Patient kann jetzt Greifbewegungen viel besser ausführen. Das Zuknöpfen seiner Kleider, was ihm früher unmöglich war, kann er jetzt ausführen. Patient hat täglich durch eigene Massage und Belastung seiner Gelenke die Behandlung sehr gefördert. 17. X. Die Emanationssitzung wird bis zum 14. fortgesetzt, der Zustand des Patienten ist verglichen mit dem vor der Behandlung sehr erheblich gebessert. Das Allgemeinbefinden ist vorzüglich, der Gang unbehindert. Die Beweglichkeit der Fußgelenke, besonders aber der Hand- und Fingergelenke, hat noch bedeutend zugenommen. Patient gibt bei jeder Gelegenheit seiner Freude über die Besserung seines Zustandes Ausdruck.

Prozentuale Steigerung der Harnsäure + 10%.

Aus dieser Zusammenstellung geht wohl mit Sicherheit hervor, daß bei vier von sieben Fällen echter Gicht unter der Behandlung von Radiuminhalation ganz wesentliche Besserungen, in zwei Fällen (Fall II und VI) vollkommenes Schwinden der gichtigen Symptome erzielt worden ist. Diese klinischen Erfolge stehen im Einklang mit den Resultaten zahlreicher Autoren, von denen ich nur Gudzent und Loewenthal<sup>1)</sup>, Laqueur<sup>2)</sup>, His<sup>3)</sup>, Gudzent<sup>4)</sup>, Kionka<sup>5)</sup>, Sommer<sup>6)</sup>, Mendel<sup>7)</sup>, Armstrong<sup>8)</sup>, Fürstenberg<sup>9)</sup>, Davidsohn<sup>10)</sup> zitieren möchte.

Wie in den meisten dieser Publikationen, so ist auch bei unseren Gichtfällen, sowie bei anderen unserer behandelten Patienten mit chronischen Arthritiden, regelmäßig nach den ersten Tagen der Inhalation eine erhöhte Schmerzhaftigkeit in den zurzeit erkrankten oder früher einmal affizierten Gelenken, die sogenannte Reaktion zur Beobachtung gelangt. Diese machte dann bald einer Hebung des Allgemeinbefindens und in vielen Fällen einer Besserung in bezug auf Schmerzhaftigkeit und Beweglichkeit Platz.

<sup>1)</sup> Gudzent und Loewenthal.

<sup>2)</sup> Laqueur, Berliner klin. Wochenschr., 1907, Nr. 23.

<sup>3)</sup> His, Medizin. Klinik, 1910, Nr. 16. S. 613.

<sup>4)</sup> Gudzent, Radium in Biologie und Heilkunde, Bd. 1, H. 1.

<sup>5)</sup> Kionka, Medizin. Klinik, 1911, S. 685.

<sup>6)</sup> Sommer, Zeitschr. f. phys. und diät. Therapie, 1911, H. 6.

<sup>7)</sup> Mendel.

<sup>8)</sup> Armstrong, Verhandl. d. Kongr. f. innere Medizin, 1911, S. 148.

<sup>9)</sup> Fürstenberg, 32. Balneologenkongreß, 1911.

<sup>10)</sup> Davidsohn, Berliner Klinik, 1910, H. 263.

Diese Hebung des Allgemeinbefindens haben wir auch manchmal vorübergehend bei Patienten mit chronischen Nephritiden und anderen Erkrankungen gesehen, auf die sonst die Radiumemanation von keinem Einflusse zu sein scheint. M. E. dürften die in der Literatur zitierten Fälle von Besserungen bei solchen Krankheiten — manche Autoren geben sogar inoperable Karzinome als gebessert an — auf das Konto dieser Erscheinung zu setzen sein. Eine Erscheinung, welche vielleicht mit der chemisch nachgewiesenen Steigerung des Gesamtstoffwechsels in Zusammenhang steht.

Bei Gichtikern und Patienten mit selbst schweren chronischen Arthritiden geht in vielen Fällen diese subjektive Besserung mit klinisch nachweisbaren Veränderungen des Krankheitsbildes einher, die, soweit unsere Beobachtung reicht, bis zum völligen Verschwinden jeglicher Beschwerden führen kann. Man hat hierbei neben den objektiv nachweisbaren Besserungen den schwer zu analysierenden Eindruck, daß der Gichtiker oder Rheumatiker, dessen Gelenke wie verschmutzte oder verrostete Scharniere an ihrer freien Bewegung behindert waren, nach mehreren Emanationssitzungen wesentlich besser und ausgiebiger funktionieren. Treppensteigen, der Gang im allgemeinen, das Fassen von kleinen Gegenständen haben einen anderen Charakter erlangt.

Das tatsächliche Ergebnis der obigen Untersuchungen zusammenfassend, können wir sagen:

In 4 von 7 Fällen von echter Gicht, wo unter dem Einfluß der Radiumemanation eine unzweifelhafte klinische und subjektive Besserung beobachtet wurde, blieb die Harnsäurekurve absolut unbeeinflußt. Also kann die Besserung — wenigstens in diesen Fällen — nicht in ursächlichen Zusammenhang mit der Harnsäureausscheidung stehen, auf einer eventuellen Rückverwandlung von Laktimurat in Laktamurat nicht beruhen.

Allerdings hat Gudzent<sup>1)</sup> unter 50 Gichtfällen 38mal die Harnsäure unter Radiumemanation aus dem Blute verschwinden sehen, und auch Tophi sind bei seiner Behandlung kleiner geworden. Aber gerade sein Fall VI (s. S. 6), wo ohne jegliche Veränderung der Harnsäureausscheidung eine Abnahme der Gichtknoten

---

<sup>1)</sup> Gudzent, Radium in Biologie und Heilkunde, Bd. 1, H. 5.  
Radium in Biologie und Heilkunde. I.

beobachtet wurde, steht in völligem Einklang mit unseren Resultaten. Auch aus diesem Falle geht hervor, daß, wenn die Harnsäure aus dem Organismus verschwunden ist, sie nicht als solche ausgeschieden wurde. Es liegt mir natürlich fern, die von oben zitierten Autoren, u. a. von Gudzent und Loewenthal, Kikkoi, v. Noorden und Falta in einzelnen Fällen beobachtete vermehrte Harnsäureausscheidung bei Radiumemanation irgendwie zu bestreiten. Ich möchte nur die Frage offen lassen, ob diese vermehrte Ausscheidung auf einer Mobilisierung der im Körper abgelagerten Urate beruht. Ich glaube aber erwiesen zu haben, daß eine solche Steigerung der Harnsäurekurve mit einem therapeutischen Erfolg bei Gicht nicht unbedingt Hand in Hand geht.

Will man also die Ursache der klinischen Besserungen darin sehen, daß die Emanation die Harnsäure aus dem Körper verreibt, so bleibt nur die Möglichkeit eines völligen Abbaues derselben in  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_3$ , eventuell in Harnstoff. Eine Hypothese, die aus den vorliegenden Atmungs- oder Stickstoffwerten weder zu erweisen, noch zu widerlegen sein dürfte. Denn die in Betracht kommenden Zahlen, verglichen mit den Gesamt-,  $\text{CO}_2$ - oder N-Werten, betragen nur einige Prozente, liegen also beinahe in dem Bereich der Fehlerquellen. Ob endlich die von Gudzent neben der Harnsäure lösenden beobachtete harnsäureabbauende Eigenschaft der Emanation, oder aber eine Fermentaktivierung, oder andere bisher unerforschte Momente bei der Beseitigung der Harnsäure aus dem Blute und eventuell bei der klinischen Besserung der Gicht in Betracht kommt, dürfte noch nicht feststehen.

---

Herrn Dr. Brasch möchte ich auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank aussprechen für die Anregung und sein großes Interesse an dieser Arbeit, sowie für die liebenswürdige Zuteilung der Patienten.

## Referate.

**P. Wichmann** bespricht im Ärztlichen Verein in Hamburg am 23. Oktober die durch Prof. O. Hahn, Berlin gemachte Entdeckung des Mesothoriums. Dieses ist das erste Zerfallsprodukt des Radioelements Thorium und die Muttersubstanz des schon länger bekannten Radiothors. Reines Mesothor würde 300mal so stark aktiv sein, wie die gleiche Gewichtsmenge Radium. Es gelingt, Mesothor in den Handel zu bringen, das annähernd viermal so stark aktiv ist, wie die gleiche Gewichtsmenge Radium. Ausgangsmaterial bildet der in Brasilien vorkommende Monazitsand (Demonstration). Neben der Strahlung des Mesothors kommen die Strahlungen des dem Präparate beigesellten Radiumbromids therapeutisch in Betracht.

Dank dem Entgegenkommen des Entdeckers hat Vortragender seit Herbst 1910 ein Mesothorpräparat therapeutisch erproben können, welches in seiner Aktivität diejenige von 10 mg besten Radiumbromids übertraf (hergestellt von der Firma Knöfler, Plötzensee bei Berlin). Angewandt wurde dasselbe zunächst bei 20 Kranken, die mit Lupus, Schleimhauttuberkulose (2), Hautkrebs (2), Cavernom (1) und Trachom (1) behaftet waren. Der Lupus ist bei allen Kranken abgeheilt (Demonstration), es handelt sich natürlich um kleinere Herde; hervorzuheben ist die schöne Narbenbildung. Ein Fall von Hautkrebs ist ebenfalls zur Abheilung gekommen, welcher allen anderen angewandten Methoden widerstand. Der Kranke bietet ein besonderes augenärztliches Interesse und wird später von Herrn Franke besonders demonstriert werden. Das inoperable Cavernom ist um  $\frac{1}{3}$  zurückgegangen (Demonstration), der Trachomfall gelangte an einzelnen Stellen zur Abheilung. Auch eine schwere Zungentuberkulose (Demonstration) befindet sich in Rückbildung, hervorzuheben sind die verschiedenen Phasen der Reaktionen, die hier sichtbar sind. Als unerläßliche Vorbedingungen des therapeutischen Erfolges sind zu nennen: 1. hohe Intensität und genügende Mengen der Substanz, 2. geeignete Kapsel, 3. Filteranwendung nach Angabe des Vortragenden, 4. stundenlange Expositionen, 5. genaue Fixation. Für letztere, die in der Mundhöhle und im Naseninnern bei den langen Expositionszeiten früher große Schwierigkeiten bereitete, hat Herr Albanus eine erfolgreiche Technik eingeführt.

Vortragender verbreitete sich zum Schlusse über die Aussichten, die bei der Emanationstherapie in Anbetracht des raschen Zerfalls der aus dem neuen Präparat hervorgehenden Thor emanation zu erwarten sind. Autoreferat.



# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1912

Heft 7

## Über Mesothorium und Radiothorium.

Von **Otto Hahn.**

Das jung erschlossene Gebiet der radioaktiven Forschung hat uns nicht nur eine erstaunliche Fülle neuer Erkenntnisse vermittelt, sondern es hat sich auch als außerordentlich fruchtbar erwiesen für eine ganze Reihe schon lange bestehender Probleme der exakten Naturwissenschaften. Die physikalische und chemische Forschung erhielten in den radioaktiven Erscheinungen neue Hilfsmittel, die ein viel tieferes Eindringen in die letzten Fragen dieser Wissenschaften ermöglichten, als man noch vor kurzem erhoffen konnte.

Aber die befruchtende Wirkung der Radioaktivität blieb nicht auf die exakten Naturwissenschaften beschränkt. Neuerdings beginnt besonders die praktische Heilkunde aus der Kenntnis der radioaktiven Prozesse Nutzen zu ziehen.

Das Wesen der ganzen neuen Erscheinungswelt ist der spontane Zerfall chemischer Atome unter Emission von Strahlen; und diese Strahlen sind es, deren physiologische Wirkung zwar schon frühzeitig erkannt worden, deren Nutzbarmachung auf den verschiedensten Gebieten der Heilkunde aber erst seit wenigen Jahren systematisch angestrebt wird.

Bis vor ganz kurzer Zeit war von den radioaktiven Stoffen das Radium das einzige, das für medizinische Versuche Verwendung fand. Es kommen dabei wesentlich zwei verschiedene Wirkungsformen in Betracht. Es werden entweder in rein äußerlicher Behandlung die erkrankten Körperstellen bestrahlt, wobei das Radiumpräparat selbst keinerlei sichtbare Veränderungen erfährt, oder es wird durch Einatmen emanationshaltiger Luft oder Trinken emanationshaltiger Wasser dem Organismus die strahlenabgebende Substanz innerlich zugeführt. In einzelnen Fällen werden auch direkt Radiumlösungen injiziert.

Im allgemeinen handelt es sich im ersteren Fall um Behandlung lokaler Erkrankungen mit stark aktiven Substanzen, im letzteren Falle um eine Allgemeinwirkung auf den gesamten Organismus, wobei naturgemäß nur sehr geringe Mengen Radium oder nur Zerfallsprodukte wie die Emanation zur Verwendung gelangen.



In neuerer Zeit ist in den von der Firma Knöfler u. Co. in Plötzensee bei Berlin in den Handel gebrachten stark radioaktiven Zerfallsprodukten des Thoriums, nämlich dem Mesothor und dem Radiothor die Möglichkeit eines Ersatzes für Radium gegeben. Ich folge daher gerne der Aufforderung, an dieser Stelle über die radioaktiven Eigenschaften des Mesothors und Radiothors, so weit sie für den Mediziner von Bedeutung sind, zu berichten.

Zur besseren Orientierung sei eine kurze Darlegung der radioaktiven Strahlengruppen, nämlich der  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen vorangestellt, wobei ich mich auch auf die den Mediziner vor allem interessierende Eigenschaft, das Durchdringungsvermögen, beschränken will.

Die  $\alpha$ -Strahlen sind Teilchen von Atomgröße, können nur wenige Zentimeter Luft durchdringen und werden daher beispielsweise in  $1/20$  mm Aluminium vollständig absorbiert. Innerhalb des Weges, den sie zurücklegen können, rufen sie außerordentlich starke Wirkungen hervor. Folien schwererer Metalle absorbieren entsprechend ihrer größeren Dichte bereits in dünneren Schichten die Strahlen vollständig. Hieraus kann man schon erkennen, daß bei Bestrahlung mit den in der medizinischen Praxis üblichen Radiumpräparaten, die mit Glimmer oder dünnen Metallfolien verschlossen sind, die  $\alpha$ -Strahlen nicht zur Wirkung kommen. Das ist auch vollständig zweckentsprechend, denn diese so leicht absorbierbaren Strahlen würden, wenn sie zur Wirkung kämen, nur die allerobersten Hautschichten, diese allerdings sehr kräftig affizieren, aber keine auch nur irgend erhebliche Tiefenwirkung zeigen.

Die  $\beta$ -Strahlen bestehen aus negativ geladenen Elektronen, besitzen also etwa  $1/7000$  der Masse eines  $\alpha$ -Teilchens. Sie sind daher im Verhältnis zu den  $\alpha$ -Strahlen sehr viel durchdringender, und sie sind es, die bei den üblichen Bestrahlungen mit stark aktiven Präparaten die Hauptwirksamkeit ausüben. Die  $\beta$ -Strahlen weisen innerhalb ihrer Gruppe noch sehr beträchtliche Unterschiede im Durchdringungsvermögen auf, so daß sich je nach der Tiefe der Bestrahlung die durchdringenderen oder absorbierbareren mehr an der Wirkung beteiligen. Durch den Glimmerverschluß der früher allgemein üblichen Radiumkapseln gehen die  $\beta$ -Strahlen mit nur geringer Schwächung hindurch. Die geringe Größe des Glimmerfensters bedingt aber, daß nur ein verhältnismäßig kleiner Teil der Gesamtstrahlung ausgenützt werden kann. Neuerdings beginnt man auch in Deutschland, die aktive Substanz auf große

Oberflächen auszubreiten, etwa auf Musselinlappen, die in dünnen Silberfolien luftdicht eingeschlossen werden. Der Vorteil, den diese Methode bietet, ist ein doppelter: einmal erhält man größere strahlende Oberflächen, außerdem ist die Absorption in der strahlenden Substanz und Hülle beträchtlich geringer. Derartige Radiumpräparate senden  $\beta$ -Strahlen aus, die mehrere Millimeter Gewebe durchdringen können, doch nimmt natürlich ihre Wirksamkeit mit wachsender Dicke der durchstrahlten Schicht sehr schnell ab.

In viel tiefere Schichten als die  $\beta$ -Strahlen dringen die dritte Gruppe radioaktiver Strahlen, nämlich die  $\gamma$ -Strahlen ein, doch ist ihre biologische Wirksamkeit im Verhältnis zu der der  $\beta$ -Strahlen auf gleiche Schichtdicken natürlich geringer. Sie sind den Röntgenstrahlen verwandt, besitzen aber ein noch größeres Durchdringungsvermögen als diese und sind daher zu Bestrahlungen tiefergelegener Krankheitsherde besonders geeignet. Wie groß das Durchdringungsvermögen der  $\gamma$ -Strahlen ist, beweist die Tatsache, daß deren Wirkungen noch nach Durchdringen von 30 cm Blei nachweisbar sind. Natürlich handelt es sich hierbei um sehr starke Präparate. Ebenso vermögen sie nach dem Durchgang durch den menschlichen Körper einen Bariumplatinzyanürschirm noch zum Leuchten zu bringen. Der größte Teil der Strahlen wird hierbei selbstverständlich im Körper absorbiert, aber der austretende Bruchteil genügt immerhin noch zur Hervorbringung der Leuchtwirkung.

Nach dieser Charakterisierung der Strahlen wollen wir nun auf die oben erwähnten Produkte des Thoriums näher eingehen.

Das Mesothorium ist das erste Umwandlungsprodukt des Thoriums. Es sendet  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen aus und verwandelt sich in 5,5 Jahren zur Hälfte in das Radiothor. Hierdurch ist eine Aktivitätszunahme bedingt, die mehrere Jahre anhält. Das Radiothor seinerseits zerfällt in 2 Jahren zur Hälfte.

Was die Durchdringbarkeit der  $\beta$ -Strahlen des Mesothors anbelangt, so ist diese im Durchschnitt etwas geringer als die der  $\beta$ -Strahlen des Radiums (bzw. seiner Zerfallsprodukte), jedoch sind die durchschnittlichen Unterschiede unbedeutend. Neben den eigentlichen, schnellen  $\beta$ -Strahlen findet sich im Mesothor noch eine Gruppe sehr leicht absorbierbarer  $\beta$ -Strahlen, die beim Radium fehlen. Den durchschnittlich etwas weicheren  $\beta$ -Strahlen des Mesothors entsprechen  $\gamma$ -Strahlen, die im Verhältnis zu denen des Radiums ebenfalls etwas leichter absorbierbar sind. Ob sie dement-

sprechend auf gleichen Schichtdicken stärker wirksam sind, ist noch nicht untersucht.

Wegen der Verschiedenheit der Strahlen des Mesothors und des Radiums ist es nicht ganz leicht, die Aktivität der starken Produkte auf eines von ihnen, etwa das länger bekannte Radium, zu beziehen. Für praktische Zwecke und starke Präparate ist aber ein Vergleich der Mesothorpräparate mit reinen Radiumsalzen auf Grund von  $\gamma$ -Strahlenmessungen als einwandfrei zu betrachten. Die Messung der Präparate geschieht in einem der üblichen Elektroskope unter Zwischenschaltung von 0,5 cm Blei, wobei sicher alle  $\beta$ -Strahlen im Blei absorbiert werden.

Das Mesothorium bildet nun bei seinem allmählichen Zerfall das Radiothor, dieses seine Zerfallsprodukte, das Thorium X, die Emanation und den aktiven Niederschlag  $\text{ThA} + \text{B} + \text{C} + \text{D}$ . Mit diesen Produkten befindet sich das Radiothor, wenn es aus dem Mesothor entsteht, im Gleichgewicht, und daher emittiert es  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen. Der Betrag der Aktivitätszunahme durch die Nachbildung des Radiothors läßt sich unter gewissen Voraussetzungen berechnen, z. B. wenn man annimmt, daß sich die  $\gamma$ -Strahlen des Radiothors, wenn es sich mit dem Mesothor im Gleichgewicht befindet, ebenso stark an der durchdringenden Strahlung beteiligen wie die des Mesothors. Das Maximum der Aktivität wird dann nach ungefähr 3 Jahren erreicht; hierauf tritt eine langsame Abnahme der Aktivität ein, und erst nach 10 Jahren erfolgt die Abklingung mit der Halbwertszeit des Mesothoriums von 5,5 Jahren.

Diese Zahlen gelten unter der Voraussetzung, daß ursprünglich vollkommen reines (also nicht mit anderen radioaktiven Substanzen vermisches) Mesothor vorliegt.

Nun enthält aber das technisch hergestellte Mesothorium immer einen bestimmten Prozentsatz Radium. Die Menge des Radiums richtet sich nach dem Urangehalt des Ausgangsmaterials. Das für die übliche Thoriumherstellung allein in Betracht kommende Material ist der hauptsächlich in Brasilien vorkommende Monazitsand. Dieser enthält durchschnittlich etwa 0,3% Uran mit 4–5% Thoroxyd. In den aus diesem Ausgangsmaterial technisch hergestellten Mesothorpräparaten ergibt sich das Verhältnis von Mesothor zum Radium zu etwa 3:1. Es werden also in technischem Mesothor von 100 mg Aktivität 75 mg von Mesothor und 25 mg von Radium herrühren. Je höher der Urangehalt des Monazit-

sandes, desto höher würde der Radiumgehalt der Mesothorpräparate sein. Im allgemeinen hat sich aber das Verhältnis von Thoriumgehalt zu Uraniumgehalt in dem verwendeten Monazitsand als ziemlich konstant erwiesen. Durch den Radiumgehalt werden nun die Aktivitätsänderungen der Mesothorpräparate naturgemäß beeinflusst, so daß die oben für reines Mesothor abgeleiteten Zahlen etwas verändert werden. Das Maximum der Aktivität tritt nach derselben Zeit, wie oben angegeben wurde, also nach etwa 3 Jahren, ein. Aber die Abklingung erfolgt nach beliebigen Zeiten langsamer, als der Periode des Mesothors entspricht. Nach 10 Jahren ist die Aktivität noch etwas stärker als zur Zeit der Herstellung, und nach 20 Jahren ungefähr halb so stark, und schließlich, wenn alles Mesothor zerfallen ist, bleiben die 25% Radium übrig. Daß sich das gesamte Radium des Ausgangsmaterials bei dem immerhin komplizierten Anreicherungsprozeß beim Mesothorium findet, liegt daran, daß Radium und Mesothor die gleichen chemischen Eigenschaften haben.

Wie sehr sich Mesothor und Radium in ihren chemischen Eigenschaften ähneln, ergibt sich auch aus folgenden Versuchen. Da Mesothorium in 5,5 Jahren und Radium in 1800 Jahren zur Hälfte zerfällt und, wie wir wohl annehmen können, die Strahlungsintensitäten gleicher Gewichtsmengen verschiedener Substanzen sich umgekehrt verhalten wie deren Zerfallszeiten, so wird 1 mg Gewichtsmenge Mesothor so stark aktiv sein, wie rund 300 mg Radium. Das in den Handel gebrachte Mesothorium, dessen Intensitäten nicht nach Gewicht, sondern nach Strahlungsstärke angegeben werden, enthält daher an Gewicht Mesothorium nur etwa  $\frac{1}{4}\%$  der gesamten Gewichtsmenge. Da die Aktivität der Mesothorpräparate auf reines Radiumbromid bezogen ist, und erstere etwa 25% Radiumbromid enthalten, so sind beispielsweise in 100 mg technischen Mesothors etwa 0,25 mg Mesothor Gewicht von der Strahlungsstärke von 75 mg Radiumbromid, 25 mg Gewicht Radiumbromid und der Rest, also 74,75 mg, inaktive Substanz. Gelingt es nun, die inaktive Substanz zu entfernen, so muß man ein Präparat erhalten, das bei einem Gewicht von 25,25 mg die Aktivität von 100 mg reinem Radiumbromid besitzt. Ein solches Präparat ist dann viermal so stark aktiv als reines 100-prozentiges Radiumbromid. Könnte man noch das Mesothor von Radium trennen, so müßten sich schließlich 0,25 mg Mesothor von der Stärke von 75 mg ergeben, also ein Präparat, das 300 mal so

stark wäre als seiner Gewichtsmenge entspräche. Ich habe versucht, das technische Mesothorium einerseits von den inaktiven Bestandteilen, andererseits vom Radium zu trennen. Das erstere gelang ohne große Schwierigkeit, und es wurde dabei in Übereinstimmung mit dem eben Gesagten ein Produkt erhalten, das rund viermal so stark aktiv war, wie die gleiche Gewichtsmenge reines Radiumbromid. Dagegen gelang es nicht, über dieses Verhältnis hinauszukommen. Diese Präparate enthalten bei einer Strahlungsintensität von 100 mg 0,25 mg Gewicht Mesothor und 25 mg Gewicht Radium. Die verunreinigende Substanz ist also in diesem Fall lediglich Radium, ein weiterer Beweis von der Ähnlichkeit des Mesothors und Radiums in ihren chemischen Eigenschaften.

Durch den stets vorhandenen Radiumgehalt werden die Strahlungsverhältnisse der Mesothorpräparate natürlich beeinflußt. Reines Mesothor sendet nur  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen aus. Der Radiumgehalt bedingt, daß auch ein gewisser Prozentsatz  $\alpha$ -Strahlen vorhanden ist. Zu diesen  $\alpha$ -Strahlen kommen dann im Laufe der Zeit noch die  $\alpha$ -Strahlen des aus dem Mesothor entstehenden Radiothors hinzu, und zwar sind diese beim Radiothor so stark, daß auch die  $\alpha$ -Aktivität sehr hohe Werte erreicht. Ältere Mesothorpräparate werden daher bei gleicher durchdringender Strahlung eher eine stärkere  $\alpha$ -Strahlung als die entsprechenden Radiumsalze besitzen.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich, daß in allen Fällen, wo es sich um Bestrahlung lokal erkrankter Körperstellen handelt, das Mesothorium die gleichen Wirkungen ausüben wird wie das Radium. Die bis jetzt mit Mesothorpräparaten ausgeführten biologischen Untersuchungen haben dies auch vollkommen bestätigt.

Anders werden die Verhältnisse, wenn es sich um Anwendungen mit der Emanation handelt. In der Art, wie die Radiumemanation neuerdings beispielsweise in Emanatorien Anwendung findet, kann die Thoriumemanation direkt nicht benutzt werden, da sie in wenigen Minuten vollständig zerfällt. Doch läßt sich diese Schwierigkeit je nach der Art der Emanationsbehandlung umgehen, wobei sogar unter Umständen der rasche Zerfall der Thoriumemanation wegen ihrer damit parallel verlaufenden raschen Nachbildung aus ihrem Mutterprodukt, dem Thorium X, einen Vorteil gegenüber der Radiumemanation bietet. Hat man nämlich ein emanierendes Radiothorpräparat, so liefert dieses dauernd Thoriumemanation. Man kann daher beispielsweise durch Inhalieren dem Körper dauernd Thoriumemanation zuführen. Die Thoriumema-

nation zerfällt innerhalb des Körpers in wenigen Minuten und bildet dabei den erst in einigen Tagen vollständig verschwindenden aktiven Niederschlag. Dieser emittiert außer den durchdringenden  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen auch sehr leicht absorbierbare  $\beta$ -Strahlen, wie sie kürzlich auch beim Ra D nachgewiesen worden sind.

Die Radiumemanation kann während der Zeit des Inhalierens von dem radioaktiven Präparat nicht in gleichem Betrag nachgeliefert werden, denn einmal dem Präparat entnommen, dauert es 3,8 Tage, bis sie sich wieder zur Hälfte angesammelt hat. Ihre längere Wirkungsmöglichkeit innerhalb des Körpers kann aber auch nicht ausgenutzt werden, da die Emanation durch Ausatmen sehr bald aus dem Körper entweicht und nur der schon in wenigen Stunden verschwindende aktive Niederschlag daselbst zurückbleibt.

Verbreitet ist auch die Anwendung von radioaktiven Präparaten, die Radiumemanation abgeben, bei Trink- und Badekuren. Es scheint nicht ausgeschlossen, daß sich dafür die ständig Emanation entwickelnden Thoriumprodukte, etwa Radiothor oder Thorium X unter Umständen noch besser eignen. Die Verwendung von Thorium X, dessen Lebensdauer der der Radiumemanation gleich ist, bietet den Vorteil, daß Thorium X eine leicht lösliche feste Substanz ist, die in hoher Aktivität vom Radiothor abgetrennt und den Badesalzen direkt zugesetzt werden kann, so daß das wertvollere Radiothor unverändert erhalten bleibt.

Bei dem starken Interesse, das sich besonders im Laufe der letzten Zeit für die biologischen und therapeutischen Wirkungen radioaktiver Strahlen geltend gemacht hat, wird eine Vermehrung der zu den einschlägigen Versuchen geeigneten Präparate, die durch die Herstellung von Mesothor und Radiothor gegeben ist, wohl nicht unerwünscht sein.

---

Aus der Lupusstation des Vereins für Lupusfürsorge (E. V.), Hamburg.

## **Instrumentarium zur externen therapeutischen Anwendung von hochaktiven Radium- und Mesothorpräparaten.**

Von Dr. **P. Wichmann**, leitendem Arzt.

Die in Folgendem dargelegten technischen Einzelheiten gründen sich auf therapeutische Erfahrungen, die der Verfasser in nunmehr sechsjähriger Verwendung von Radium und über einjähriger Verwendung von Mesothorium an insgesamt über 200 Kranken machen konnte. Dank der Hilfe des Physikers Dr. W. Westphal-Berlin und des Laryngologen Dr. Albanus-Hamburg glaube ich, daß dieses Instrumentarium<sup>1)</sup> alle Forderungen erfüllt, welche die notwendige Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie bilden:

1. Die radioaktive Substanz muß in feinsten, gleichmäßiger Verteilung fixiert zur Wirkung gelangen können. Von einer lokalen Wirkung der Emanation als solcher kann ebenso wie von einem Einfluß der  $\alpha$ -Strahlung abgesehen werden, da in der Lokalthherapie lediglich die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen die schätzenswerten Faktoren sind.
2. Der Behälter muß:
  - a) die radioaktive Substanz vor allen äußeren schädigenden Einflüssen bewahren;
  - b) leicht applizierbar sein, d. h. seine Dimensionen müssen eine Fixation am Krankheitsherde auch bei schwierigen Lokalisationen gestatten;
  - c) die leichte Anbringung einer Skala von Filtern ermöglichen;
  - d) in seinen Wandungen einen hinreichenden Schutz gegenüber der Umgebung des Bestrahlungsfeldes gewährleisten.

Wie wenig die von den Fabriken zum Versand kommenden Kapseln diesen Vorbedingungen genügen, braucht nicht ausgeführt zu werden. Es wurde daher folgende Ausführung gewählt:

Ein flacher Bleinapf mit dünner, einige Millimeter hoher Randung dient zur Aufnahme der radioaktiven Substanz.

Diese wird alsdann mit einem Tropfen Wasser in Lösung ge-

<sup>1)</sup> Verfertiger ist die Firma C. W. Bolte Nachf., Hamburg, Rathausstr. 8.

bracht, eingedampft, so daß ein gleichmäßiger Niederschlag auf dem Boden des Napfes entsteht. Eine ätherische Schellacklösung vermittelt in Form eines feinsten Überzuges die Fixation.

Den Verschluß des Napfes liefert eine  $\frac{1}{20}$  mm starke Silberplatte, welche in Form einer Kappe über den Napf gezogen und mit ihrem freien Rande fest verlötet wird. Diese Verschlußplatte gibt zugleich das erste Filter ab, welches die unerwünschten leicht absorbierbaren und infolgedessen die Oberfläche stark irritierenden Strahlungsfaktoren beseitigt. Natürlich kann man den nach diesen Grundsätzen konstruierten Behältern eine sehr verschiedene Form geben, im allgemeinen wird man mit den folgenden zwei Typen auskommen, die sich uns außerordentlich bewährt haben.

1. Die runde, größere Kapsel von 14 mm Durchmesser (Höhe 5 mm) dient für Bestrahlungen auf der äußeren Haut und in größeren, mit Schleimhaut ausgekleideten Höhlen (Mund, Rektum, Vagina).

Außer der als schwächstes Filter (I) wirkenden Verschlußplatte von  $\frac{1}{20}$  mm Stärke sind folgende Filter aus Silberblech beigegeben, welche als Kappen gearbeitet sind und über die Kapsel gezogen werden können.

2. Filter: Kappe (II) =  $\frac{1}{20}$  mm Stärke.
3. Filter: „ (III) =  $\frac{1}{5}$  mm, minus  $\frac{1}{20}$  mm Stärke.
4. Filter: „ (IV) =  $\frac{1}{2}$  mm, minus  $\frac{1}{20}$  mm Stärke.
5. Filter: „ (V) = 1 mm, minus  $\frac{1}{20}$  mm Stärke.

Ein besonderer Kapselhalter ist beigelegt.

Die Fixation erfolgt mit oder ohne Halter an der äußeren Haut durch Heftpflaster, in den Schleimhauthöhlen an Prothesen bzw. durch Tamponade.

2. Die ovale, kleinere Kapsel, welche am oberen Ende des Ovals einen flachen Ring trägt (Längsdurchmesser mit Ring  $13\frac{1}{2}$  mm, ohne Ring 12 mm; Querdurchmesser 7 mm; Höhe  $11\frac{1}{2}$  mm). dient für Bestrahlungen der Nasen-, Rachen-, Mund-, Kehlkopf- und Konjunktivalschleimhaut, nach vorausgegangener entsprechender Dilatation ist ihre Applikation intrauterin möglich. Dieselbe kann auch bei schwierigen Lokalisationen an der äußeren Haut (Augenwinkel!) Anwendung finden, welche die Applikation der größeren, runden Kapsel nicht gestatten.

Natürlich ist das Bestrahlungsfeld erheblich kleiner, und wird man aus diesem Grunde bei der äußeren Haut im allgemeinen die größere Kapsel vorziehen.



Verschlußplatte und Filter sind den bei der runden Kapsel I getroffenen diesbezüglichen Einrichtungen analog. Die Technik der Einführung und Fixation im Innern der Nase, des Rachens, Mundes und Kehlkopfes ist insbesondere von Dr. Albanus-Hamburg ausgearbeitet worden. Hier seien nur die Grundzüge derselben mitgeteilt, im übrigen sei auf die demnächst erscheinende Publikation dieses Autors hingewiesen.

Nachdem eine Fadenschlinge durch den Ring gelegt worden ist, wird der letztere mit entsprechender Zange gefaßt und die Kapsel unter Kontrolle des Auges eingeführt. Die Fixation am Krankheitsherde wird in der Nase durch Tamponade, im Munde durch Befestigung an einer Prothese erreicht, welche für den jeweiligen Zweck aus plastischer Masse<sup>1)</sup> geformt wird. Im Rachen und Kehlkopf kann die Fixation außer durch Halter durch direkte Befestigung an der Schleimhaut geschehen.

Bezüglich der Anwendung der Filter verweise ich auf meine diesbezüglichen Veröffentlichungen<sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Von Claudius Ash Sons & Co., London.

<sup>2)</sup> Siehe Wichmann, Radium in der Heilkunde. Hamburg 1911. Verlag von Leopold Voss.

## **Behandlung mit Radiumemanation besonders gichtischer und rheumatischer Leiden<sup>1)</sup>.**

Von Privatdozent Dr. med. **Hans Jansen**<sup>2)</sup>.

In einer früheren Arbeit „Om Radiumemanation og dens mulige Betydning for Lægevidenskaben“<sup>3)</sup> (Über Radiumemanation und deren eventuelle Bedeutung für die Arzneikunde) habe ich eine Gesamtbeschreibung der physikalischen Eigenschaften der Radiumemanation gegeben und der bis dahin erschienenen Mitteilungen über Versuche, Radiumemanation therapeutisch zu benutzen.

Selbst hatte ich damals nur 4 Patienten mit Radiumemanation behandelt und obendrein auf recht unvollkommene Weise, nämlich mit Emanosalbädern, Bäder, in welche eine Emanosalttablette aufgelöst wurde (von Meister, Lucius E. Brüning). Diese verlieh dem Bade eine gewisse Radioaktivität; aber sowohl eigene und die Messungen anderer haben später ergeben, daß diese Emanosalttabletten sehr inkonstant waren und jedenfalls bedeutend geringere Emanation als versprochen gaben. Jetzt hat man sie sicherlich überall aufgegeben. Ich lernte aber doch aus diesen vier Versuchsbehandlungen, daß es sich nicht um ein indifferentes Mittel handelte, denn die 3 der 4 Patienten bekamen eine deutliche Reaktion in der Form einer vorübergehenden Verschlimmerung ihres Zustandes.

Seit der Zeit hat sich mir Gelegenheit geboten, eine größere Anzahl Patienten mit radioaktivem Wasser zu behandeln, teils auf

---

<sup>1)</sup> Verkürzte Wiedergabe eines Vortrages, gehalten in der „Gesellschaft für physische Therapie und Diätetik“ in einer Sitzung am 27. Oktober 1910. Auf Dänisch veröffentlicht in Ugeskr. f. Læger, 1910, Nr. 44—45.

<sup>2)</sup> Die interessanten und in mancherlei Beziehung andersartigen Anschauungen des Verfassers, welche dem größeren deutschen Interessentenkreis wegen ihrer Veröffentlichung in einer dänischen Zeitschrift bisher wohl unbekannt sind, rechtfertigen die etwas verspätete Veröffentlichung an dieser Stelle. Die Redaktion.

<sup>3)</sup> Vortrag, gehalten in der Biologischen Gesellschaft Dezember 1908; auf Dänisch veröffentlicht in Nordisk Tidsskrift for Terapi, Dezember 1908.

der zweiten Abteilung des Kommunehospitales, teils ambulant auf Rosenborg Brøndanstalt. Ich veröffentliche hier die Resultate dieser Behandlungen und knüpfte daran eine Übersicht darüber, was seit der Erscheinung meines Berichtes im Jahre 1908 und bis Herbst 1910 anderseits über dieses Thema mitgeteilt ist.

Die Behandlung mit Radiumemanation läßt sich auf verschiedene Weise vornehmen: Als Bäder, wobei man die natürlichen radioaktiven Bäder nachzuahmen sucht, z. B. Gastein. Indessen scheint die Radiumemanation nicht oder so gut wie nicht durch die Haut absorbiert zu werden. Sieht man Wirkungen radioaktiver Bäder, schreibt man sie gerne der dem Wasser entsteigenden und eingeatmeten Emanation zu; alsdann eignen sich die Bäder aber schlecht zu Versuchen über den Wert der Emanationstherapie, denn es läßt sich niemals mit Sicherheit sagen, wieviel Emanation der Patient erhalten hat. Auch aus einem anderen Grunde eignet sich die Badeform nicht zu dergleichen Versuchen: das warme Bad ist nämlich als solches ein therapeutischer Eingriff, so daß in Fällen günstiger Wirkungen ein Teil derselben vielleicht aufs Konto des warmen Bades zu schreiben ist.

Zweitens kann die Emanation luftförmig, wie sie ist, teils zum Einblasen, teils zur Inhalation benutzt werden. Dies ist an und für sich die natürlichste Anwendungsart und ist schon im Jahre 1903 vom Chemiker Soddy angegeben und vom Dr. Sharp bei Phthisis incipiens benutzt. Aber erst vor kurzer Zeit ist sie in rationelle Bahnen gelenkt worden, besonders von Gudzent und Löwenthal, wie aus untenstehendem hervorgehen wird.

Ich will nun hier einige Versuche mitteilen, die von mir mit Einblasen resp. Inhalation radioaktiver Luft vorgenommen sind. Nachdem ich mich durch eigene Versuche<sup>1)</sup> von den bakteriziden Eigenschaften der Radiumemanation überzeugt hatte, erschien es mir der Mühe wert, eine Behandlung von Larynx-tuberkulose auf folgende einfache Art vorzunehmen: In eine gewöhnliche Wasserflasche mit einem Kubikgehalt von ca. 400 ccm wurde ca. 200 ccm stark radioaktives Wasser (wenigstens 300 000

---

<sup>1)</sup> Hans Jansen: Untersuchungen über die bakterizide Wirkung der Radiumemanation. Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten, 1910, Band 67.

Einheiten) getan. Das kurze Rohr der Flasche, dessen innere Mündung über der Flüssigkeitsoberfläche lag, wurde mittels eines Gummischlauches mit einem an der Spitze leicht gebogenen Glasrohr in Verbindung gesetzt. Dieses wurde über die Zunge geführt, so daß die nach unten gebogene Mündung abwärts nach dem Kehlkopf zeigte. Ein Blasebalg (Doppeltbläser) wurde an dem langen, nach unten durch die Flüssigkeit reichenden Rohr der Flüssigkeitsflasche befestigt, und wenn man nun blies, rissen die Luftblasen, indem sie durch das Wasser hindurchperlten, die darin eingeschlossene Emanation mit sich, und die derart stark radioaktive Luft wurde in den Kehlkopf hinabgeblasen. Ein großer Teil wurde natürlich gleichzeitig inhaliert. Dies war in Wirklichkeit auch mein Wunsch, denn ich kann nicht in Abrede stellen, daß ich unter diesen Versuchen auch den Nebengedanken hatte, zu sehen, was mit dem (in den meisten Fällen) gleichzeitig vorhandenen Lungenleiden geschah.

Ich habe auf diese Weise 5 Patienten behandelt. Herr Dr. Blegvad, den ich bat, die Fälle als Spezialist zu untersuchen und unter Observation zu behalten, hat im dänischen Otolaryngologen-Verein eine vorläufige Mitteilung über diese Versuche gegeben. Sie erschienen uns anfangs sehr vielversprechend, besonders da unser erster Patient vollständig geheilt wurde. Aber es war freilich das unglückliche oder allzu glückliche bei dieser Patientin, einem 18jährigen jungen Mädchen, daß ihre Kehlkopffektion, welche das ganz typische Bild mit Infiltration und kraterförmiger Ulzeration in der Regio interarytaenoidea bot, ganz isoliert dastand (primär war?); an den Lungen ließ sich nichts mit Sicherheit nachweisen. Eine Spontanheilung kann deshalb wohl nicht ganz ausgeschlossen erscheinen. Bei den 4 anderen war teils Abnahme der Infiltrationen zu beobachten, teils wurde etwas Besserung in der Stimme oder subjektive Linderung erzielt. Wenn ich auf diesem Wege trotzdem nicht weiterging, so hatte dieses seinen Grund in dem bei mir entstandenen bestimmten Eindruck, daß das Lungenleiden bei den 4 mehr oder weniger kranken Phthisikern, unter der Behandlung um sich griff. Bei 2 der Patienten war eine sichtliche Einwirkung auf die Temperatur zu beobachten. Sie stieg, wenn der Patient Emanation erhielt, fiel, wenn die Behandlung ausgesetzt wurde, und stieg von neuem, wenn wiederum Emanation gegeben wurde. Einmal trat eine Hämoptyse ein, die vielleicht der Behandlung zu-

zuschreiben war. Bei Prof. Brieger auf dem hydrotherapeutischen Institute in Berlin sind ähnliche Erfahrungen gemacht worden, wie man mir dort im Jahre 1909 erzählte. Es ist möglich, daß die Versuche wieder vorgenommen werden, mit der Abänderung allerdings, die Inhalation von Radiumemanation in die Lungen zu verhindern, aber dann haben wir nicht mehr die einfache und leicht zugängliche Behandlungsform, auf die ich gehofft hatte.

Die dritte und einfachste Art, Radiumemanation anzuwenden, besteht darin, sie in Wasser gelöst als Trinkkur<sup>1)</sup> zu geben. Alle Quellen enthalten Emanation und gewisse heilende Quellen sogar in großer Menge. Künstlich läßt sich mit Leichtigkeit derartig radioaktives Wasser herstellen, indem einfach ein (unlösliches) Radiumsalz oder ein radiumhaltiges Mineral in Wasser gesenkt wird. Innerhalb einer gewissen Zeit wird das Wasser sich mit Emanation, die ununterbrochen vom Radium abgegeben wird, gesättigt haben. Sich dieses Umstandes bedienend, hat die Radiogengesellschaft in Charlottenburg Apparate, Emanatorien, konstruiert, denen radioaktives Wasser, „Radiogenwasser“, mit einem bestimmten Radiumemanationsgehalt abgezapft werden kann; nur darf nicht mehr als eine gewisse Anzahl Dosen pro Tag abgezapft werden. Diese Emanatoren sind leicht zu behandeln, und das abgezapfte Wasser hat jedesmal, wenn ich maß, die Radiumemnation enthalten, die es enthalten sollte.

Die Menge der Radiumemanation oder die Radioaktivität des Wassers wird in deutschsprechenden Ländern gewöhnlich in sogenannte „Emanationseinheiten“ oder einfach „Einheiten“ angegeben, hiermit ist der Spannungsfall gemeint, ausgedrückt in Volt, der im Laufe einer Stunde in einem Elektroskop eintreten würde, das unter Einwirkung der betreffenden Emanationsmenge käme. Die therapeutisch angewendeten Dosen belaufen sich gewöhnlich auf mehrere Tausend solcher Einheiten. Die Messung geschieht in besonders zu diesem Zweck eingerichteten Elektroskopen, z. B. Sievekings Fontaktoskop.

Die erwähnten Emanatoren sind derart eingerichtet, daß sie bei jedesmaligem Umdrehen eines Hahnes 10 ccm destilliertes Wasser mit einer Radioaktivität von 5000 Einheiten abgeben. Das Dosieren dieses Radiogenwassers war bisher so angegeben: 5000

<sup>1)</sup> Die Injektionskur war bei Niederschrift dieser Abhandlung noch nicht allgemein bekannt.

Einheiten (10 ccm) täglich in 3 Tagen, darauf 10 000 Einheiten (20 ccm) in 3 Tagen und darauf 15 000 Einheiten (30 ccm) in 2—3 Wochen. Die angeführte Tagesdosis wurde auf einmal getrunken, so daß der Patient nur einmal pro Tag Emanation zugeführt erhielt. Das Wasser mußte möglichst schnell nach der Abzapfung getrunken werden, da die Emanation bekanntlich sehr flüchtig und sehr wenig haltbar ist.

Seit Frühjahr 1909 haben mir solche Radiogenemanatoren zur Verfügung gestanden, teils auf Rosenborgs Brändanstalt teils auf dem Kommunehospital, wo wir vom 1. Juli bis 31. Dezember 1909 einen Trinkemanator hatten. Vor dieser Zeit bereitete ich selbst täglich radioaktives Wasser mit Hilfe eines von Prof. Prytz konstruierten Emanators<sup>1)</sup>. Da dieses von wechselnder Stärke war, mußte ich täglich die Aktivität des Wassers messen, um berechnen zu können, wie viele Kubikzentimeter die Patienten haben sollten. Dieses Emanationswasser, wie ich es der Einfachheit wegen nennen will, gab ich auf ähnliche Weise wie das Radiogenwasser in steigenden Dosen, doch ging ich gerne höher hinauf, in der Regel auf 30 000 Einheiten täglich, häufig auf 50 000 und ein einzelnes Mal sogar auf gut 100 000 Einheiten. Auch mit dem Radiogenwasser bin ich häufig auf größere Dosen gestiegen, nämlich auf 30 000 Einheiten d. w. s. 60 ccm. Aber in allen Fällen wurde nur eine Dosis täglich gegeben<sup>2)</sup>.

Daß ich die Trinkkur zu Versuchen über Radiumemanationstherapie bei gichtischen und rheumatischen Leiden gewählt habe, geschah einerseits, weil sie so bequem und leicht durchzuführen war, daß schon einigermaßen günstige Resultate sehr wertvoll sein würden, andererseits, weil die Versuche auf diese Weise „reiner“ als sonst wurden. Denn diese geringe Menge destilliertes Wasser, worin die Emanation aufgelöst war, konnte nicht auf die Patienten influieren. Eventuelle Veränderungen ihres Zustandes — gleichviel ob es zum schlimmeren oder zum besseren wäre — müßten deshalb auf die eingeführte Radiumemanation zurückgeführt werden, allenfalls insofern Zufälligkeiten, Suggestion oder die

---

1) Beschrieben und abgebildet in der Abhandlung des Verf.: Untersuchungen über die bakterizide Wirkung der Radiumemanation. Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten, 1910, Band 67.

2) Ich bin also sehr früh zu einer ganz bedeutend höheren Dosis hinaufgegangen, als man sie damals brauchte. Nun ist die Dosierung bekanntlich überdies gestiegen.

Wirkung anderer gleichzeitig eintretender Veränderungen wie Hospitalaufenthalt, Bettruhe, veränderte Kost und dergleichen ausgeschlossen werden könnten.

Daß die nachstehend besprochenen Reaktionen keine Zufälligkeiten, sondern direkte Folgen der Medikation waren, dafür bürgt u. a. die Konstanz, mit der sie auftraten; und die bei einem Teil der Patienten beobachteten Besserungen standen ebenfalls in einem derartigen Verhältnis zur Behandlung, daß es gezwungen sein würde, sie als zufällig aufzufassen.

Was die Suggestion anbelangt, so erfordert sie zweifellos eine bedeutende Rücksichtnahme. Es ist ja verständlich, daß ein Mittel, das etwas mit Radium zu tun hat, mit diesem rätselhaften und kostbaren Stoff, welcher in Dosen gegeben wird, die in Tausende gemessen werden, leicht suggestiv wirken kann. Dieses suggestive Moment suchte ich auf verschiedene Weise zu bekämpfen. Mit den Hospitalpatienten wurde so wenig wie möglich darüber gesprochen, was sie bekamen. In mehreren Fällen benutzte ich ganz andere Bezeichnungen wie z. B. „das neue Aspirin ohne Geschmack“ und dergleichen. Den ambulanten Patienten gegenüber betonte ich immer, daß sie die Behandlung mit diesem Mittel als einen Versuch aufzufassen hätten, der ebensowohl schlecht als gut ausfallen könnte. Auf dem Hospital begann häufig die Kur mit Verabfolgung von nur destilliertem Wasser, und erst wenn dieses allein zu keiner Besserung geführt hatte, wurde, ohne daß die Patienten wußten wann, radioaktives Wasser gegeben. Es ließ sich das leicht durchführen, da das radioaktive Wasser ohne Geschmack ist. In zwei Ischiasfällen trat in der Tat eine derartige Besserung auf, während der eine Patient destilliertes Wasser bekam, der andere + Fachingersalz, so daß anderweitige Behandlung überflüssig wurde. Diese Besserungen sind doch sicherlich nicht so sehr auf Suggestion als auf die Bettruhe zurückzuführen. Und somit kommen wir auf die dritte Fehlerquelle, nämlich die Wirkung des Hospitalaufenthalts und was hiermit verbunden ist. Schon die Tatsache, daß ein Patient der Arbeit enthoben wird, eventuell das Bett hütet, eine veränderte, vielleicht zweckmäßigere Kost erhält, von Exzessen in Baccho et in Venere ausgeschlossen ist, seinen Stuhl regelt und dergleichen, ist ein Umstand, welcher an und für sich zuträglich wirkt, und bei leichteren Fällen von Gicht und Neuralgien vielleicht zur Heilung genügen kann. Mit dieser Fehlerquelle mußte unzweifelhaft ge-

rechnet werden, doch wird sie in den nicht seltenen Fällen, wo die Kur erst ordiniert wird, nachdem der Patient schon einige Zeit auf dem Hospital zugebracht und anderweitige Behandlung mit unbefriedigendem Resultat bekommen hat, bedeutend reduziert. — Die ambulanten Patienten waren in dieser Beziehung geeigneter, da hier eine Linderung resp. Besserung, die eintrat, ohne daß der Patient anderes dafür getan hat als radioaktives Wasser zu trinken, schon recht überzeugend für die Wirkung der Radiumemanation ist. Andererseits waren die ambulanten schwer zu observieren, und ihr Leiden war oft recht leicht, so daß zufällige Besserungen hier vielleicht mithineinspielen konnten.

Diese Betrachtungen werden dafür zeugen, daß ich für die vielen Möglichkeiten des Irrtums ein offenes Auge gehabt habe, und wenn ich in nachstehendem von Wirkungen resp. Besserungen durch Behandlung mit radioaktivem Wasser spreche, sind sämtliche vorerwähnte Möglichkeiten in Betracht gezogen.

Wie angeführt, habe ich vorwiegend bei „gichtischen und rheumatischen Leiden“ die Behandlung mit radioaktivem Wasser versucht, indem bisher vorzugsweise diese zum Gegenstand für diese Therapie gemacht worden sind.

Die Gesamtzahl der Patienten mit diesem Leiden, welche von mir bis Januar 1910 mittels Trinkkur behandelt worden sind, beträgt 44 (26 Männer, 18 Frauen), davon sind 30 klinische (20 Männer, 10 Frauen), 14 ambulante (6 Männer, 8 Frauen). Nach den Diagnosen lassen sie sich folgendermaßen verteilen:

	Kli- nische	Ambu- lante	Zu- sammen
A. Rheumatism. polyartic. (subakut, subchron. oder chron.)	8	2	10
B. Rheumatismus monarticul. chron. . . . .	2	1	3
C. „Rheumatismus“ . . . . .	3	3	6
D. Arthritis urica chron. (polyarticul.) . . . . .	7	4	11
E. Arthritis deformans . . . . .	—	1	1
F. Arthritis luetica . . . . .	—	1	1
G. Ischias . . . . .	6	1	7
H. Neuralgiae variae . . . . .	1	1	2
I. Polyneuritis alcohol . . . . .	2	—	2
K. Tabes dorsalis (mit lancin. Schm.) . . . . .	1	—	1
	30	14	44

Die größte Zahl der Patienten waren Kurgäste auf Rosenborg Brøndanstalt in der Saison 1909. Außer den hier besprochenen meldeten sich, wie zu erwarten war, eine Anzahl neur-



asthenische, hypochondrische oder nur neugierige Kurgäste, welche ebenfalls dieses Wundermittel prüfen wollten. In der Regel führten sie nicht die Kur zu Ende. Es machte auf mich den Eindruck, daß nervöse Patienten keine Besserung ihres Befindens während des Gebrauches des radioaktiven Wassers spürten<sup>1)</sup>.

Die Resultate innerhalb jeder der aufgestellten Krankheitsgruppen sind folgende<sup>2)</sup>:

Von den 10 Patienten mit subakut-chronisch-polyartikulärem Rheumatismus ist nur bei 2 ein voll befriedigendes Resultat der Behandlung zu verzeichnen, und von diesen war der eine nur leicht angegriffen, bei dem anderen war die Behandlung kombiniert worden. Bei 2 war die Besserung bedeutend, 2 Patienten blieben ganz unverändert, bei 4 mußte die Behandlung wegen febriler Reaktion abgebrochen werden. Eine Reaktion wurde übrigens im ganzen bei 9 der 10 Patienten beobachtet.

Bei den 3 Patienten mit Arthritis humeri sicca chron. war das Resultat gut bei 1, recht gut bei 1, ganz negativ bei 1. Reaktion (ohne Fieber) trat nur bei erstgenanntem ein.

Die 6 Patienten mit Rheumatismus waren sehr ungleich. Bei einem waren die Schmerzen vielleicht auf Lues zurückzuführen, bei einem zweiten auf Alkohol, bei einem dritten auf tuberkulöses Toxin, während der Rheumatismus bei 2 wohl eher gichtischer Natur war. Das Resultat der Behandlung war im ganzen genommen gut bei 5. Bei 1 war es vielleicht doch nur eine Suggestion. Besonders hervorheben will ich das günstige Resultat bei den Uratikern. Reaktion trat bei 5 der 6 ein; und zwar vorwiegend in Form prickelnder Gefühle und Gliederreißen. Temperatursteigerung wurde nicht beobachtet.

Die Diagnose Arthritis urica wurde in der Regel auf das Vorhandensein von Tophie oder Podagra (frühere) gestellt. Bei 5 dieser 11 Patienten war ein sehr befriedigendes Resultat der Behandlung zu verzeichnen, jedoch ist zu bemerken, daß die Behandlung mit Radiogenschlamm bei 1 und mit Mineralwasserkur bei 2 kombiniert war. Bei 3 wurde eine zweifellose Besse-

<sup>1)</sup> Dies sehe ich nun auch von Gudzent und später von v. Noorden hervorgehoben: Therapie der Gegenwart, 1910, Nr. 12, und Mediz. Klinik, 1911, Nr. 39.

<sup>2)</sup> Die dänische Arbeit enthält alle Krankengeschichten.

rung erreicht, die bei dem 1 doch vielleicht auf eine gleichzeitige Marienbadekur zurückzuführen war. Nur bei 2 war das Resultat eher negativ; der 1 war wohl zweifellos Arthritiker, aber mit außerordentlich inveterierter Gelenkaffektion; bei dem 2. war die Hypochondrie die Hauptsache, die Gicht ganz untergeordnet. — Reaktion trat bei 9 der 11 ein; in den meisten Fällen war sie nicht sehr heftig; Temperatursteigerung wurde nur bei 1 beobachtet. Die Behandlung scheint keinen ungünstigen Einfluß auf eine vorhandene Nephritis zu haben.

Der eine Patient mit Arthritis deformans erzielte eine Besserung, die wohl sicherlich auf Suggestion zurückzuführen ist. Er hatte eine leichte Reaktion.

Bei dem einen Patienten mit einerluetischen Gelenkaffektion war das Resultat absolut negativ. Ausgesprochene Reaktion.

Von den 7 Patienten mit Ischias erreichten 4 ein vollauf befriedigendes Resultat, 1 gebessert. Bei 2 war das Resultat gleich Null. Es ist wert zu beachten, daß das Leiden bei den 2 mit negativem Resultat höchstwahrscheinlich toxischer (alkoholischer) Natur war, während es bei den 4 mit günstigem Verlauf wohl „rheumatisch“ oder vielleicht richtiger uratisch genannt werden kann. Einen wie großen Anteil die Emanationstherapie an diesen Heilungen gehabt hat, läßt sich hier noch schwerer entscheiden als bei den eigentlichen Gichtkranken. Gerade bei Ischias kann Schonung allein viel tun, wofür die 2 Patienten, welche gesund wurden, während sie Aqua destil. bekamen, Zeugnis ablegen. — Es entstand Reaktion bei 4, 1 mit etwas Temperatursteigerung ohne eigentliche Beschwerden. Keine Reaktion bei 3. Von den 2 mit negativem Resultat spürte der 1 etwas Reaktion.

Das Resultat war bei den 2 Patienten mit Neuralgien gut bei 1, ganz negativ bei 1 (dessen Leiden vielleicht als eine traumatische Neurose aufgefaßt werden mußte). In beiden Fällen trat eine Reaktion auf, bei dem Patienten mit negativem Resultat sogar eine recht schmerzhaft.

Bei den 2 Patienten mit alkoholischer Polyneuritis war das Resultat ganz negativ. Bei dem 1 war eine zweifellose Reaktion zu beobachten.

Bei *Tabes dorsalis* sollen sich die lancinierenden Schmerzen durch die Emanationstherapie beeinflussen lassen. Ich hatte leider nur Gelegenheit, die Behandlung bei diesem einen Patienten

zu prüfen. Das Resultat war ziemlich unsicher. Das größte Interesse zeigte diese Patientin, die gleichzeitig eine recht schwere Phthisis hatte, dadurch, daß sie ausgesprochene Temperaturerhöhungen während der Emanationstherapie bekam.

Folgende Tabelle enthält eine Gesamtaufstellung der Resultate.

	Anzahl Fälle	Befriedigen- des Resultat (Heilung)	Besserung	Unvollendete Kur oder un- bestimmt	Gänzlich nega- tives Resultat	Reaktion
A. Rheum. polyart . . . . .	10	2	2	4	2	9
B. Rheum. monart. . . . .	3	1	1	—	1	1
C. „Rheumatismus“ . . . . .	6	5	—	1	—	5
D. Arthritis urica chron. . . . .	11	5	3	1	2	9
E. Arthritis deformans . . . . .	1	—	—	1	—	1
F. Arthritis luetica . . . . .	1	—	—	—	1	1
G. Ischias . . . . .	7	4	1	—	2	4
H. Neuralgie . . . . .	2	1	—	—	1	2
I. Polyneuritis . . . . .	2	—	—	—	2	1
K. Tabes (lancin. Schm.) . . . . .	1	—	—	—	—	1
	44	18	7	8	11	34
		25				

Also 25 sämtlicher 44 Patienten waren günstig beeinflusst worden; davon waren 18 entweder geheilt oder allenfalls längere Zeit ohne Schmerzen. Am besten waren die Resultate für die Gruppen C, D und G, also bei Patienten mit leichten Gichtschmerzen, eher eine Art Gliederreißen, das wohl häufig uratischer Natur ist, bei Patienten mit chronischem Gelenkleiden auf uratischer Basis und bei Ischiaspatienten, doch wie erwähnt nicht, wenn das Leiden toxischer (speziell alkoholischer) Natur war. Bei den eigentlichen rheumatischen Gelenkaffektionen wird die Behandlung häufig durch eine allzu mächtige, oft febrile Reaktion erschwert.

Die Reaktion ist ganz eigentümlich. Von dieser läßt sich jedenfalls mit Sicherheit sagen, daß sie eine Folge der eingeführten Radiumemanation ist. Wie aus der Tabelle hervorgeht, entstand bedeutend häufiger Reaktion als ein günstiges Resultat, nämlich in 34 der 44 Fälle; viele der Patienten spürten also eine gewisse Einwirkung der Emanation, ohne daß diese von einer (sicheren) Verbesserung ihres Leidens begleitet war; umgekehrt kam keine Reaktion bei einzelnen (3) der Patienten, die geheilt wurden.

Gewöhnlich gab sich die Reaktion durch eine Verschlimme-

rung des Leidens des Patienten zu erkennen, die Schmerzen nahmen zu, die Gelenke wurden schmerzender, manchmal schwellen sie an; häufig wurden Gelenke, die sich lange Zeit hindurch ruhig verhalten hatten, wiederum schmerzend, oder ganz neue Gelenke wurden angegriffen, es arbeitete und schmerzte im ganzen Körper. In anderen Fällen konnten die Patienten ihre gewöhnlichen Gichtschmerzen oder Neuralgien von den der Reaktion zuzuschreibenden Empfindungen unterscheiden; es waren dann entweder eigentümliche jagende Schmerzen oder häufiger eine prickelnde und stechende, manchmal eine wärmende Empfindung, nicht besonders in den angegriffenen Stellen lokalisiert, sondern in allen vier Extremitäten, manchmal auch im Körper. Ein männlicher Patient, den ich vor kurzem behandelt hatte, und der absolut nicht hysterisch war, gab an, er habe die Empfindung, als ob er auf Stecknadeln läge. Einzelne Patienten behaupteten, sie schliefen unruhig, wenn sie Radiumemanation bekämen, Träume plagten sie, und sie würden nervös; andere hatten das Gefühl von Schwere im Kopfe. Da es sich nur um vereinzelte Fälle handelt, darf ich diesen Mitteilungen keinen größeren Wert beimessen.

Schließlich kann, wie wir gesehen haben, die Reaktion von Fieber begleitet sein (oder sich als Fieber äußern). Dies wurde bei 4 Patienten mit polyartikulärem Rheumatismus beobachtet, bei 1 (2) mit Arthritis urica, bei 1 mit Ischias und bei 1, der außer Tabes eine ausgebreitete Phthisis hatte. Wie früher erwähnt, entstand auch Fieber bei Phthisikern, die Emanation inhalierten. Dies mahnt zu einer gewissen Vorsicht.

Die Reaktion trat in der Regel nach den ersten Dosen ein, und war in der ersten Zeit der Behandlung am heftigsten; wurde die Größe der Dosis erhöht, konnte sie wiederum mit neuer Kraft auftreten.

Wie die Reaktion zu verstehen ist, was im Organismus vor sich geht, ist noch nicht ganz klar, aber die Einwirkung auf die Löslichkeit der harnsauren Salze und die Zunahme des Stoffwechsels, die in der neueren Zeit nachgewiesen sind und später besprochen werden sollen, lassen sich doch wohl mit Recht damit in Verbindung setzen, und der unmittelbare Eindruck, daß die Reaktion infolge des Mittels eintritt, ist sicher richtig.

In den Fällen, wo eine nicht febrile Reaktion entstand, der Zustand aber sonst unverändert verblieb, ist die Ursache vielleicht darin zu sehen, daß die Einwirkung zur Herbeiführung einer Hei-

lung allzu schwach war. Es muß daran erinnert werden, daß wir in Wirklichkeit gar nicht wissen, wie groß die Dosen und wie intensiv die Einwirkungen sein sollen. Höchst wahrscheinlich ist bisher allzu schwach dosiert worden<sup>1)</sup>.

Im Anschluß an diese meine persönlichen Erfahrungen gebe ich eine kurze Übersicht über die von anderen in den letzten Jahren hinsichtlich dieser Therapie gemachten Erfahrungen sowie über die neuen experimentellen Arbeiten, die zum Verständnis der Wirkungsart der Radiumemanation beitragen.

Im Jahre 1905 erschien die erste Mitteilung über Behandlung mit künstlichem radioaktiven Wasser aus Neussers Klinik in Wien; aber erst Löwenthals bedeutungsvolle Artikel in der Berl. klin. Wochenschr., 1906, ließen die interessanten Probleme, die diese Frage in sich schließt, deutlicher hervortreten, besonders das Problem über die Bedeutung der Emanation in den Heilquellen. Selbstverständlich erschienen schnell eine Reihe Arbeiten. Mehrere derselben waren recht kritiklos und machten den Eindruck, der Verfasser habe nur gewünscht, möglichst schnell zu zeigen, daß er die neue Behandlung geprüft hat. Nach dem ersten Sturmloch hat über diese Sache ein paar Jahre Ruhe geherrscht, bis vor kurzer Zeit, wo die ersten, aber zeitraubenden experimentellen Arbeiten veröffentlicht wurden und die Emanationstherapie auf diese Weise in festere und mehr wohl begründete Bahnen zu kommen begann.

Über die Behandlung gichtischer Leiden mit radioaktivem Wasser in dieser oder jener Form hatten bis Herbst 1908 Neusser, Dautwitz, Löwenthal, Laqueur, Gottlieb, Nagelschmidt, Riedel, Strasser und Selka und Davidsohn geschrieben; betreffs dieser Arbeiten verweise ich auf meinen Übersichtsartikel vom Dezember 1908. Nach der Zeit, bis Herbst 1910, sind Mitteilungen von Fürstenberg, Claude, Kemen, v. Klecki, Gottlieb, Görner und Pässler erschienen.

Abgesehen von Görners vollständig negativen und Pässlers ausgesprochen positiven Resultaten sind die Verfasser im großen und ganzen zu ähnlichen Resultaten wie ich und übrigens auch wie die neun früheren Verfasser gelangt. Sie hatten Wirkungen, teils vorzüglicher Art, in einer Anzahl von Fällen, aber — nicht in allen. Es ist bisher nicht möglich gewesen, mit Sicherheit zu sagen, wo ein guter Erfolg der Behandlung zu erwarten war und wo nicht. Diese Unsicherheit beruht ohne Zweifel zum Teil auf Mangel unserer Kenntnis im Dosieren und in der Indikation. Im Hinblick auf die Indikation meine ich, wie früher angedeutet, einen Fingerzeig in meinem Patientenmaterial gesehen zu haben, indem es mir vorkommt, daß Gicht die besten Resultate gibt. Hierüber finden wir keine Angaben seitens der früheren Verfasser<sup>2)</sup>. In der Regel haben sie die uratischen Fälle von den chronischen Arthritiden nicht genügend deutlich ausgesondert, so daß es beim

<sup>1)</sup> Im September 1910 geschrieben.

<sup>2)</sup> September 1910 geschrieben.

Durchgehen der vorliegenden Statistiken auch nicht möglich ist, Zuverlässiges über diesen Punkt zu erfahren. Dahingegen liegen experimentelle Arbeiten vor, welche stark darauf hindeuten, daß der Angriffspunkt der Emanation die Harnsäure im Organismus ist.

Namentlich bei Prof. His an der Charité in Berlin ist die Frage über die Wirkungsweise der Emanationstherapie in wissenschaftliche Bearbeitung genommen worden. In einem in der Medizin. Klinik, 1910, Nr. 16, veröffentlichten Vortrag hat His eine Übersicht über die vorläufig erreichten Resultate gegeben und deutet an, daß dies nur der Beginn der Untersuchungen sei. Die hier behandelten Themen sind: 1. Die Einwirkung der Emanation auf die Löslichkeit harnsaurer Salze; 2. Die Einwirkung der Emanation auf den Stoffwechsel im allgemeinen und 3. Die Einwirkung der Emanation auf (Aktivieren der) Fermente.

Gudzent hat gezeigt, daß das harnsaure Natron, Mononatriumurat, in zwei isomeren Modifikationen vorkommt, von denen die eine (die Laktamform) bedeutend leichter löslich als die zweite (die Laktimform) ist. In gesättigten Lösungen wird deshalb Ausfällung erfolgen<sup>1)</sup>. Harnsäure kann nur als Mononatriumurat im Blut existieren (Gudzent)<sup>2)</sup>. Das Urat ist bedeutend schwerer löslich in Blutserum als in Wasser (nämlich im Verhältnis 1—40000 Serum gegen 1—665 Wasser), ja noch schwerer löslich als Harnsäure in Wasser (Bechold und Ziegler)<sup>3)</sup>. Es bedarf deshalb keines sonderlich großen Gehalts von Uraten im Blut, um den Sättigungspunkt zu erreichen, und die Menge, die sich bei Gichtikern finden läßt, liegt faktisch auch in der Nähe desselben. Da nun die erwähnte Umbildung von einer leichteren zu einer schwerer löslichen Modifikation auch in Serum geschieht, ist die Bedingung für Fällungen in dem menschlichen Organismus vorhanden. Wenn die Fällungen vorzugsweise im Knorpel und in der Peripherie vor sich gehen, so ist dies wahrscheinlich der langsameren Strömung, der niedrigeren Temperatur oder dergleichen zuzuschreiben.

Gudzent hat nun als erster gefunden, daß die Löslichkeit der Harnsäure und speziell des Mononatriumurates sich von Radiumemanation beeinflussen läßt, nicht nur so, daß der Übergang von Laktamform zu Laktimform gehemmt wird, sondern auch so, daß die Laktimform (die schwer lösliche Modifikation) auf leichter lösliche Modifikationen zurückgeht und eine Zersetzung bis  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_3$  erfolgt<sup>4)</sup>. Hierdurch ist, wie His schreibt, „die Möglichkeit eröffnet, daß eventuelle

<sup>1)</sup> Gudzent: Physikalisch-chemische Untersuchungen über das Verhalten von harnsauren Salzen in Lösungen. Zeitschr. f. physiol. Chemie, 1909, Band 60, Heft 1.

<sup>2)</sup> Gudzent: Das physikalisch-chemische Verhalten der Harnsäure und ihrer Salze im Blut. Zeitschr. f. physiol. Chemie, 1909, Band 63.

<sup>3)</sup> Bechold und Ziegler: Vorstudien über Gicht I. Biochemische Zeitschrift, 1909, Band 20.

<sup>4)</sup> Gudzent: Der Einfluß von Radium auf die harnsauren Salze. Deutsche med. Wochenschr., 27. 5. 1909. — Über den Einfluß physikalischer und chemischer Agentien auf die Löslichkeit der Harnsäure. 27. Kongreß für innere Medizin. Wiesbaden. April 1910.

Harnsäuredepots im Körper leichter löslich und dadurch resorbierbarer gemacht werden können<sup>1</sup>. Durch Versuche mit Uratlösungen in Ochsen Serum haben Bechold und Ziegler den ersten Teil des Gudzent'schen Befundes bekräftigt, indem Lösungen, die mit Radiumemanation aktiviert waren, sich mehrere Tage klar hielten, während in denselben Lösungen, aber ohne Emanation, schon am ersten Tage Fällung entstand<sup>1</sup>).

Aber Gudzent ist weiter gelangt, er hat auf sinnreiche Weise gezeigt, daß diese auflösende Fähigkeit der Emanation an ein bestimmtes Zerfallsprodukt der Emanation, nämlich Radium D, gebunden ist. Radiumemanation ist ja bekanntlich instabil, sie zerfällt unter Bildung von Helium und einer Reihe fester, schwächerer radioaktiver Stoffe: Radium A, B, C, D, E und F, die sich wie als Niederschlag an die Wände des Raumes setzen, in dem sich die Emanation vorfindet. Von dieser ganzen Reihe ist Radium D das am meisten stabile, indem es sich jahrelang hält (während die anderen nur Minuten oder Tage bestehen). Mit anderen Worten, genießt man oder atmet man Radiumemanation ein, lagert sich im Organismus (in den Zellen?) Radium D ab, das sich lange nach Einstellung der Kur halten und — harnsäurelösend wirken kann.

Dies sieht ja theoretisch ganz außerordentlich gut aus, und, was mehr ist, Versuche von Gudzent am Menschen (und Tier) scheinen diese durch Versuche in vitro gewonnenen Resultate zu bekräftigen. Bei zwei Gichtikern, deren Blut 10—12 mg Mononatriumurat per 100 ccm enthielt, verschwanden die Urate aus dem Blute nach vierwöchiger Behandlung in dem von Löwenthal angegebenen Emanatorium (siehe unten). Bei zwei anderen sah man Tophie auf den Ohren kleiner werden, ebenfalls ließen sich künstlich an Kaninchen hervorgerufene Tophie durch Einwirkung von Radiumemanation zu vollständiger Lösung bringen (Fofanoff).

Bezüglich der Ausscheidung von Harnsäure in den Harn wurde ein Steiger bei einem Teil der Gichtiker nachgewiesen, die in vorgenanntem Emanatorium behandelt wurden.

Durch einige interessante Selbstversuche hat übrigens Wilke<sup>2</sup>) schon früher gefunden, daß bei Radiogentrinkkuren und Radiogenbädern reichlichere Ausscheidung von Harnsäure (im Urin) als bei gewöhnlichen Bädern, Glühlichtbädern, Bogenlichtbädern, Spaziergängen oder dergleichen eintrat, und Krieg<sup>3</sup>) fand, daß die emanationsreiche Büttquelle in bedeutend höherem Grade die Diurese und die Harnsäureausscheidung erhöhte als das Wasser der anderen weniger emanationsreichen Quellen in Baden-Baden.

Diese hier berichteten Untersuchungen werden im Falle ihrer Bekräftigung zweifellos von weitreichender Bedeutung werden.

Über den Stoffwechsel (den respiratorischen) hat schon früher Silbergleit Versuche gemacht, erst an einer Person, die Emanosalbäder erhielt, mit

<sup>1</sup>) Becholdt und Ziegler: Radiumemanation und Gicht. Berl. klin. Wochenschr., 1910, Nr. 16.

<sup>2</sup>) Wilke: Über den Einfluß einiger physikalischer Heilmethoden auf die Harnsäureausscheidung. Zeitschr. f. physik. und diätet. Ther., 1909, Band 13.

<sup>3</sup>) Krieg: Über die physiologische Wirkung radiumhaltiger Kochsalzquellen. Med. Klinik, 1910, Nr. 29.

negativem Resultat<sup>1)</sup>, später bei dreien, welche Radiogentrinkkuren bekamen; bei zweien ließ sich ein geringes Steigen der Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffaufnahme nachweisen, und der Respirationsquotient stieg von 0,76 auf 0,85<sup>2)</sup>. Nun hat Kikojo bei His ein sehr deutliches Steigen im Umsatz bei gesunden Versuchspersonen nachgewiesen, welche sich in Löwenthals Emanatorium aufhielten.

Bedeutend weniger dankbar scheint das Studium der Einwirkung der Emanation auf Fermente gewesen zu sein. In einer früheren Arbeit<sup>3)</sup> wies ich nach, wie schwach die Versuche eigentlich waren, die bis dahin von Bergell und Braunstein und Bergell und Bickel veröffentlicht waren und darauf ausgingen, nachzuweisen, daß Fermente aktiviert werden konnten unter Einwirkung von Radiumemanation. Eigene Versuche hierüber fielen vollständig negativ aus. Später hat Löwenthal etwas derartiges nachzuweisen gesucht, indem er meinte, daß die Emanationstherapie sich am besten als eine Fermentbeeinflussung<sup>4)</sup> erklären ließe; aber seine Versuche mit Autolyse<sup>5)</sup> und Diastase<sup>6)</sup> sind so wenig überzeugend, da die Ausschläge allzu klein sind, ja viele Versuche ganz negativ, so daß es sicher das richtigste ist, vorläufig nicht zu sehr auf sie zu bauen.

Von anderen rein experimentellen Arbeiten will ich nur noch die Untersuchungen über die Bakterizidität der Radiumemanation besprechen, die ich selbst vor kurzem veröffentlicht habe<sup>7)</sup>. Aus diesen geht hervor, daß man erst bakterizide Wirkungen bei Dosen bekommt, die bedeutend über den bisher in der Therapie angewendeten liegen. Luft, die per Kubikzentimeter eine Aktivität von 10000 Einheiten (127,5 Machceinheiten) auswies, rief eine gerade nachweisliche Wachstumshemmung hervor; erst bei 27000 Einheiten (345 Machceinheiten) per Kubikzentimeter wurden oberflächlich belegene Bakterien (*Bac. prodigiosus*) getötet. Die Einwirkung muß von einer gewissen Dauer sein, wenigstens 48 Stunden, um absolute Tötung herbeizuführen. Zum Vergleich kann dienen, daß die Luft in den Inhalatorien in Teplitz 5,1 Machceinheiten per Liter Luft zeigte, also bzw. ca. 25000 und 69000 Male schwächer.

Was die Aufnahme und Ausscheidung von Radiumemanation an-

<sup>1)</sup> Silbergleit: Über den Einfluß radiumemanationshaltiger Bäder auf den Gaswechsel. Berl. klin. Wochenschr., 1908, Nr. 13.

<sup>2)</sup> Silbergleit: Über den Einfluß von Radiumemanation auf den Gesamtstoffwechsel des Menschen. Berl. klin. Wochenschr., 1909, Nr. 26.

<sup>3)</sup> Nord. Tidsskr. f. Terapi, Dezember 1908.

<sup>4)</sup> Löwenthal: Die Wirkung der Radiumemanation auf den Menschen. Berl. klin. Wochenschr., Nr. 7, und Mitteilung auf dem 3. internationalen Kongreß für Physiotherapie, Paris 1910.

<sup>5)</sup> Löwenthal und Edelstein: Über die Beeinflussung der Autolyse durch Radiumemanation. Biochem. Zeitschr., 1908, Band 19.

<sup>6)</sup> Löwenthal und Wohlgemuth: Über den Einfluß der Radiumemanation auf die Wirkung des diastatischen Fermentes. Biochem. Zeitschr., 1909, Band 21.

<sup>7)</sup> Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten, 1910, Band 67.



belangt, so haben sich die früheren Anschauungen befestigt. Emanation wird am besten durch Inhalation dem Organismus zugeführt, also durch die Lungen, oder in wässriger Lösung per os. Werden Bäder gegeben, geschieht die Aufnahme, wie erwähnt, hauptsächlich durch Einatmen der dem Bade entsteigenden Emanation. Doch hat Engelmann<sup>1)</sup> vor kurzem, wie es scheint durch korrekte Versuche, nachgewiesen, daß auch etwas Emanation durch die Haut beim Gebrauch stark radioaktiver Bäder (von 12—15000 Machereinheiten) aufgenommen wird. Durch Kataphorese (Durchleitung eines elektrischen Stromes durch das Bad und die Person) soll immer Radiumemanation durch die Haut eingeführt werden können (Kohlrausch und Mayer<sup>2)</sup>, Neumann<sup>3)</sup>, Schnee<sup>4)</sup>). Dieses Verfahren hat aber bisher keine Verbreitung gewonnen.

Die Ausscheidung geschieht vor allem durch die Lungen, gleichviel wie die Emanation zugeführt ist, und die bei weitem größte Menge wird in den ersten Stunden ausgeatmet. Eine geringe Menge scheint auch mit dem Urin ausgeschieden werden zu können; aber hierüber sind die Autoren noch uneinig. Ist die Emanation per os gegeben, können Fäzes sich selbstverständlich radioaktiv erweisen.

Aus allen diesen experimentellen Arbeiten hat die Klinik erstens gelernt, daß die Radiumemanation wirklich eine Reihe wohl ausgesprochene biologische Wirkungen hat, aber zweitens, daß die Einwirkung von einer gewissen Stärke und Dauer sein muß. Soll die harnsäurelösende Eigenschaft der Emanation sich zu entfalten Gelegenheit haben, muß das Blut des Patienten sozusagen mit Emanation gesättigt werden. Der rechte Weg ist daher sicher die Errichtung von Emanatorien, in denen sich die Patienten mehrere Stunden pro Tag in einer Atmosphäre mit Radiumemanation aufhalten können. Am besten sind wohl die natürlichen (wie in Teplitz), da sie nicht hermetisch verschlossen zu sein brauchen. Die künstlichen, wie von Löwenthal angegeben<sup>5)</sup>, bestehen aus kleinen geschlossenen Räumen, in welche eine bestimmte Menge Radiumemanation eingeführt ist. Damit diese nicht

<sup>1)</sup> W. Engelmann-Kreuznach: Aufnahme von Radiumemanation durch die Haut. Berl. klin. Wochenschr., 1909, Nr. 22.

<sup>2)</sup> Kohlrausch und Mayer: Radiumkataphorese. Zeitschr. f. exp. Path. u. Therapie, 1909, Band 6.

<sup>3)</sup> Neumann: Versuche der perkutanen Einverleibung durch den elektrischen Strom (Radiumiontophorese). M. f. d. phys. Heilmethoden, Juni 1909.

<sup>4)</sup> Schnee: Vorläufige Mitteilungen über Kataphorese von Radiumemanation mittels des elektrischen Vierzellenbades. Zeitschr. f. phys. u. diät. Therapie, Band 13, Heft 7.

<sup>5)</sup> Löwenthal: Demonstrationen zur Emanationstherapie. Med. Klinik, 1910, Nr. 16.

verloren gehen soll, wird der Raum nicht auf gewöhnliche Weise ventiliert, sondern es wird auf automatischem Wege reiner Sauerstoff zugeführt im selben Verhältnis, wie die ausgeschiedene Kohlensäure des Patienten durch Absorption entfernt wird. Diese Emanatorien, in denen je nach Größe mehrere Personen auf einmal behandelt werden können, haben vielleicht für Hospitäler, Kliniken oder größere Institutionen eine Zukunft. Ihre Aktivität ist auf 2—4 Macheinheiten per Liter Luft gesetzt.

Aber auch die Einverleibung per os sollte in bedeutend stärkerer Dosis erfolgen, als dieses bisher geschehen ist. Anstatt — wie ich es bei meinem vorher beschriebenen Patientenmaterial getan habe — 1 Dosis per Tag zu geben, sollte man mehrere geben und anstatt Radiumemanationswasser, Radiumwasser. Diese letzte Änderung repräsentiert zweifellos einen sehr bedeutenden Fortschritt. Radiumwasser ist eine verdünnte Lösung von Radiumsalzen. Das im Wasser vorhandene Radium entwickelt ununterbrochen Radiumemanation, so daß die Emanation, welche verschwindet, beständig reproduziert wird. Flaschen mit Radiumwasser können deshalb jahrelang dieselbe Aktivität bewahren. Es erleichtert bedeutend die Distribution des Mittels, aber was mehr ist: die Wirkung im Organismus muß bleibender sein. Es werden ja Spuren von Radium eingeführt, und in der Zeit ihres Verbleibens im Organismus werden sie als kleine Emanatoren wirken, die beständig Emanation abgeben. Es ist daher berechtigt, größere Resultate von Radiumwasser als von dem bisher benutzten Emanationswasser zu erwarten. Die Radiogengesellschaft in Charlottenburg (Berlin) hat derartiges Radiumwasser unter dem Namen „Haltbares Radiogenwasser“ in den Handel gebracht.

In Frankreich hat man übrigens gleich von Anfang an diesen Weg eingeschlagen. Man hat hier nicht nur Radiumwasser (eau radifère) hergestellt, sondern auch andere Medikamente mit Zusatz von Spuren von Radium (z. B. Radioquinine, Radiodigestine und dergleichen). Es ist eine ganze Radiopharmazie ausgearbeitet, besonders durch Apotheker Jaboins energische Wirksamkeit, und es gibt schon eine ganze französische Literatur über diese Mittel, aber es würde mich zu weit führen, hierauf näher einzugehen. Ich will nur auf einen Punkt aufmerksam machen und zwar: die Radioaktivität wird in Frankreich auf andere Weise angegeben, nämlich in Milligramm-Minuten; das ist eine bedeutend größere

Einheit: Eine Milligramm-Minute entspricht ungefähr 7000 (deutschen) Einheiten. Dies ist ein großer Vorteil, da man sich hierdurch von den schwindelig hohen Volteinheiten befreit, die ja nur dadurch zustande kommen, daß die Einheit zu niedrig gewählt ist, und nur dem Publikum irreleitende und suggerierende Vorstellungen geben. Auf dem in diesen Tagen in Brüssel abgehaltenen Kongreß für Radiologie war einer der Hauptpunkte: Einigkeit über eine gleichartige internationale Meßmethode und Maßeinheit zu erzielen.

Es läßt sich nicht leugnen, daß die Resultate, über die ich im Anfang berichtet habe, mit den Resultaten die meisten anderen Autoren schlecht vergleichbar sind. Aber kann dies eigentlich wundernehmen? Man tastet ja nicht nur in der Therapie — vielleicht ist eine einzelne Dosis von 15 000 Einheiten ebenso sinnlos klein, wie ein „Opiumtropfen“ es für einen Erwachsenen sein würde — sondern man tastet auch in der Diagnose, in der Abgrenzung der verschiedenen Formen von Gicht, und man tastet in der Indikation, in der Entscheidung dessen, welche Formen sich am besten zu der hier besprochenen Therapie eignen. Erst wenn man in diesen drei Punkten zur Klarheit gekommen sein wird, wird sich ein sicheres Urteil über die Behandlung gichtischer Leiden mit Radiumemanation abgeben lassen. Indessen sind die in den Laboratorien geernteten Resultate, besonders Gudzenz's Nachweis der harnsäurelösenden Eigenschaften der Emanation so bedeutungsvoll, daß sie durchaus die Kliniker zu fortgesetzten Versuchen mit dieser Therapie auffordern.

---

## Referate.

**Hertwig, O.,** Die Radiumkrankheit tierischer Keimzellen. (Bonn 1911. 164 Seiten mit 6 Tafeln u. 23 Textfiguren.)

Unter diesem anspruchslosen Titel, den der berühmte Berliner Biologe seinem neuesten Werke gegeben hat, verbirgt sich ein reicher, den Leser von der ersten bis zur letzten Seite fesselnder Inhalt. Gerade in unserer Zeit, in der der literarische Markt von Mitteilungen oft zusammenhangloser Einzelbeobachtungen und schlecht fundierter Theorien überflutet wird — es trifft dies ja leider auch für die Radiumliteratur zu —, gewährt die Lektüre eines solchen Buches eine große Befriedigung. Auf der Basis exakter und voraussetzungsloser Beobachtung eines großen Tatsachenmaterials, dessen Beschreibung in immer gleich interessierender Form erfolgt, baut Hertwig ein Ganzes auf, das bedeutungsvolle Ausblicke auf die Probleme der Zeugungs- und Vererbungslehre bietet. In einem Referat können leider nur die hauptsächlichsten Ergebnisse der Forschung kurz gestreift werden. Die Untersuchungen betreffen die Bestrahlung befruchteter Froscheier im Beginn des Furchungsprozesses und nach Ablauf desselben, weiterhin die Bestrahlung männlicher Geschlechtszellen vor ihrer Verwendung zur Befruchtung und reifer Eier vor ihrer Befruchtung mit normalen Samenfäden. In sämtlichen Versuchsreihen wurde mit Radiumpräparaten von verschiedener Aktivität gearbeitet und die Bestrahlungsdauer variiert. Es traten dabei, je nach Dauer und Intensität der Bestrahlung, verschiedene Veränderungen auf, die sich aber immer erst während der Entwicklung des Eies zeigten und entweder in einer Hemmung des Entwicklungsprozesses oder örtlichen Schädigungen bestanden. Der interessanteste Befund ist wohl, daß durch Bestrahlung der Samenfäden vor der Befruchtung typische Erkrankungen bei den entwickelten Froschlaryn festgestellt werden konnten; d. h. daß eine vom Samenfaden erworbene Eigenschaft auf das Ei übertragen wird. Die am meisten ausgesprochene Schädigung entwickelt sich hierbei aber nur bei einer relativ kurz dauernden Bestrahlung von einigen Minuten bis zu einer Stunde Dauer: bestrahlt man die Samenfäden länger — 6 bis 12 Stunden —, so tritt wohl eine Hemmung der Entwicklung auf, doch ist diese relativ gering. Zur Erklärung dieser Tatsache nimmt Hertwig an, daß die Chromatinsubstanz des Kerns des Samenfadens so stark geschädigt ist, daß sie bei der Bildung neuer Kerne und somit bei dem Gesamtaufbau des Organismus nur in sehr geringem Maß oder gar nicht beteiligt ist. Die Befruchtung trägt also in diesen Fällen einen mehr oder weniger ausgesprochenen parthenogenetischen Charakter.

Hervorzuheben ist, daß die Radiumbestrahlung, und zwar gilt dies für jede Versuchsanordnung, lange Zeit nachdem sie aufgehört hat, wirksam bleibt, ja sogar später in viel auffallenderer Weise zum Ausdruck kommt, als im Anfang. Hertwig faßt diese Erscheinung so auf, daß durch die Bestrahlung Veränderungen der Konstitution zustande kommen, die entweder dauernd erhalten bleiben oder teilweise zurückgehen. Bei geringeren Graden der Radiumschädigung treten die Hemmungserscheinungen auf entsprechend späteren Stadien der Entwicklung ein, und die

Wirkung bleibt mehr oder weniger auf einzelne Organe lokalisiert. Die dabei mikroskopisch zu beobachtenden Erscheinungen bestehen in der Asstoßung einzelner radiumkranker Zellen aus dem normalen Verbände und pyknotischen Veränderungen der Kerne. Besonders häufig treten Zerfallserscheinungen und andere Veränderungen am Nerven-system auf und zwar ebenso bei starker Schädigung im Stadium der Nervenrinnenbildung, so daß Anencephalie eintritt, wie auch bei kurz-dauernder Bestrahlung an dem schon voll ausgebildeten Zentralnervensystem. Von anderen Organen wird hauptsächlich das Herz geschädigt, das auch bei besser entwickelten Radiumlarven eine schwache Aktion zeigt. Eins der konstantesten Symptome der Radiumkrankheit ist die Wassersucht, die sehr hohe Grade erreichen und den Bauch zu einer kugeligen Blase auftreiben kann; auffällig sind häufig beobachtet Wucherungen der Epidermis. Die Radiumschädigung kommt auch bei minimaler Dosierung bei den älter gewordenen Larven in einer Hemmung des Wachstums (Zwerglarven) und ihrem Allgemeinverhalten zum Ausdruck. Die Larven liegen bewegungslos am Boden des Gefäßes und scheinen, trotz gut ausgebildeter Muskelfasern, die Fähigkeit koordinierter und stärkerer Bewegungen verloren zu haben. Salle (Berlin).

---

**Hertwig, O.,** Das Radium als Hilfsmittel für entwicklungsphysiologische Experimente. (Deutsche med. Wochenschr., 1911, Bd. 37, S. 2209.)  
Vgl. das Referat in dieser Zeitschrift, 1911, Bd. 1. V. Salle.

---

**Flemming,** Anwendung des Radiums in der Ophthalmologie. Vortrag in der Ophthalmologischen Gesellschaft in Berlin am 18. Mai 1911. (Berl. klin. Wochenschr., 1911, Nr. 28, S. 1304.)

Durch Bestrahlung mit Radium wurden bedeutende Besserungen resp. Heilungen erzielt bei Hämangiomen und Epitheliomen der Lider, epibulbärem Sarkom am Limbus corneae und Hornhautgeschwüren. Von besonderem Vorteil erwies sich bei der Behandlung des Ulcus corneae die Zartheit der Narbenbildung, die in dem betreffenden Falle, trotz zentraler Trübung eine Sehschärfe von  $\frac{5}{25}$  ermöglichte. Die Hornhaut reagiert viel weniger intensiv auf die Bestrahlung als die Haut. So traten weder am Kaninchenaug, das mit 4.5 mg Radium bestrahlt wurde, noch bei Bestrahlung eines an Sarkom erkrankten menschlichen Auges Veränderungen der Hornhaut zutage. Der Grund für diese ausbleibende Reaktion ist in dem Fehlen der Gefäße zu suchen. V. Salle.

**Levy, F.,** Untersuchungen über den Einfluß ultravioletter Strahlen auf Sperma und Eier von Amphibien. (Zeitschr. f. allg. Physiologie, 1911, Bd. 13, S. 139.)

Die Bestrahlung von Froscheiern und Samenfäden mit der Quarzlampe ergibt, daß das ultraviolette Licht, im Gegensatz zum Radium und den Röntgenstrahlen, kein spezifisches Chromatingift darstellt; die Strahlen wirken allgemein plasmolytisch, was vielleicht auf Aktivierung der autolytischen Fermente zurückzuführen ist. Die Gallerte bildet kein Hindernis für die ultravioletten Strahlen und wird unter ihrem Einfluß verflüssigt. Die Wirkung der Strahlen auf die Samen-

fäden ist eine außerordentlich intensive: schon nach 5 Sekunden sind die Bewegungen gehemmt, nach  $7\frac{1}{2}$  Sekunden tritt Tod ein. Die Bestrahlung der Eier führt schon bei einem geringen Energiewert zu ihrer Befruchtungsunfähigkeit oder bedingt ein Platzen der befruchteten Eier. Salle (Berlin).

**Dohi, K.,** Über die physikalische Therapie der Hautkrankheiten, speziell über die Radiumtherapie. (Nissin-Igaku Nr. 3. Tokio, 20. Nov. 1911.)

Bezüglich des Radiums wird das Kapitel unter 1. Geschichte der Entdeckung des Radiums, 2. Über die Becquerelstrahlen, 3. Emanation und übrige Umwandlungselemente des Radiums, 4. Verschiedene Radiumpräparate und 5. Indikation der Radiumbestrahlungen eingehend und übersichtlich besprochen und mit der Bemerkung geschlossen, daß das Radium neben Röntgen-, Finsen-, Quarzlampebestrahlungen eine immer wichtigere Rolle in der Dermato-Chirurgie spielen wird. Eagle.

**Saubermann, S.,** Radium Emanation and physiological processes. (Auszug.) Vortrag auf der Brit. med. Association, Birmingham. (Brit. med. Journal, Nr. 2650, 14. Oktober.)

Der erste Teil des Vortrags befaßt sich mit allgemein gehaltenen und unkritischen Betrachtungen über die Bedeutung der Fermente im Organismus und über die Beeinflussung derselben durch Radiumemanation. Nachdem alle früheren Tierversuche als absolut wertlos, die früheren klinischen und therapeutischen Resultate als so übertrieben hingestellt wurden, daß Lourdes und Kevelaar neidisch auf die wunderbaren Resultate blicken könnten, kommt folgender Passus. Er (S.) betrachtet es als besonderen Glückszufall für die Radiumemanationstherapie, daß es ihm möglich war, den bekannten Professor Paul Lazarus, Leydens Nachfolger in der Privatklinik und Direktor des Marienkrankenhauses in Berlin, zu interessieren, der die wissenschaftliche Seite der Frage aufnahm. Es folgen dann ausführlich die Mitteilungen der Untersuchungen von Lazarus.

Man kann bedauern, daß unsere ausländischen Kollegen nicht von ärztlicher, kritischerer und objektiverer Seite über den wichtigen Gegenstand orientiert wurden. Fleischmann.

**Armstrong, W.,** Radium Water Therapy. (Auszug.) Vortrag auf der Brit. med. Association, Birmingham. (Brit. med. Journal, Nr. 2650, 14. Oktober.)

A. wiederholt die auf dem Kongreß für innere Medizin in Wiesbaden vorgebrachten Resultate. Kurz und ohne Beweismaterial werden die beobachteten physiologischen Effekte und die Krankheitsgruppen, bei denen sich Radium bewährt hat — es fehlen nur wenige — angegeben. Besonders wird hingewiesen auf die Verbesserung der allgemeinen Nervenkraft, insbesondere des sympathischen Nervensystems; damit dürften wohl die Resultate bei der Neurasthenie, die als „sehr sicher und befriedigend, mit rapider Besserung“ charakterisiert werden, in Zusammenhang stehen. Fleischmann.

**Horsley, V., und Finzi, S.,** The action of filtered radium rays when applied directly to the brain. Vortrag auf d. Brit. med. Association. Birmingham. (Brit. med. Journal. Nr. 2650, 14. Oktober.)

Mit starkem Radiumpräparat (entsprechend 27,7 mg reinem Radium) wurden bei mehreren Affen für einige Stunden verschiedene Stellen des Gehirns bestrahlt. Durch dünne Platinfilter waren dabei die  $\alpha$ - und von den  $\beta$ -Strahlen die wenig penetrierenden zurückgehalten. Verschiedene Zeit nach der Bestrahlung, bis zu sechs Wochen, wurden die Tiere getötet. Eine Einwirkung auf das Nervengewebe konnte in den anatomischen Präparaten nicht beobachtet werden, ebensowenig als funktionelle Störungen sich zeigten. Dagegen zeigten sich Hämorrhagien und Thrombosen an einigen der im Bestrahlungsbezirk gelegenen kleinen Blutgefäßen. **Fleischmann.**

**Wickham,** Tumeurs vasculaires cutanées et sous-muqueuses guéries par le radium. (Acad. de méd., 27. Juli 1911; ref. San. méd., Nr. 26.)

W. und Dégrais haben bei einer Anzahl von Haut- und Schleimhautangiomen durch Radiumbestrahlung völlige Heilung erzielen können. Es handelte sich um Tumoren an Wangen, Lippen, Zunge, der seitlichen Halsgegend und den Augenlidern. Besonders eklatant war der Erfolg bei einem Fall von multiplen Angiomen des Gesichts bei einem mehrere Monate alten Kinde, bei dem nach dreijähriger Behandlung völlige Heilung erzielt wurde. **Maase.**

**Rubens-Duval,** L'action du rayonnement ultra-pénétrant du radium sur les cancers inopérables du col de l'utérus (Soc. méd. des hôp., 28. Juli; ref. Sem. méd., 1911. Nr. 31.)

Ergebnisse der gemeinsam mit Chéron ausgeführten histologischen Untersuchungen von neun inoperablen Zervixkarzinomen, die mit Radium behandelt worden waren. In keinem Fall war die Behandlung bis zu Ende durchgeführt worden; zweimal wurde sie durch interkurrente, tödliche Komplikationen unterbrochen, siebenmal freiwillig, da die Karzinome operabel geworden waren und exstirpiert werden konnten. Vier von den durch die Operation gewonnenen Präparaten zeigen noch ziemlich ausgedehnte krebsige Zonen. Zwei weitere Fälle wiesen weder in der Vagina, noch im Uterus, noch in den ligg. lot. Karzinomgewebe auf. Das siebente durch Operation erhaltene Präparat und zwei von Autopsien stammende zeigen noch Krebsknoten im Corp. uteri in der Umgebung des Isthmus. Nach Ansicht der Untersucher beweisen diese Ergebnisse, daß 1. inoperable Krebse durch vorhergehende Radiumbehandlung wieder operabel werden können (?), 2. in einer Anzahl von Fällen sich vollständige Zerstörung der Krebszellen erreichen läßt! **Maase.**

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1912

Heft 8

## Prof. Beckers Emanationsmeßapparat für direkte Ablesung.

Von **Erich Schneckenberg.**

Man gießt in eine besondere 4 Liter große Kanne, die oben durch Ventil und Schlauch in Verbindung ist mit der den Luftaustritt mehr oder weniger, je nach Drehung ihres Deckels, hemmenden Emanometer-Luftbüchse, 214 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit, schließt die Eingußöffnung, schüttelt  $\frac{1}{2}$  Minute, um aus der Flüssigkeit möglichst alle Emanation an die in der Kanne eingeschlossene Luft abzugeben, stellt die an ihrem Umfange zwischen Doppelwandung mit 2 Litern Luft gepolsterte und infolge dieser und der übrigen (4 — 0,214) Liter Luft schwimmfähige Kanne auf Wasser und öffnet von oben her mittels Drehschieber im Kannenboden vier 2 mm große Löcher, so daß, wenn das Ventil und der Luftbüchsendeckel offen sind, von unten her Wasser in die Kanne ein- und oben emanationshaltige Luft aus der Kanne in die Luftbüchse hinüberströmt, während die Kanne ganz allmählich tiefer taucht.

Als Luftbüchse oder „Zerstreuungskondensator“ dient ein auf das metallene Elektrometergehäuse unmittelbar aufgestecktes 65 mm weites Metallrohr, in dem ein 140 mm hoher Innenraum elektrisch abgegrenzt ist durch je eine Scheibe Drahtgaze unten und oben; durch die untere tritt die emanationshaltige Luft aus dem Schlauch herein und durch die obere und den darüber befindlichen geöffneten Drehdeckel wieder aus. Axial in der Büchse steht bernsteinisoliert ein 10 mm dicker Metallstab, der zu Beginn jeder Messung auf etwa 120 Volt Spannung gegen Büchsenwand aufgeladen wird. Letzteres geschieht aus dem städtischen Gleichstromnetz oder einer 200 Volt-Batterie kleiner Akkumulatoren auf Grund der durch mein unten beigefügtes Schema gekennzeichneten Schaltung:

Der eine Pol der Stromquelle, wenn zulässig der positive, wird geerdet und mit ihm die Schüttelkanne und das Elektrometergehäuse nebst Luftbüchse. Vom anderen Pol her führt die Leitung durch einen Ausschalter, eine Glühlampe und einen so großen Widerstand zur Erde, daß der durchfließende Strom die Lampe nur matt rotglühend macht. An dem Widerstand ist dabei ein Gleit-



kontakt zu verschieben und dadurch, bei geschlossenem Druckknopf A, die Spannung des Metallstabs in der Luftbüchse gegenüber der geerdeten Büchsenwand so lange zu verändern, bis der durch ein starkes Mikroskop zu beobachtende eine der beiden gemeinsam beschwerten mit dem Metallstab leitend verbundenen verplatteten Quarzfäden des Elektrometers auf dem Nullstrich einer hundertgeteilten Skala steht.

Öffnet man dann den Druckknopf A, so bleibt auf dem Metallstab und den Elektrometerfäden eine ihrer gesamten Oberfläche entsprechende kleine Menge Elektrizität von eben jener selben Spannung gegenüber Büchsenwand zurück.

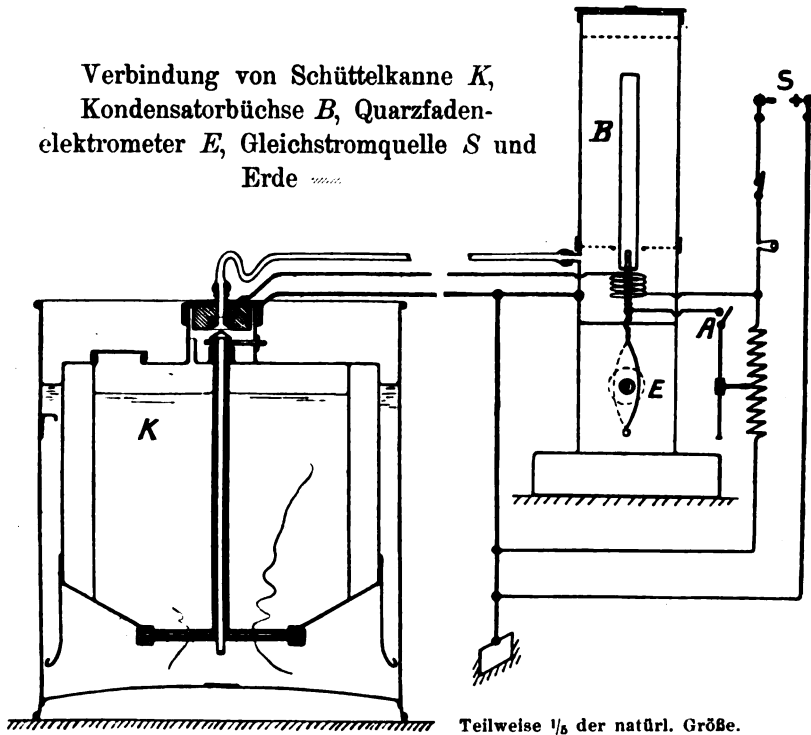
Läßt man nunmehr durch Öffnen der Löcher im Boden der Kanne emanationshaltige Luft langsam durch die Luftbüchse strömen, so wird diese infolge ihrer durch die Wirkung der Emanation mehr oder weniger großen Leitfähigkeit, die elektrische Ladung des Metallstabes mehr oder weniger schnell auf die Büchsenwand überleiten, also zerstreuen.

Gemäß der somit sinkenden Spannung verringert sich dann auch die Spreizung der Quarzfäden allmählich, und zwecks Messung der Emanationswirkung ist dabei der von dem einen Quarzfaden innerhalb eines bestimmten Zeitraumes auf der Skala durchwanderte Weg abzulesen. Die jedesmalige Beobachtung der Zeit hierbei mittels Uhr ist indes beim Beckerschen Emanometer erspart durch eine einfache elektrische Vorrichtung, die ganz von selbst nach einer bestimmten stets gleichen Zeit: 5 Minuten und 36 bis 42 Sekunden nach Öffnen der Bodenlöcher, die leitende Verbindung zwischen Metallstab und Elektrometer unterbricht, so daß die Quarzfäden stehen bleiben und mit Muße nachher abgelesen werden können.

In dem Augenblick nämlich, wo sämtliche Luft aus der Schüttelkanne vom Wasser verdrängt ist, setzt sich ein unten aus der Kanne herausstehender Stiel des Ventilschließkegels gegen eine im Wasserbehälter in genau abgepaßter Tiefe befestigte Anschlagplatte; und da gleichzeitig dann Luft nur mehr in dem 5 mm engen Rohr des Kannenhalses zu verdrängen ist, so sinkt von da ab die Kanne im Wasser plötzlich schnell unter, bis der an ihr befestigte Ventilsitz auf den bereits stillstehenden Ventilkegel stößt. Dann ist das Ventil geschlossen und der Luftschlauch vor Wassereintritt bewahrt.

Gleichzeitig aber schließen der mitsamt der Kanne geerdete

Kegel und der an der Kanne hartgummi-isolierte Ventilsitz bei ihrer Berührung einen elektrischen Stromkreis, der vom positiven Pol über die Erdung, den Kegel und Ventilsitz, durch die Spule eines die Verbindung zwischen Metallstab und Elektrometer unterbrechenden Elektromagneten zur Glühlampe, dem Schalter und dem negativen Pol geht; ungefähr 0,3 Ampere stark ist und die Glühlampe hell leuchten macht zum Zeichen, daß soeben das Elektrometer stillgesetzt und nunmehr abzulesen ist.



Der elektrische Spannungsunterschied zwischen Kegel und Ventilsitz ist übrigens auch bei geöffnetem Ventil nützlich, insofern er den Raum zwischen ihnen mit elektrostatischen Kräften durchdringt, und hiermit alle in der Schüttelkanne infolge von in ihr möglicherweise reichlich angesetzter Emanation, sogenannter induzierter Radioaktivität, oder infolge radioaktiver Stoffe des Wassers gebildeten Elektrizitätsträger vom Ventil zurückstößt, so daß also die in der Luftbüchse mittels des Elektrometers be-

obachtete Leitfähigkeit der Luft ausschließlich nur erst dortselbst infolge Wirkung ihres Emanationsgehaltes hervorgerufen sein muß.

Andererseits ist der Einfluß von in der Luftbüchse selbst, nach vorheriger Untersuchung einer sehr starken Aktivität, zurückgebliebener induzierter Aktivität zu beseitigen durch Auswechseln des Metallstabes, auf dem sich ja, weil er negativ geladen wurde, im wesentlichen alle induzierte Aktivität abgesetzt hat; oder man wartet eine halbe Stunde, dann ist die Induktion ziemlich verduftet. Hingegen der Einfluß von in der Luftbüchse während der Messung in steigendem Maße induzierter Aktivität wird, wie Versuche ergaben<sup>1)</sup>, zufälligerweise gerade genau ausgeglichen durch das Sinken der Zerstreuungsstromstärke infolge Sinkens der elektrischen Ladungsspannung des Metallstabes unter die für Zerstreuungs-, „Sättigungs“-Stromstärke allerwenigstens nötige Spannung von etwa 100 Volt.

Daher sind beim Beckerschen Emanometer, im Gegensatz zu anderen; die Ablesungen nicht erst jedesmal wegen induzierter Aktivität umzurechnen. Außerdem hat das hier benutzte Wulfsche Quarzfadenelektrometer<sup>2)</sup> vor den sonst üblichen Blättchenelektrometern, die verhältnismäßig wenig und je nach der Höhe der elektrischen Aufladung ganz verschieden empfindlich sind, den Vorzug völlig gleichmäßigen Ganges; genauer Einstellung und großer, für alle anwendbaren Spannungen beinahe völlig gleichgroßer Empfindlichkeit; den hier angewendeten Spannungen sind seine Fadenausschläge sogar durchweg genau proportional.

Dank all diesen Verhältnissen läßt sich der Emanationsgehalt der untersuchten Flüssigkeit auf der Skala des Beckerschen Emanometers unmittelbar ablesen. Gilt nämlich, wie üblich, als Emanationsgehalt  $\epsilon$  der Flüssigkeit in Macheinheiten das Tausendfache des von der gesamten Emanation eines Liters Flüssigkeit in Luft unterhaltenen Sättigungsstromes  $i$  in elektrostatischen Einheiten, so ist einfach

$$\epsilon = B \cdot S$$

worin  $S$  die von Quarzfaden durchwanderten Skalenhundertstel insgesamt und  $B$  den Beckerschen Faktor bedeutet, der ein für allemal aus der Sättigungsstromstärke berechnet ist gemäß

<sup>1)</sup> Durch Kurven genau dargestellt in Herrn Prof. August Beckers (Heidelberg) eigener Veröffentlichung in der „Zeitschrift für Instrumentenkunde“, 1910, Bd. 30, S. 293 bis 302, woraus das hier die Quintessenz ist.

<sup>2)</sup> Berichte der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, 1907, S. 518—521.

$$B = \frac{1000 \text{ i}}{S} = \frac{1000}{W} \cdot \frac{1,11 \text{ FSC}}{300 \cdot Z} \cdot \left(1 + \frac{\alpha W}{L_k}\right) \cdot \frac{L_k}{L_b} \cdot \frac{1}{1 - 0,52 \cdot \frac{F_b}{L_b}} \cdot 1000.$$

F der Elektrometer-Faktor 1,193 Volt/Skalenhundertstel,

C die elektrische Capazität des Meßapparates 12,4 cm,

W die eingegossene Wasser- oder Flüssigkeitsmenge in ccm,

Z die Zeitdauer der Luftverdrängung 5'40" = 340 Sekunden,

$\alpha$  der Absorptionskoeffizient der Flüssigkeit für Emanation, für Wasser und Radiumemanation bei 20° Meßtemperatur 0,23,

$L_k$  der Luftraum in der Schüttelkanne nach dem Eingießen (4050—W) ccm,

$L_b$  der Luftraum in der Luftbüchse 480 ccm,

$F_b$  die innere Fläche der Luftbüchse 362 qcm,

1 : 300 um die abgelesenen FS Volt auf die elektrostatische Spannungseinheit umzurechnen,

1 :  $(1 - 0,52 \cdot F_b/L_b)$  der Duanesche Faktor zwecks Berücksichtigung der unvollständigen Ausnützung der Strahlung in der Luftbüchse.

1,11 ein bei jenen Emanometerverhältnissen, wie sich ergab, für alle möglichen zu messenden Aktivitäten durchweg gültiger Vergrößerungsfaktor für den Quarzfadenweg zwecks Ausgleich des Umstandes, daß der Luftbehälter erst während der Messung mit Luft aus der Schüttelkanne gleichmäßig gefüllt, und demzufolge der richtige volle Wert der Leitfähigkeit der Luft in der Luftbüchse erst etwa 2 Minuten nach Beginn der Messung erreicht wird.

Mit den genannten Maßen wird nun bequemerweise

$B = 2$  für  $W = 1130$  und  $B = 10$  für 214 ccm Einguß,

wobei sich dann Aktivitäten bis etwa 1 Macheinheit bzw. 5 bis 800 Macheinheiten genau nachweisen lassen. Jedoch ist bei sehr starken Aktivitäten der Metallstab möglichst mit 200 bis 250 Volt zu laden, damit trotz der bewirkten großen Leitfähigkeit der Luft in der Luftbüchse Sättigungsstrom auftritt. Andererseits bei sehr schwachen Aktivitäten und daher nur kleiner Erhöhung der Leitfähigkeit der Luft muß, der Genauigkeit wegen, die stets vorhandene an sich zwar geringe im Verhältnis zu jener aber durchaus nicht unbeträchtliche jeweilige natürliche Leitfähigkeit der Luft berücksichtigt werden, indem man die Skalenablesung bei Wirkung der Aktivität um den in einem besonderen Vorversuch während eines Zeitraumes gleich jenem Z ohne Wirkung einer

Aktivität zurückgelegten Quarzfadenweg  $s$  verringert und den Rest als die infolge der Aktivität eigentlich durchwanderten Skalenhundertstel  $S$  ansieht.

Der hier aus den Emanometerverhältnissen berechnete Faktor  $B = 10$  ergab sich ungefähr auch bei Zurückführung der Emanometerangaben auf Messungsergebnisse des sonst für solche Messungen benutzten Engler-Sievekingschen Fontaktoskops, wenn letztere mit 1,15 als Duaneschem Faktor multipliziert worden waren.

Nach geschehener Messung wird, wobei sich sofort das Ventil und mit ihm der Elektromagnetstromkreis öffnet, die Schüttelkanne gehoben und über den Wasserspiegel auf drei Knaggen gestellt, dann mit dem Drehschieber im Kannenboden sechs 5 mm große Löcher geöffnet, so daß das Wasser in etwa dreiviertel Minuten ausläuft, indem durch die Luftbüchse hindurch frische Luft oben in die Kanne strömt.

Sind feste radioaktive Stoffe mit dem Emanometer zu prüfen, so bringt man sie in einer Metallschale unmittelbar unter das untere Drahtnetz der abnehmbaren Luftbüchse.

---

## **Einige Einzelheiten über die Anwendung von Radium zwecks Bestrahlung.**

Von Dr. **Bayet**, Brüssel.

Auf Ansuchen der Redaktion dieser Zeitschrift gebe ich hier die nachfolgenden Ausführungen. Man hat mich darauf aufmerksam gemacht, daß, wenn die durch Radiumstrahlen erzielten Resultate in den verschiedenen Ländern nicht miteinander vergleichbar waren, dies möglicherweise an technischen Einzelheiten und einer verschiedenen Auffassung der für das Radium in Betracht kommenden Möglichkeiten lag. Besonders in Deutschland habe ich mich in verschiedenen Kliniken davon überzeugen können, daß die Behandlung mit Radium fehlerhaft, und man sich anscheinend nicht immer genau darüber klar war, was mittels eines gegebenen Apparates ausführbar sei und was nicht.

Dies hat die Redaktion dieser Zeitschrift auf den Gedanken gebracht, mich um die Veröffentlichung einiger Einzelheiten der von mir seit Jahren angewendeten Technik zu bitten, und die Grundsätze, nach denen ich meine radiotherapeutischen Arbeiten ausgeführt habe, auseinanderzusetzen. Ich bitte im voraus um Entschuldigung, wenn dieser Artikel zu elementar erscheinen sollte und Angaben enthält, die schon früher in Abhandlungen über Radiotherapie mitgeteilt sind.

Die Methode, welche ich anwende, basiert auf der Strahlenmessung, wie sie in der Abhandlung über Radiumtherapie von Wickham und Degrais und in den Arbeiten von Dominici auseinandergesetzt ist.

Diesem Meßverfahren reiht sich als natürliches Korrelat das Verfahren des abgestuften Filtrierens an, das es ermöglicht, aus der Gesamtstrahlung des Radiums diejenigen Strahlen auszuwählen, die man anwenden will.

Ich weiß nicht, ob man in der späteren Entwicklung der Radiotherapie an diesen Meßmethoden festhalten wird. Sicher ist jedoch, daß man bisher durch ihre Anwendung die besten Erfolge erzielt hat und daß es gelungen ist, die Radiotherapie zu

einer Wissenschaft zu erheben, deren Ergebnisse die Forscher untereinander vergleichen können.

Ich gebe mich durchaus keinen Täuschungen über die Mängel des Verfahrens hin. Die Methode der Messungen ist nur scheinbar streng abgegrenzt. So wie sie aber ist, bildet sie eines der wertvollsten Mittel zu klinischen Studien, welches nunmehr in weitem Maße erprobt ist.

Vergegenwärtigen wir uns in kurzen Worten, um welches Prinzip es sich hier handelt: Das Radium sendet eine Summe von Strahlen aus, die sich aus verschiedenen Strahlen zusammensetzen. Letztere heißen:  $\alpha$ -Strahlen,  $\beta$ -Strahlen,  $\gamma$ -Strahlen, Sekundärstrahlen. Wir wollen uns nur mit den Eigenschaften derjenigen Strahlen befassen, welche für klinische Zwecke in Betracht kommen.

1. Die  $\alpha$ -Strahlen sind die zahlreichsten und bilden nahezu  $\frac{9}{10}$  der Gesamtstrahlen; sie sind sehr wenig durchdringend, ein einfaches Blatt Papier oder Gummi genügt, um sie fast sämtlich zurückzuhalten. Einige davon, die stärksten, vermögen, wenn auch nur in sehr geringer Anzahl, diese dünnen Filter zu durchdringen.

Tatsächlich werden die  $\alpha$ -Strahlen in der Klinik sehr wenig verwendet, da die Radiumapparate stets mit Gummi oder mit Glimmer umgeben sind; sie wirken stark reizend, und selbst da, wo man eine oberflächliche Wirkung (die einzige, welche sie auszuüben vermögen) erreichen will, sind sie sehr schwierig zu handhaben. Man tut deshalb besser, sie ein für allemal auszuschalten und sich an die anderen Strahlen zu halten, besonders die weichen und mittleren  $\beta$ -Strahlen.

2. Die  $\beta$ -Strahlen besitzen ein viel größeres Durchdringungsvermögen; man teilt sie nach dem Grade ihrer Absorptionsfähigkeit ein in weiche  $\beta$ -, mittlere  $\beta$ - und harte  $\beta$ -Strahlen. Diese Skala ist sehr ausgedehnt; während nämlich die weichen  $\beta$ -Strahlen durch einige tausendstel Millimeter Aluminium absorbiert werden, haben die harten  $\beta$ -Strahlen ein Durchdringungsvermögen, das beinahe derjenigen der  $\gamma$ -Strahlen gleichkommt; sie durchdringen beispielsweise eine 2 mm dicke Bleiplatte.

3. Die  $\gamma$ -Strahlen besitzen das größte Durchdringungsvermögen; sie durchdringen 5 cm dickes Blei.

Die Vereinigung von harten  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen ergibt die ultrapenetrierenden Strahlen, die es ermöglichen, das Radium außer-

ordentlich lange einwirken zu lassen, ohne daß eine Reizwirkung entsteht.

4. Außer den soeben erwähnten Strahlen gibt es noch Sekundärstrahlen, welche entstehen, wenn die Radiumemanation, besonders die  $\gamma$ -Strahlen, durch ein Filter, speziell ein Metallfilter, gehen. Diese Strahlen sind wenig durchdringend und sehr stark reizend. Eine Dicke von 20 Blatt Papier oder einem Zentimeter Watte genügt, um sie alle zu absorbieren.

Messung der Gesamtausstrahlung und der Teilausstrahlungen.

Die Aktivität eines Radiumapparates ist in erster Linie von der Radiummenge abhängig, welche er pro Oberflächeninhalt enthält. Gewöhnlich wird das Radium nicht in reinem Zustande angewendet. Meistens verwendet man es in Verbindung mit einem Baryumsalz.

Im allgemeinen nimmt man an, daß die Aktivität einer derartigen Verbindung der darin enthaltenen Menge reinen Radiums entspricht.

Diese Verbindung muß jedoch, um in der Therapie verwendbar zu sein, auf Trägern befestigt, bzw. in einem besonderen Firnis eingeschlossen sein oder in Glas- bzw. Metallröhren gebracht werden. Dieser Firnis bzw. diese Umhüllung absorbieren einen Teil der Strahlen, so daß diese außerhalb des Apparates quantitativ und qualitativ nicht mehr der wirklichen Ausstrahlung des Radium-Baryungemisches entsprechen. Die nutzbare Ausstrahlung der mit Salzen präparierten Platten ist von der ursprünglichen Aktivität der Mischung sehr verschieden: Eine Platte mit einer Mischung von 500 000 Einheiten ergibt eine nutzbare Aktivität von 45 000 Einheiten, was leicht begreiflich ist, wenn man bedenkt, daß der größte Teil der Radiumstrahlen aus  $\alpha$ -Strahlen besteht, die von dem Firnis leicht absorbiert werden.

Diese Ausstrahlung ist eine Gesamtausstrahlung, und zwar insofern, als sie die drei Arten von Strahlen enthält.

Vor allem kommt es darauf an, das Verhältnis dieser Strahlenarten zu kennen.

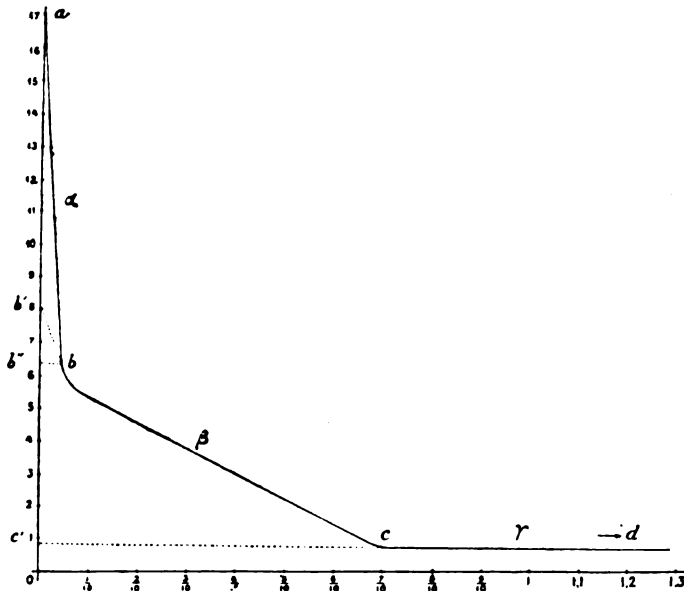
Das geschieht mittels der Meßmethode. Dieselbe beruht auf der Eigenschaft der Radiumstrahlung, das von derselben durchdrungene Medium leitend zu machen und infolgedessen elektrisch geladene Körper zu entladen. Die Goldblättchen eines geladenen Elektroskopes nähern sich, wenn sie der Einwirkung der



Radiumstrahlung ausgesetzt werden, und es wird angenommen, daß die Geschwindigkeit ihres Zusammenfallens die Stärke der Radioaktivität angibt.

Wenn man die von der Einheit der Radiumaktivität (1 g Uranium) oder von einer bekannten Anzahl dieser Einheiten hervorgerufene Zusammenfallsgeschwindigkeit kennt, so kann man leicht den Wert der Gesamtstrahlung eines Apparates bestimmen.

Um die einzelnen Strahlenarten zu bestimmen, stellt man nacheinander zwischen Elektroskop und Apparat eine Reihe von Schirmen aus Aluminium oder aus Blei auf, und man erhält auf diese Weise eine Kurve, von welcher wir hier ein schematisches Beispiel geben.



Man sieht sofort, daß diese Kurve aus drei deutlich bestimmten Teilen besteht, nämlich, ein Teil  $ab$ , welcher die leicht absorbierbaren Strahlen darstellt ( $\alpha$ ); ein Teil  $bc$ , bei welchem der Zusammenfall viel langsamer vor sich geht ( $\beta$ ); ein fast waagrechter Teil, der also sehr schwer absorbierbare Strahlen darstellt ( $\gamma$ ).

Nach dieser Kurve ist es sehr leicht, das Verhältnis der Strahlen zueinander zu bestimmen.

Auf diese Weise ist man imstande, für ein gegebenes In-

strument die Gesamtstrahlung und die Werte der Teilstrahlungen zu berechnen.

Nachstehend sei ein Beispiel für eine Platte und für ein Gewebe gegeben.

1. Platte von 2 cm Seite, die mit 1 cg reinen Radiums enthaltenden Firnis bezogen ist.

Gesamtaktivität 45 000 V.-R. bestehend aus

$\alpha$ -Strahlen: 5 %

$\beta$ -Strahlen: 84 %

$\gamma$ -Strahlen: 11 %

2. Radiumhaltiges Gewebe von 4×6 cm, enthaltend 6 mg reines Radium. Die nutzbare Aktivität beträgt 204 000 V.-R. bestehend aus:

$\alpha$ -Strahlen: 70 %

$\beta$ -Strahlen: 29 %

$\gamma$ -Strahlen: 1 %

Durch Vergleich der Aktivität erkennt man sofort die Verschiedenheit der Apparate; die stärkere, energischere Platte liefert fast keine  $\alpha$ -Strahlen; in diesem Falle wirkt nämlich die Lack-schicht, welche das aktive Salz bedeckt, als Filter; das Gewebe dagegen, welches sehr wenig Firnis trägt, liefert zum größten Teil  $\alpha$ -Strahlen, welche bekanntlich sehr wenig in der Therapie Anwendung finden.

Wenn man sich eines Apparates bedient, ist es unerlässlich, die Werte seiner Gesamtstrahlung und seiner Teilstrahlungen zu kennen und eine Kurve seiner Absorption durch Metallschirme zu besitzen.

Dieses erfordert keinen weiteren Beweis, und doch habe ich sehr oft Praktiker gesehen, welche von ihrem Apparat nur eins kannten, nämlich die Menge des darin enthaltenen Radiums. Das ist zwar eine notwendige aber auch eine durchaus ungenügende Angabe.

#### Instrumente.

Die Art und Weise, wie das Radium dem Arzt dargeboten wird, ist von der allergrößten Wichtigkeit.

Zuerst hat man das Radium in mit einer Glimmerplatte verschlossenen Kapseln benutzt. Diese Anwendung sollte unbedingt verlassen werden; von allen Methoden der Radiumverwendung ist diese sicherlich die schlechteste, denn sie gestattet der Radium-

Baryumsalzmischung eine freie Bewegung innerhalb der Kapsel, wodurch je nach der Lage derselben verschiedene Stärken entstehen. Nun hat aber die Gleichmäßigkeit der Verteilung des aktiven Salzes eine Bedeutung, die man nicht genug betonen kann. Die häufigen Mißerfolge, die man in Deutschland festgestellt hat, führe ich auf diese in diesem Lande sehr verbreitete Methode zurück.

Die von mir verwendeten Instrumente sind folgende:

Die mit Salzen versehenen Metallapparate und die radiumhaltigen Gewebe.

Die Metallapparate bestehen aus rechteckigen bzw. viereckigen oder abgerundeten Platten, auf welchen das in dünner Schicht ausgebreitete Salz durch eine der Wärme und den anti-septischen Mitteln widerstehende Lackschicht befestigt ist.

Auf den radiumhaltigen Geweben ist die Radiummischung durch eine sehr dünne Lackschicht befestigt.

Die Apparate (Platten) dienen für starke Bestrahlungen.

Die Gewebe werden vorzugsweise für schwächere Bestrahlungen verwendet. Man könnte zwar (wie es übrigens auch getan wurde) die Gewebe mit sehr aktiven, radiumhaltigen Mischungen belegen, jedoch verändert sich das Gewebe nach einiger Zeit; es wird brüchig und verliert seine Elastizität, die sein Hauptvorteil ist.

### Filter.

Wir kommen jetzt zur Betrachtung der Filter. In Wirklichkeit wird das Radium fast immer filtriert verwendet; wie bereits gesagt, wirkt schon der Lack, welcher es auf seinem Metallhalter oder Gewebe festhält, als Filter.

Ferner wird es immer mit Gummi oder mit dünnen Aluminiumblättchen bedeckt verwendet. Sehr oft benutzt man auch Schirme aus Blei, Watte oder Papier. Betrachten wir nun den Wert dieser Filter hinsichtlich der Menge und der Qualität der Strahlen, welche auf das kranke Organ fallen.

Die gebräuchlichsten Filter sind:

1. Gummi in dünnen Platten von  $\frac{1}{2}$  mm. Diese Filter absorbieren den größten Teil der  $\alpha$ -Strahlen und lassen nur die durchdringendsten dieser Strahlen, sowie die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen durch.

Da die  $\alpha$ -Strahlen fast immer unbrauchbar und meistens schädlich sind, empfiehlt es sich jedenfalls, die Apparate mit einem Gummimantel zu umgeben, auch übrigens aus Gründen der Antisepsis.

2. Aluminium in dünnen Blättchen. Dieselben haben eine Dicke von  $\frac{1}{100}$  mm bis  $\frac{1}{10}$  mm.

Wenn wir auf die Kurve des Apparates zurückgreifen, so sehen wir, welche Strahlen von den verschiedenen Stärken der Filter absorbiert werden. Durch  $\frac{5}{100}$  mm Aluminium werden sämtliche  $\alpha$ - und durch  $\frac{2}{10}$  die  $\alpha$ - und ein Teil der  $\beta$ -Strahlen zurückgehalten (Fig.).

Das Aluminium hat den Nachteil, daß eine große Menge von Sekundärstrahlen entstehen, die leicht eine Pigmentierung der Haut hervorrufen. Deswegen habe ich fast vollständig auf seine Anwendung verzichtet.

3. Das Papier (gewöhnlich nimmt man Briefpapier oder das schwarze Papier, worin die photographischen Platten eingewickelt werden) hat den Zweck, die  $\alpha$ -Strahlen auszuschalten, und wirkt wie eine Gummiplatte. Sein Hauptzweck als Filter besteht jedoch darin (was sehr wichtig ist), daß es die Sekundärstrahlen absorbiert. Zu diesem Zweck werden eine Anzahl Blätter aufeinander gelegt. Wenn man z. B. ein Filter von 1 oder 2 mm Blei benutzt, ist es nötig, zwischen die Haut und den unteren Teil des Filters 20 Blatt Papier zu legen.

4. Die Watte. Dieselbe wird höchstens in dünnen Schichten dazu verwendet, die Sekundärstrahlen aufzuhalten. Eine Schicht Watte von 1 cm Dicke entspricht zirka einer Stärke von 20 Blatt Papier.

5. Wenn die vorher erwähnten Filter zum Aufhalten der am leichtesten zu absorbierenden Strahlen ( $\alpha$ -, weiche  $\beta$ -Strahlen) dienen, so muß man Blei verwenden, wenn man nur die härtesten Strahlen (harte  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen), d. h. die ultrapenetrierenden benutzen will.

Das Blei findet man im Handel in Platten von  $\frac{1}{10}$  mm,  $\frac{2}{10}$  mm,  $\frac{5}{10}$  mm, 1 mm und 2 mm. Es ist das handlichste Filter und dasjenige, welches ich am meisten gebrauche.

Bei den dünnen Platten ist stets darauf zu achten, daß sie keine Löcher enthalten.

Betrachten wir nun die Art und Weise, wie diese Filter für den Gebrauch anzuordnen sind.

1. Leichte Filtration. Die Platte wird einfach in eine Gummihülle eingewickelt, die darüber zusammengeknotet wird. Will man sicher sein, daß sämtliche  $\alpha$ - und sogar einige weiche  $\beta$ -Strahlen zurückgehalten werden, so legt man zwischen die Platte und den Gummi einige Blatt Papier.

Bei diesen leichten Filtrationen ist die Anwendungsdauer gewöhnlich sehr kurz und es ist nicht nötig, die Platte auf der Haut zu befestigen; sie wird in der Hand gehalten.

Wenn es sich darum handelt, Gewebe zu zerstören, und die Anwendung zwei Stunden und mehr dauern soll, so ist eine Befestigung mittels Heftpflaster oder Leukoplast nötig.

2. Mittlere Filtration. Ich meine damit diejenigen, welche mittels Bleistärken von  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{2}{10}$ ,  $\frac{4}{10}$  und sogar  $\frac{5}{10}$  mm ausgeführt werden. Da die Anwendungsdauer stets eine längere ist, so müssen immer hierbei die Nebenstrahlen zurückgehalten werden. Der Apparat wird folgendermaßen aufgestellt: 1. die Platte, 2. darunter das Metallfilter, 3. unter letzteres die Papierblätter, 4. das Ganze in einem Gummimantel eingewickelt, der fest zusammengeknotet wird.

Der Apparat wird mit Heftpflaster befestigt.

3. Starke Filtration. Die Anordnung ist dieselbe, nur nimmt man 20 Blatt Papier.

Bei den Apparaten, die längere Zeit auf der Haut verbleiben sollen, besteht eine sehr bequeme Anordnung darin, daß man die Platte mit allen ihren Filtern in einen Bleihalter legt; dieser besteht aus einem kleinen, mit 4 mm hohem Rand versehenen Kasten, dessen Boden mit Ausnahme eines kleinen Randes zum Halten der Platte und der Filter entfernt wurde.

Der Apparat wird alsdann in folgender Weise aufgestellt: Auf dem Boden des Kastens die Papierblätter, darüber das Metallfilter, darüber die Radiumplatte. Das Ganze wird in einen Gummimantel eingehüllt, der über dem Apparat zusammengeknotet wird.

Wenn die Anwendung sehr lange dauern soll, so empfiehlt es sich, zwischen den unteren Teil des Kastens und den Gummimantel eine leichte Schicht Watte zu legen, um die Berührung mit dem Apparate weicher zu machen.

Die Bleischachtel mit den Rändern erleichtert das Anlegen des Apparates und der Filter und hat ferner den Zweck, die seitlichen Strahlen, die von den Rändern der Radiumplatte ausgehen, und die die benachbarten Teile reizen könnten, zurückzuhalten.

Dieser Schutz ist besonders nötig in der Nähe der Schleimhäute, die bekanntlich für die Wirkung des Radiums sehr empfindlich sind.

Wenn die Wunde kleiner ist als die zur Anwendung kommende Radiumplatte, so benutzt man eine sogenannte Maske, die

aus einer Bleiplatte von  $\frac{1}{2}$ —1 mm Dicke besteht. In diese Platte schneidet man eine Öffnung von der Größe und Form der Wunde, die man erreichen will, und man befestigt diese Maske mit einem kleinen Streifen Heftpflaster auf die Haut.

Die Methoden der Behandlung mit Radium.

Die Methoden der Behandlung mit Radium sind sehr mannigfaltig. Ich will daher nur die hauptsächlichsten anführen.

Im allgemeinen muß man desto stärkere Filtrationen anwenden, je tiefer das zu behandelnde Gewebe unter der Haut liegt, andererseits je stärker die Filtration ist, je länger muß die Anwendung sein.

Die Art der Behandlung wird daher in der Hauptsache durch die Tiefe des zu erreichenden kranken Gewebes bestimmt.

1. Oberflächliche Läsionen (Ekzem, Neurodermatitis, Psoriasis). Man verwendet leichte Filter (Gummiplatten, Papier, Watte). Da die Ausstrahlung reich an wenig durchdringenden Strahlen ist, so beträgt die Dauer der Einwirkung nur wenige Minuten.

Beispiele: Chronisches Ekzem. Es werden täglich drei Behandlungen von je 5 Minuten mit der Platte von 500 000 V.-R. vorgenommen, die mit einem einfachen Blatt Gummi bedeckt ist. Ebenso für die akuten Ekzeme, die Neurodermatitiden und Psoriasis.

2. Tiefe Läsionen. Hier hat man die Wahl zwischen zwei Methoden.

a) Die rasche Methode, bei welcher man eine starke, derbe Wirkung durch Anwendung von Radium ohne Filter oder mit leichterem Filter während mehrerer Stunden erreichen will. Diese Methode wirkt zerstörend. Man verwendet sie beispielsweise für die Zerstörung von oberflächlichen Epitheliomen, die eine Tiefe von weniger als 1 cm haben. Die Behandlung wird alsdann folgendermaßen vorgenommen: das Epitheliom wird mit einer durchlöcherten Bleimaske bedeckt, welche die Läsion begrenzt. Diese Maske wird mit Klebestreifen befestigt, die Radiumplatte, die nur mit einer dünnen Gummihülle umgeben ist, darüber gelegt. Das Ganze wird mit Streifen befestigt.

Bei einem oberflächlichen Epitheliom kann man auch fünf Sitzungen von je 2 Stunden, und zwar täglich eine vornehmen.

b) Bei der langsamen Methode verwendet man nur die durchdringendsten Strahlen, d. h. die harten  $\beta$ - und die  $\gamma$ -Strahlen;

da diese Strahlen wenig zahlreich sind und von den Geweben leicht absorbiert werden, so muß die Anwendungsdauer eine beträchtliche sein (12, 50, 100, 200 Stunden und mehr).

Man wendet diese Methode an, wenn es sich darum handelt, tiefliegende Geschwülste zu erreichen, die von gesunder Haut, die geschützt werden soll, bedeckt sind, und die ohne erhebliche Zerstörung entfernt werden sollen, z. B. ein tiefer Krebs in der Brust.

Bei der langsamen Methode verwendet man kräftige Platten, die  $\frac{1}{4}$  cg reines Radium pro Quadratcentimeter enthalten. Man legt in die Bleischachtel 20 Blatt Papier, ein Filter von 1 oder 2 mm dickem Blei und den Apparat. Dann wird das Ganze mit Gummi umgeben, nachdem man eine leichte Schicht Watte zwischen Schachtel und Gummi gelegt hat. Das alles zusammen wird dann mit Streifen befestigt.

Dieser Apparat kann bequem während der Nacht angelegt werden. Siebenmalige Applikation von je zwölfstündiger Dauer kann sehr wohl ohne merkliche Reizwirkung auf die Haut ertragen werden.

Das Vorhergehende bezieht sich auf die starken Radiumplatten.

Die Anwendung schwacher Radiumgewebe erfordert einige besondere Erläuterungen. Hier haben wir es mit schwachen, an  $\alpha$ -Strahlen sehr reichen Strahlungen zu tun. Die Stoffe werden für die flachen *Naevi vasculares* benutzt.

Hier muß man sehr langsam vorgehen und eine Reizwirkung auf jeden Fall vermeiden, denn jede Reizwirkung führt später zu Teleangiectasien. Die weichen  $\alpha$ -Strahlen, deren Reizwirkung zu groß ist, müssen demnach ausgeschaltet werden. Deshalb legt man den Stoff in einen dünnen Gummimantel oder in ein oder zwei Blatt Papier. Die Strahlung ist dann sehr schwach und besteht hauptsächlich aus harten  $\alpha$ - und weichen  $\beta$ -Strahlen.

Es ist leicht erklärlich, daß unter diesen Umständen eine längere Bestrahlungsdauer nötig ist; diese beträgt gewöhnlich 10 Stunden und wird auf 5 Sitzungen täglich verteilt, nur muß jede Reizwirkung vermieden werden. Die Rötung verringert sich in 2 Monaten leicht; es wird alsdann eine neue Behandlung vorgenommen, und durch diese aufeinanderfolgenden Zersetzungen erreicht man nach und nach das beste Resultat.

Das sind in knappen Umrissen die Hauptzüge der Radiumtechnik, besonders die Applikationsweise mit Platten und Geweben.

Wir wollen nun hieraus einige praktische Schlüsse ziehen.

Um sämtlichen Indikationen der Radiumstrahlung zu genügen, braucht man unbedingt zwei Arten von Apparaten. Man muß starke Apparate ( $\frac{1}{4}$  cg pro Quadratcentimeter) und schwache Apparate (zehnmal weniger stark) haben. Es hat keinen Zweck, alles mit demselben Apparat zu versuchen. Man könnte die Verhältnisse hier mit denen in der Photographie vergleichen, wo man auch nicht alles mit demselben Objektiv ausführen kann. Es ist nicht möglich, tiefe Läsionen mit schwachen Apparaten zu erreichen; ebenso unmöglich ist es, subtile Behandlungen, wie diejenigen der flachen Naevi, mit zu starken Apparaten auszuführen.

Man muß sich also folgendes sagen: Für die Behandlung der tiefen Läsionen (wie der Brustkrebs) ist eine sehr kräftige Bestrahlung nötig, die nur mit sehr starken Apparaten in ausreichender Anzahl möglich ist. Viele der festgestellten Mißerfolge sind nicht auf das Versagen des Radiums, sondern auf eine ungenügende Bestrahlung zurückzuführen. Unter starken Apparaten verstehe ich solche, die  $\frac{1}{4}$  cg Radium pro Quadratcentimeter enthalten.

Man könnte der Ansicht sein, daß, wenn es nicht möglich ist, tiefliegende Erkrankungen mit schwachen Apparaten zu behandeln, es wenigstens möglich sein sollte, mittels eines starken Apparates alles zu machen, wenn man die Strahlen nach Bedarf abschwächt.

Das ist ebenfalls ein Irrtum. — In qualitativer Beziehung kann man nicht einen starken Apparat mit starker Filtration und einen schwachen Apparat mit schwacher Filtration miteinander vergleichen. Der starke Apparat mit starker Filtration enthält nur ultrapenetrierende Strahlen; der schwache Apparat (Gewebe) mit schwachem Filter enthält hauptsächlich harte  $\alpha$ - und weiche  $\beta$ -Strahlen. Das ist ein gewaltiger Unterschied.

Man könnte ebenfalls glauben, die Schwierigkeit ließe sich umgehen, wenn man einen starken Apparat ohne Filter verwendet und die Anwendungsdauer abkürzt. Hier begegnet man aber praktischen Schwierigkeiten. Mit einem Apparat, der  $\frac{1}{4}$  cg pro Quadratcentimeter enthält (starker Apparat) ist es nicht möglich, die Zeit abzustufen, wenn es sich um eine subtile Behandlung handelt, wie im Falle eines flachen Naevus, wenigstens nicht mit einer genügenden Genauigkeit, um eine Reizwirkung zu vermeiden. Mit einem zehnmal schwächeren Apparat ist die Au-



wendungsdauer zehnmals länger, so daß es bedeutend leichter ist, die richtige Zeit abzuschätzen.

Es sind also zweierlei Instrumente nötig: Ein Satz starker Instrumente, bestehend aus Platten, die mit Salzen von  $\frac{1}{4}$  cg pro Quadratcentimeter bedeckt sind und ein Satz schwacher Instrumente, bestehend aus radiumhaltigen Geweben, die zehnmals weniger stark sind.

Mit solchen Apparaten kann man sämtlichen Indikationen, von der Zerstörung oder Einschmelzung der bösartigen Geschwülste bis zum Entfernen von so leichten und oberflächlichen Affektionen, wie die flachen Naevi vasculares, genügen.

Es genügt sicherlich nicht, daß man die oben aufgestellten Regeln befolgt, um bestimmt einen Erfolg zu erzielen; hierzu gehört Fertigkeit, eine gewisse persönliche Geschicklichkeit, durch die die Resultate der Praktiker immer verschieden sein werden.

Die Meßmethode in Verbindung mit den Filtrationen wird weiterhin von großem Nutzen sein. Für die Praxis genügt die hier angeführte Methode. Ich verhehle mir nicht, daß sie noch in theoretischer Beziehung manche Mängel aufweist. Der wichtigste besteht darin, daß die Leistungsskala der Strahlen nach dem mehr oder weniger bedeutenden Grad der Durchdringungsfähigkeit aufgestellt ist, der jedoch mit der physiologischen Wirkung dieser Strahlen selbst nichts zu tun hat.

So wie sie ist, kann jedoch diese Methode als genügend betrachtet werden und leistet große Dienste. Es ist eine praktische Methode, die man mit der Verwendung des Aktinometers in der Photographie vergleichen kann.

Ich glaube in diesen Ausführungen die wesentlichsten Punkte erläutert zu haben, deren Kenntnis für die Anwendung der Radiumbestrahlung nötig ist, und ich habe mich besonders bemüht, einige technische Punkte zu präzisieren, deren Bedeutung ich durch die Erfahrung kennen gelernt habe. Auf diese Weise glaube ich am besten den Wünschen derjenigen entsprochen zu haben, die mich um meine Ansicht hierüber gebeten haben. Was die anderen Punkte anlangt, so sind sie in der Abhandlung über Radiumtherapie von Wickham und Degrais meisterhaft erläutert.

---

## Referate.

**Plate,** Über die Erscheinungen der Radioaktivität und ihre Anwendung in der internen Medizin. Diskussionsbemerkung zum Vortrage des Herrn W. Unna im ärztlichen Verein zu Hamburg. (Hamburger Ärzte-Korrespondenz, 1912, Nr. 3.)

Plate hat seit ca. drei Jahren Radium fast in jeder Form auf der Abteilung für physikalische Therapie im Allgemeinen Krankenhaus St. Georg angewandt. Die Verwerfung der Anwendung in Form von Bädern hält er nicht für berechtigt. Daß dabei das Radium durch die Atemluft, nicht durch die Haut in den Körper gelangt, konnte er durch Untersuchung an Patienten, die mit Rauchhelm badeten, zeigen. Er konnte dabei die seither fast allseitig anerkannte Tatsache feststellen, daß Radium nicht durch den Urin, sondern durch die Atemluft ausgeschieden wird, und zwar in kurzer Zeit (Kohlrausch und Plate, Biochemische Zeitschr., Bd. 20).

Zu den Bädern und zum Trinken muß man allerdings die doppelten Dosen anwenden, wie sie der Lieferant vorgeschrieben hatte. Eine Kontrolle der Apparate erfolgte durch das physikalische Staatslaboratorium. (Die spärlichen Fälle von Gicht wurden meist günstig beeinflusst.) Unter den Fällen von chronischen Arthritiden wurden fast regelmäßig nur die Fälle günstig beeinflusst, bei denen sich die zu den erkrankten Gelenken gehörenden regionären Drüsen geschwollen zeigten. Über die Bedeutung solcher Drüsenschwellungen hat P. bereits früher im Verein berichtet (Münch. med. Wochenschr., 1908, Nr. 21).

Sie finden sich meist bei den Arthritiden, die mit einem sonstigen Erkrankungsherde (Tonsillitis, Pyorrhoea alv., Bronchiektasen, Gonorrhöe usw.) in Verbindung stehen. Sie entstehen durch Resorption fester Bestandteile aus den erkrankten Gelenken. Daß durch so geschwollene Drüsen die Resorptionsvorgänge, die zur Beseitigung der Entzündungsprodukte nötig sind, gestört werden, darauf hat Fleiner (Virchows Archiv, Bd. 112) und Klapp (Archiv für experim. Pathol., 47) bereits hingewiesen, sei es, daß die Resorptionswege durch eine Stauung der zu reichlich zugeführten Entzündungserreger und Entzündungsprodukte direkt verlegt werden, sei es, daß die durch die in ihrer Virulenz nicht beeinträchtigten Krankheitserreger entzündlich veränderten Drüsen (Nötzel, Bruns Beiträge, Bd. 65) in ihrer Funktion versagten.

Daß Radium ebenso wie die Röntgenstrahlen besonders geeignet ist, so veränderte Drüsen günstig zu beeinflussen, ist bekannt. Warden (The Lancet, 21. Juli 1909) konnte eine durch Filariasis entstandene Elephantiasis dadurch heilen, daß er die stark angeschwollenen Lymphdrüsen durch Bestrahlung mit Radium zur Abschwellung brachte.

Daß wir durch eine solche Wirkung auf die geschwollenen Drüsen und die dadurch bedingte Verbesserung der Resorptionsverhältnisse uns die günstige Wirkung der Radiumtherapie auf die chronischen Arthritiden der besprochenen Art allein zu erklären vermögen, konnte P. an mehreren Patienten wie im Experiment beweisen.

Er behandelte mehrere Patienten mit solchen Arthritiden nur dadurch, daß er auf die geschwollenen Drüsen feuchte Kissen mit radioaktiver Substanz auflegte. Er sah, daß diese Kranken bei dieser einfachen Behandlung in denkbar günstigster Weise beeinflusst wurden. (Vorstellung eines Patienten mit schwerer gonorrhöischer Arthritis des Handgelenks.) Im allgemeinen bleibt P. bei den bisherigen Applikationsmethoden des Radiums.

Diese Beobachtungen geben uns einen Schlüssel für die Erklärung der Wirkung des Radiums auf chronische Arthritiden.

Sie zeigen uns auch, daß wir fast sicher eine Wirkung des Radiums in den Fällen von chronischen Arthritiden erwarten dürfen, bei denen wir die regionären Drüsen geschwollen finden.

Voraussetzung ist, daß wir den primären Krankheitsherd möglichst zur Ausheilung haben bringen können. Später sollen wir den gewonnenen Vorteil der verbesserten Resorptionsverhältnisse durch Anwendung von resorptionsbefördernden Mitteln möglichst auszunützen suchen. Autoreferat.

---

**Caan, Albert,** Über Radioaktivität menschlicher Organe. (Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., 1911, 5. Abhdlg., 44 Seiten.)

In einem lichtdichten Kasten wurden photographische Platten 2,7 cm über einem Uhrglas mit fein zerschnittenem Körpergewebe gelagert, dazwischen fast 2 cm über dem Uhrglas eine Scheidewand aus Mattpapier und dicht hierüber ein siebartig in 6 mm Abständen gelochtes Zinkblech derart, daß gewisse vom Körpergewebe etwa ausgehende Strahlen auf der Platte ein Schattenbild des Zinksiebes hervorrufen könnten. Nach je 24stündigem Liegen wurden die Platten herausgenommen und wie gewöhnlich chemisch entwickelt.

Mit leerem Uhrglas ergab sich keine Spur von Siebschatten; hingegen mit frischen Gehirnteilen stets ein Bild, das man an Größe und Schärfe wohl ungefähr auf  $\frac{1}{20}$  desjenigen Siebschattens schätzen darf, der bei derselben Anordnung mit 10 mg Radiumbromid und nur fünf Minuten Bestrahlung zu erhalten war. Jedoch mit trockner Gehirnasche erhielt Caan nur ausnahmsweise ein paarmal einen Schimmer von Plattenbeeinflussung.

Offenbar also waren die Säfte des Körpergewebes von Einfluß: entweder als Dunst des nichtradioaktiven Körpergewebes auf die Platte einwirkend (beispielsweise könnte sehr wohl allein Wasserstoffsperoxyddunst den Siebschatten auf bloß chemischem Wege erzeugen) oder wie ein Katalysator die Strahlung des radioaktiven Körpertrockenstoffes beschleunigend und verstärkend.

Unter diesen Umständen beschloß Caan, mit dem hochempfindlichen Beckerschen Emanometer zu prüfen, ob und wie stark trockne Körperasche durch Strahlung, nach Art radioaktiver Stoffe, die elektrische Leitfähigkeit der Luft erhöht. Zu diesem Zwecke wurden je 100 g Gehirn, Herz, Leber oder Lunge im Brutofen bei 180° getrocknet, dann im Porzellantiegel bei Sauerstoffzufuhr nahezu völlig verascht, nachher in den Luftbehälter des Emanometers gestellt und die Leitfähigkeit der Luft über der Asche gemessen. Vor und nach jeder Messung

wurde auch die normale Leitfähigkeit ohne Asche festgestellt und ihr Durchschnittswert von jenem Meßwert abgezogen.

Die Leitfähigkeiten wurden dabei mittels Quarzfadenelektrometers beobachtet als, wie üblich, Abnahme des Spannungsunterschiedes der, durch die zu prüfende Luft voneinander getrennten, elektrisch ungleich geladenen Innen- und Außenbüchse des Luftbehälters. Nachher wurden sie umgerechnet einheitlich auf den Spannungsrückgang in Volt während einer Stunde und Einwirkung von 1 g Asche. Diese Werte seien hier zu folgender Tabelle zusammengefaßt:

Person	aus	Alter	Gehirn	Herz	Leber	Lunge	Anmerkungen
Kutscher	Heidelberg	73	*8,88	0,96	4,5	†8,28	* progr. Paralyse † krebsig
Tagelöhnersfrau	Neckarshausen	71	4,44	1,2	2,64	—	—
Kaufmann	Mannheim	65	*34,3	12,1	4,68	—	* vor läng. Zeit rad. Wassertrinkkur?
Hotelier	Bregenz	64	5,76	1,56	1,92	—	—
Landwirt	Eubigheim	59	3,6	1,92	1,2	—	—
Monteur	Leimen	51	1,8	0,24	0,24	—	—
Näherin	Dürkheim	46	0,96	0,12	0,06	—	—
Mädchen	Neckarsteinach	43	-0,12	0,24	0,12	—	seit Jahrzehnten verblödet
Landwirt	Münsterappel	42	*2,16	0,66	0,84	4,2	* progr. Gehirnabszess
Fräulein	Rohrbach	40	0,72	0,36	0,48	—	—
Tagelöhner	Polen	40	4,2	-0,12	*1,56	—	* krebsig
Polizeidiener	Rohrbach	37	2,76	1,56	0,28	—	—

Nimmt man der Sicherheit wegen einmal an, daß diejenigen Aktivitätswerte der Tabelle, die gleich oder kleiner als 1,2 Volt sind, infolge unvermeidlicher Meßfehler nicht maßgeblich sein können zur Bejahung der Radioaktivitätsfrage, so kann doch in den übrigen 50% Fällen gar kein Zweifel daran sein, daß die Asche jener Körperteile die Leitfähigkeit der Luft über ihr wirklich erhöht hat: wie es sonst radioaktive Stoffe tun.

Ob die Asche auch wie wirklich radioaktive Stoffe Wärme, Phosphoreszenz und Fluoreszenz zu erzeugen vermag, wurde nicht untersucht, weil bei der Schwäche der Strahlung (einem Spannungsabfall von 4 Volt/Stunde in der Tabelle entspräche ein Gehalt von nur  $3,73 \cdot 10^{-10}$  g Radium/1 g Asche) solcher Nachweis von vornherein zu schwierig erschien. Erich Schneckenberg.

**von den Velden,** Zur Wirkung der Radiumemanation. Rheinisch-westfäl. Gesellschaft f. innere Med. u. Nervenheilkunde. (Referat, Münch. med. Wochenschrift, 1911, Bd. 58, Nr. 24, S. 1330.)

von den Velden berichtet über Untersuchungen, die den Einfluß der Radiumwirkung auf die Gerinnungsvorgänge betreffen. Am Kapillar- und Venenblut läßt sich nachweisen, daß die Gerinnung durch Radiumemanation beschleunigt wird. Da weder die Fibrinmengen sich verändern, noch eine Konzentrationsänderung des Blutes eintritt, ist die Angriffsstelle der Emanation noch hypothetisch und die Untersuchungsergebnisse vorläufig von nur theoretischem Interesse.

In der Diskussion besprechen Warburg-Boden und A. Hoffmann die klinische Wirkung der Emanation und berichten über günstige Erfolge

bei Gicht und Rheumatismus; von Hoffmann konnte in zwei Fällen das Verschwinden von Harnsäure aus dem Blut nach einer Inhalationskur festgestellt werden. Salle.

**Gottlieb, L.**, Radiumbad St. Joachimsthal. (Wien 1911. W. Braumüller. 68 Seiten.)

Die kleine Schrift schildert in gefälliger Form die Entwicklung St. Joachimstals zum Kurort und bringt Angaben über Geschichte, Lage, Umgebung, die Heilquellen des Ortes usw. Vom Frühjahr 1906 bis Herbst 1910 wurden 750 Kranke mit radioaktivem Wasser behandelt. Nach den Untersuchungen von Mache und Meyer übertreffen die Joachimsthaler Quellen an Radioaktivität alle bisher bekannten Quellen und Thermen. Salle.

Radiumsalzige Tücher.

Statt radioaktive Stoffe auf Tüchern mittels irgend eines Bindemittels, wie Firnis oder Leim, zu befestigen, verfahren H. Farjas und A. Jaboin in Paris folgendermaßen:

1. Die für Heilzwecke bestimmten Tücher oder Fäden werden durch bekannte Mittel sorgfältig gereinigt und dann ohne oder mit künstlichen Mitteln getrocknet, danach in 10prozentiger Tanninlösung oder konzentrierter Alaunlösung gebeizt und wiederum getrocknet, dann in 2prozentiger Ammoniaklösung von 22° R oder in Wasser getränkt und getrocknet, und schließlich in einer der beabsichtigten Strahlungsfähigkeit entsprechend starken Bariumsalzlösung getränkt und endgültig getrocknet; z. B. Nähfäden aus Catgut in einer Lösung von 0,00002 g Radiumbromid auf 1 ccm Wasser; Seide, Wolle oder Baumwolle in stärkerer eine halbe Stunde lang.

2. Hingegen Befestigung der radioaktiven Stoffe auf den Fasern in genau bestimmbarer Menge wird zweckmäßig in der Weise ausgeführt, daß man die sorgfältig gereinigten Fasern in eine angemessene Lösung von Barium-Radiumchromat in Chromsäure taucht, aus dieser Lösung dann durch tropfenweisem Zusatz von essigsäurem Natron das Chromat fällt und auf den Fasern festhaftend niederschlägt, wonach es noch durch Eintauchen in 1—10prozentige Schwefelsäurelösung in Sulfat übergeführt werden kann.

Auf beide Verfahren wurde am 20. Juli 1909 ein Patent angemeldet und nunmehr DRP. 236801 erteilt. E. Schneckenberg.

**Bernheim, S. und Dieupart, L.**, Nouveau traitement de la tuberculose par l'iode-menthol radioactif. (Zeitschr. f. Tuberkul., 1911, Bd. 17, H. 5.)

Das nach den Angaben von Szendeffy in Budapest hergestellte radioaktive Jod-Menthol besteht aus peptonisiertem Jod, Menthol und Radium-Barium-Chlorid in ätherischer Lösung; es wird subkutan oder intramuskulär appliziert. Nach eingehender Untersuchung seiner Wirksamkeit und Unschädlichkeit im Tierexperiment, sowie nach erfolgreicher Anwendung am Menschen durch den Erfinder selbst wurde es den Verff. zur Nachprüfung an einem größeren Krankenmaterial übergeben. Diese Nachprüfungen wurden an Patienten der Pariser Fürsorgestellen für Lungenkranke und der Heil-

stätte zu St. Denis teils durch B. und D. selbst, teils von anderen Ärzten vorgenommen. Die Applikation erfolgte ausschließlich intragluteal. Die Einzeldosis enthielt an peptonisiertem Jod 0,75 cg, Menthol 0,03 cg, Radium-Barium-Chlorid  $\frac{1}{10}$  Tr. in ätherischer Lösung (Konzentration?). Die Zahl der Injektionen betrug 40—60, das Intervall zwischen den einzelnen Applikationen anfangs 3—4, später 1—2 Tage. Als Kontraindikationen gegen die Anwendung des Präparats (das übrigens neuerdings unter dem Namen „Dioradin“ in sterilen Ampullen gebrauchsfertig in den Handel gebracht wird) galten nur schwere Herz- und Nierenerkrankungen. In 75 Krankengeschichten von Patienten mit zum Teil vorgeschrittener Tuberkulose der Lungen, des Kehlkopfes und der Lymphdrüsen wird über durchweg außerordentlich günstige, wenn auch in den schweren Fällen nur palliative und vorübergehende Erfolge berichtet. Bei allen Kranken hoben sich Appetit, Körpergewicht, Allgemeinbefinden und Kräftezustand. Die wohltätige Einwirkung hielt auch beim Dazwischentreten verschiedener Komplikationen an. In zahlreichen Fällen besserte sich der hartnäckige Husten, die Bazillen im Auswurf verminderten sich oder verschwanden ganz, die Temperatur kehrte zur Norm zurück, die Nachtschweisse hörten auf. Die begeisterten Schlußfolgerungen der Verff. gipfeln in dem Satze, daß das „Dioradin“ einen mächtigen Heilfaktor bei der Behandlung der Tuberkulose darstelle, daß es bei vollkommener Unschädlichkeit immer wirksam sei und in vielen Fällen Heilung herbeiführe.

Die langatmigen, oft weit abschweifenden, nicht immer kritischen Ausführungen sind nicht eben geeignet, diese Begeisterung auch ohne weiteres auf den Leser zu übertragen, sondern mahnen zur Zurückhaltung. Es bleibt abzuwarten, ob durch weitere Prüfungen von anderer Seite die Bestätigung wird erbracht werden können, daß wir durch das radioaktive Jodmenthol dem ersehnten Ziele einer Heilung der Tuberkulose beträchtlich näher gekommen sind.

Maase.

**Chaspont et Jaubert de Beaujeu**, La radio-activité des eaux de Vals-les-Bains. (Compt. rend. de acad. des scienc., 13. Nov. 1911.)

Untersuchung der Wässer und Quellgase von Vals auf Radioaktivität mittels des Hurmuzescuschen Kompensationselektrometers (ausführliche Beschreibung der sehr sorgfältigen Versuchsanordnung). Es wurde festgestellt, daß 1. Wasser und Quellgase sehr stark radioaktiv sind, 2. die ganze Radioaktivität nur auf Anwesenheit von Emanation beruht, 3. in den natriumbikarbonathaltigen Wässern die Radioaktivität in demselben Sinne wie die freie Kohlensäure schwankt.

Maase.

**Chéron**, Traitement des lésions extra-pulmonaires profondes par l'introduction des tubes radifères. (Acad. de méd., 25. Juli 1911; ref. Sem. méd., Nr. 30.)

Ch. hat in Gemeinschaft mit Dominici eine Anzahl extrapulmonaler Tuberkulosen mit Radium behandelt. Röhren, die mit 0,03—0,05 cg reinen Radiumsulfats beschickt waren, wurden in das tuberkulöse Gewebe eingeführt und 20—24 Stunden darin belassen. (Zahl der Einzelapplikationen nicht angegeben!) Die Resultate waren sehr wechselnd. Während in einem Teil der

Fälle der Erfolg entweder ganz negativ oder nur vorübergehend und unvollständig war, konnte bei anderen eine deutliche günstige Beeinflussung konstatiert werden. Die mit Erfolg behandelten Fälle betrafen hartnäckige Drüsentuberkulosen, Fisteln nach Nebenhodenexstirpation und Rippenkaries bei Kindern. Mißerfolge waren bei verkalkten und fibrösen Drüsentumoren und bei Gelenkaffektionen zu verzeichnen. Die Heilung vollzog sich in durchschnittlich 3—4 Monaten, ohne daß jemals unliebsame Nebenwirkungen der Behandlung zutage traten. Verff. folgern aus ihren Resultaten nicht die Überlegenheit der Radiumtherapie über die bisher üblichen Behandlungsmethoden, glauben aber, daß die Erfolge zur Fortsetzung der ersteren ermutigen, namentlich in Kombination mit der chirurgischen und physikalischen Therapie.

Maase.

**Chéron**, Résultats éloignés de la radiumthérapie des annexites et périannexites. (Soc. obstétric. de France, 5.—7. Okt.; ref. Presse médic., 1911, Nr. 90.)

Bei 24 Fällen subakuter Entzündungen der Adnexe und ihrer Umgebung wurde 15mal ein rapides Zurückgehen, 8mal ein Stationärbleiben und 2mal (infolge fehlerhafter Technik) eine Verschlimmerung der Krankheitserscheinungen beobachtet. Noch günstiger waren die Ergebnisse bei 147 Fällen chronischer Erkrankung. 21 hiervon betrafen große, nicht eitrige Exsudate, die nach mehreren Monaten keine Neigung zu spontaner Resorption gezeigt hatten, während sie schon nach ca. vierwöchentlicher Radiumbehandlung verschwanden. Bei den übrigen 126 Fällen, in denen die Adnexerkrankung im Vordergrund stand, lag der Beginn des Leidens drei Monate bis über zwei Jahre zurück. Alle Kranken waren bereits mit den üblichen Mitteln erfolglos vorbehandelt. Die Zahl der Mißerfolge war bei den bereits längere Zeit Erkrankten etwas größer, doch wurde auch bei diesen in der überwiegenden Mehrzahl Rückgang der Erscheinungen beobachtet. Vortr. betont die Überlegenheit der Radiumbehandlung gegenüber jeder anderen medikamentösen Therapie. Ausbleiben des Erfolges gibt für ihn die unbedingte Indikation zu operativem Eingreifen ab! Er bediente sich der von Dominici zur Behandlung tiefergelegener Karzinome angegebenen Methode der penetrierenden Radiumbestrahlung.

Maase.

**Dubols-Havenith**, Radio- et radiumthérapie des angiomes (Journ. de radiol., 1911, Bd. 5, II. 4.)

Demonstration eines Falles von sehr ausgedehnten Angiomen des Ober- und Unterarmes, bei dem durch die kombinierte Röntgen- und Radiumbestrahlung ein sehr guter Erfolg erzielt wurde.

Maase.

**His**, La goutte et son traitement par l'émanation du radium. (Progrès méd., 1911, Nr. 46.)

Enthält die in der deutschen Literatur bereits niedergelegten Ergebnisse der an der I. med. Klinik (namentlich von Gudzent) ausgeführten grundlegenden Untersuchungen und die Prinzipien der Radiumemanationsbehandlung der Gicht.

Maase.

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1912

Heft 9

## Über die nutzbaren Uranlagerstätten und die Zukunft des Radiummarktes.

Von **P. Krusch**, Abteilungsdirigent a. d. Kgl. Geol. Landesanstalt Berlin.

Seit der Entdeckung des Radiums und der energischen Wirkung seiner Strahlen haben sich Regierungen sowohl als Private bemüht, für eine regelmäßige Radiumproduktion geeignete Lagerstätten aufzufinden oder zu erwerben. Während die Staaten ausschließlich von wissenschaftlichen Gesichtspunkten geleitet werden, wurden die Privaten nicht zum geringen Teil durch den hohen Radiumpreis, der gegenwärtig ca. 400 000 Fr. pro Gramm beträgt, angelockt.

Spuren von Radium sind in der Erdrinde sowohl in den Gesteinen als auch in den Quellen recht verbreitet; eine schwache Radioaktivität ist beispielsweise fast in allen Wasserleitungswässern vorhanden.

Bei den ausgesprochen radioaktiven Mineralien muß zwischen der großen Zahl mineralogischer Fundpunkte und den wenigen bis jetzt bekannten nutzbaren Lagerstätten unterschieden werden, welche relativ größere Anhäufungen derartiger Mineralien darstellen. Nur mit den letzteren will ich mich beschäftigen<sup>1)</sup>.

Soweit unsere Kenntnis der radioaktiven Lagerstätten reicht, ist das Radium ausschließlich an Uran gebunden.

### Die radioaktiven Lagerstätten.

Die Vorkommen ordne ich nach dem genetischen System unter Berücksichtigung von Form und Inhalt und beginne demnach bei denjenigen, welche die engste Verknüpfung mit eruptiven Vorgängen zeigen.

#### a) Magmatische Ausscheidung auf Pegmatitgängen.

Vorkommen von Lunkwengule im Ulugurugebirge, Bezirk Morogoro, Ostafrika.

Es handelt sich nach den Untersuchungen von Schwarz um Granitpegmatitgänge, welche gegenwärtig auf Glimmer ausgebeutet

<sup>1)</sup> P. Krusch, Über die nutzbaren Radiumlagerstätten und die Zukunft des Radiummarktes. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1911. — Derselbe, Die Untersuchung und Bewertung der Lagerstätten. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1911, 2. Aufl. Kapitel: Uran und Radium.



Fälle der Erfolg entweder ganz negativ oder nur vorübergehend ständig war, konnte bei anderen eine deutliche günstige Beeinstandigt werden. Die mit Erfolg behandelten Fälle betrafen Drüsentuberkulosen, Fisteln nach Nebenhodenexstirpation und Kindern. Mißerfolge waren bei verkalkten und fibrösen Drüsen bei Gelenkaffektionen zu verzeichnen. Die Heilung vollzogen durchschnittlich 3—4 Monaten, ohne daß jemals unliebsame Nebenwirkungen zutage traten. Verff. folgern aus ihren Resultaten die Überlegenheit der Radiumtherapie über die bisher üblichen Methoden, glauben aber, daß die Erfolge zur Fortsetzung der Radiumtherapie, namentlich in Kombination mit der chirurgischen Therapie.

**Chéron,** Résultats éloignés de la radiumthérapie des périannexites. (Soc. obstétric. de France, 5.—7. 1911, Nr. 90.)

Bei 24 Fällen subakuter Entzündungen der Gebärmutter wurde 15mal ein rapides Zurückgehen, 8mal 2mal (infolge fehlerhafter Technik) eine Verschlechterung der Erscheinungen beobachtet. Noch günstiger waren die Resultate bei chronischer Erkrankung. 21 hiervon betrafen die nach mehreren Monaten keine Neigung zu Rezidiven hatten, während sie schon nach ca. vierwöchentlichem Verlauf schwanden. Bei den übrigen 126 Fällen, in denen die Erkrankung in der Vordergrund stand, lag der Beginn des Leidens 1—2 Jahre zurück. Alle Kranken waren bereits inoperabel vorbehandelt. Die Zahl der Mißerfolge war bei den Erkrankten etwas größer, doch wurde auch bei der Mehrzahl Rückgang der Erscheinungen beobachtet. Die Unmöglichkeit der Radiumbehandlung gegenüber der operativen Therapie. Ausbleiben des Erfolges gibt für die operative Eingreifen ab! Er bediente sich bei der Behandlung tiefliegender Karzinome angegebener Radiumbestrahlung.

**Dubois-Havenith,** Radio- et radiumthérapie des tumeurs. (radiol., 1911, Bd. 5, H. 4.)

Demonstration eines Falles von Sarkom des Ober- und Unterarmes, das durch die Radiumbestrahlung ein gutes Resultat erzielte.

**His,** La goutte et le radium. (Bull. Soc. méd., 1911, Nr. 4.)

Enthält die in der Literatur über die Gicht an der I. med. Klinik in Wien vorliegenden Untersuchungen über die Wirkung der Radiumbestrahlung der Gicht.

Biologie und H  
1912

Uranlagerstätten  
Radiummarktes

Regierungen und der  
Radiumproduktion

Während der  
Gesichtspunkten

400 000  
der Erdkruste

in allen  
Wasserleitungswä

aktiven Mineralien  
Lagerstätten

Uran gebunden  
Lagerstätten

dem genetischen  
Form und Inhalt und be  
engste Verknüpfung mit  
auf Pegmatitgängen  
Uguruagebirge,  
Afrika  
Vorkommen von Schwarz um  
Glimmer ausgebeutet  
die Zukunft  
Die



werden. In den Glimmertafeln finden sich eingesprengte Uranpecherzkristalle, die beim Spalten des Glimmers gewonnen werden. Die Größe der einzelnen Individuen schwankt sehr.

Das frische Material der hochgradig umgewandelten Kristalle hatte nach Marekwald<sup>1)</sup> 87,9 %  $U_3O_8$  und 7,5 % PbO. Eine von Dr. Klüß im Lab. d. Königl. Geol. Landesanst. ausgeführte zweite Untersuchung ergab 89,47 %  $U_3O_8$ , 6,87 % PbO und 0,28 %  $ThO_2$  bei einem spezifischen Gewicht von 8,635.

Diese Pechblende ist von einer mehr oder weniger dicken Rinde eines gelblichen Verwitterungsproduktes überzogen, welches nach der chemischen Untersuchung aus 83,8 %  $U_3O_8$ , 12,1 %  $CO_2$  und 1 % PbO besteht. Marekwald bezeichnet dieses Mineral als Uranylkarbonat. Beide Mineralien sind stark radioaktiv.

Von Interesse ist ein Uranoxydul enthaltender Fergusonit von Morogoro, der nach der Analyse von Dr. Klüß folgende Zusammensetzung hat:

Niobsäure . . . . .	46,03 %
Tantalsäure . . . . .	1,20 „
Uranoxydul . . . . .	13,60 „
Titansäure . . . . .	0,90 „
Yttererde . . . . .	14,12 „
Eisenoxyd . . . . .	5,72 „
Tonerde . . . . .	0,17 „
Bleioxyd . . . . .	7,55 „
Kupferoxyd . . . . .	1,21 „
Manganoxydul . . . . .	0,28 „
Kalk . . . . .	2,84 „
Wasser . . . . .	6,23 „
	99,85 %

Das spezifische Gewicht beträgt 4,801, ist also viel niedriger als das normale, zwischen 5,8 und 5,9 schwankende; indessen dürfte es sich hier um etwas angewittertes Material handeln, welches beim Fergusonit leichter und weicher zu sein pflegt als das frische.

Eine genauere Untersuchung der Gesamtmenge von Uranpecherz bzw. Uranylkarbonat auf diesen Pegmatitgängen ist noch nicht ausgeführt worden. Früher wurden die Vorkommen bedeutend

<sup>1)</sup> W. Marekwald, Über Uranerze aus Deutsch-Ostafrika. Zentrabl. f. Min. usw., 1906.

überschätzt. Im ganzen haben sie bisher nach einer Angabe des Gouvernements nur ca. 400 kg Uranpecherz geliefert.

Norwegen hat ähnliche Uranpecherzlagerstätten, von denen zwei näher untersucht sind.

Bei Evje, nördlich von Kristiansand, werden die Pegmatitgänge auf Feldspat ausgebeutet; in ihnen tritt die Pechblende als Einsprengung auf; sie wird hier als Nebenprodukt gewonnen, und im ganzen sind nach der freundlichen Angabe von Prof. J. H. L. Vogt etwa 100 kg versandt worden.

In der Nähe von Stavanger arbeitete eine englische Gesellschaft längere Zeit auf Pegmatitgängen, die Pechblende enthielten. Der Erfolg soll kein ermutigender gewesen sein.

**b) Uranmineralien führende Zinnerzgänge mit sulfidischen Erzen.**

Die Zinngänge treten in Cornwall und Süd-Devon auf.

Die Erzlagerstätten liegen in Granitgebieten, die zum Teil von kontaktmetamorphen Schiefen (Killas) bedeckt werden. Beide sind von Quarzporphyrgängen (Elvans) durchsetzt<sup>1)</sup>.

Die Erzgänge setzen im Granit und Schiefer auf, stellen Spaltenfüllungen verschiedener Größe und Form von Messerrückenstärke bis zu bedeutender Mächtigkeit dar und zeichnen sich im Schiefer durch Kupfer-, im Granit durch Zinnerzführung aus (primärer Teufenunterschied).

Der Form nach kann man 1. Spalten- oder parallele Systeme derselben, 2. Mineralisierungen des Nebengesteins durch Imprägnation und metasomatische Verdrängung und 3. mineralisierte Gangbreccien unterscheiden.

Unter den primären Erzen sind oxydische und sulfidische Zinnerze, sulfidische Kupfererze, Arsenkies, Wolframerze, Silbererze, Zinkerze, Wismut-, Kobalt- und Nickelerze, Manganerze und Pechblende bemerkenswert.

Relativ reich an Uranerz ist die Uraniummine bei Gram-pound auf dem dritten Granitfelde der Halbinsel, von Osten aus gerechnet, die im Durchschnitt jährlich 20—30 t liefert. Von 1896—1906 schwankte die Produktion, die 1907 72 t betrug, zwischen 6 und 105 t. Aus diesen bedeutenden Differenzen ergibt sich die unregelmäßige Verteilung der Uranerze auf der Lagerstätte.

---

<sup>1)</sup> Donald, A. MacAlister, Geological Aspect of the Lodes of Cornwall. Econ. Geol., Juli-August 1908, Bd. 3, Nr. 5.

Im übrigen sind diese Zahlen nicht ohne weiteres mit denjenigen anderer Gebiete zu vergleichen, da die Gehalte an Uran in der Statistik nicht angegeben werden.

**c) Uranmineralien führende Kobalt-, Nickel- und Edelmetallgänge.**

**Die Gänge von St. Joachimstal in Böhmen.**

Seit langem kennt man im böhmischen und sächsischen Erzgebirge viele uranerzführende Gänge, deren Zahl in den letzten Jahren infolge des hier herrschenden Radiumfiebers noch bedeutend vermehrt worden ist. Ich begnüge mich an dieser Stelle nach dem eingangs des Vortrags angegebenen Prinzip mit den gut erforschten reichsten Vorkommen von St. Joachimstal, die zum Teil vom österreichischen Ärar, zum Teil von der Edelleutstollen-Gesellschaft ausgebeutet werden<sup>1)</sup>.

Wir befinden uns hier in einem kristallinen Schiefergebiet<sup>2)</sup>, welches in engster Verknüpfung mit Granit steht und in der Hauptsache von Gneis, Glimmerschiefer, Amphibolit usw. gebildet wird.

Als besonders reich an Uranerzen wurden bisher die sog. Joachimstaler Schiefer angesehen, die Erze treten aber nach den neueren Untersuchungen auch in anderen Gesteinen auf.

Die Erzgänge, deren Zahl recht bedeutend ist, bilden ein nord-südliches und ein ostwestliches System.

Während das ostwestliche im Streichen im allgemeinen ohne Störung verläuft, ist das nordsüdliche in den meisten Fällen in einzelne gegeneinander verschobene Gangabschnitte zerlegt, und zwar lenken die älteren ostwestlichen die jüngeren nordsüdlichen Gänge ab.

Unter den Erzen sind die Verbindungen von Silber, Kobalt und Nickel besonders häufig.

Die Pechblende tritt in bezug auf die Menge erheblich zurück, wenn sie auch als durchaus gleichwertiges Erz neben den übrigen vorkommt. Am relativ reichsten an Pechblende sind die Nordsüdgänge, indessen erweisen sich die Ostwestgänge nicht als ganz pechblendefrei, wie man früher annahm. Die Gangkreuz-

<sup>1)</sup> Diese Grube wurde vor kurzem vom Ärar erworben.

<sup>2)</sup> Fr. Babanek, Beurteilung der geologisch-bergmännischen Verhältnisse der Joachimstaler Erzlagerstätten in: geologisch-bergmännische Karte mit Profilen von Joachimstal usw., Wien 1891. — J. Step und F. Becke. Das Vorkommen des Uranpecherzes zu St. Joachimstal. Sitzungsbericht d. Akad. d. Wiss. Wien, 1904, Bd. 113, Teil 1.

zungen der Ostwestgänge mit den nordsüdlichen zeigen besonders häufig Pechblendeaneicherungen.

Die wichtigsten Gangarten sind auf den Nordsüdgängen Karbonspäte und auf den Ostwestgängen neben diesen auch Quarz.

Es besteht im allgemeinen nach Step und Becke die konstante Aufeinanderfolge Quarz (am ältesten), Uranerz und Dolomit (am jüngsten). Charakteristisch ist, daß Braun- und Kalkspat in der Nähe der Pechblende rot bis rotbraun gefärbt sind; diese Färbung kann als Indikator bei der Aufsuchung der häufig recht isoliert liegenden Pechblendepartien dienen.

In vielen Fällen findet man das Uranerz in engster Verbindung mit Schiefer. Es tritt deshalb häufig unmittelbar am Nebengestein oder nur durch eine dünne Quarzlage von ihm getrennt als älteste Umrandung von Schieferbruchstücken auf.

Im allgemeinen bilden die sulfidischen und sulfidisch-arsenidischen Silber-, Kobalt- und Nickelerze eine höhere primäre Teufe über der Uranpecherzzone.

Das Uranpecherz ist nicht regelmäßig in der Gangmasse verteilt, sondern tritt in Trümmern und Linsen in engster Verwachsung mit den braunen oder rotbraunen Karbonaten auf. Häufiger finden sich Imprägnationen des Erzes im Schiefer, die von den Spalten aus erfolgten.

Bei St. Joachimstal liegen exakte Untersuchungen nicht nur über den Urangehalt des Erzes, sondern auch über seinen Radiumgehalt vor.

In den von mir genommenen Proben schwankt der Radiumgehalt eines Kilogramms Pechblende in ziemlich regelmäßigem Verhältnis mit dem Urangehalt nach den Untersuchungen von Prof. H. W. Schmidt in Gießen zwischen 0,233 und 0,373 mg. Als Maßstab kann dienen, daß ein Kilogramm Pechblende mit 60 %  $U_3O_8$  eine Radioaktivität entwickelte, welche 0,333 mg Radiumbromid entspricht.

Der Bergbau auf Uranpecherz ist bei St. Joachimstal schon recht alt. Man gewann das Mineral vor der Entdeckung des Radiums zur Herstellung von Uranfarben und verkaufte es an die Uranfarbenfabrik von St. Joachimstal zu recht erheblichem Preise. Aus einer mir zur Verfügung stehenden Tabelle entnehme ich folgende Gehalte und Preise:

Pechblende mit	Uranwert pro t Erz
8 % $U_3O_8$ . . .	1 897 Kr.
10 „ „ . . .	2 355 „
20 „ „ . . .	5 892 „
30 „ „ . . .	9 212 „
50 „ „ . . .	15 879 „
60 „ „ . . .	19 208 „

Die Arbeiten der letzten Jahre haben gezeigt, daß die aus dem Uranpecherz gewonnenen Uranfarben radiumfrei sind, und daß es möglich ist, auf chemischem Wege Uran von Radium zu trennen, derart, daß die Rückstände der Uranfarbenfabrikation die gesamte ursprünglich in der Pechblende enthaltene Radiummenge enthalten.

Die von mir genommenen Proben von Rückständen enthielten nach der Untersuchung von Prof. H. W. Schmidt in Gießen in einem Kilogramm eine Radiummenge, die 1,2 mg Radiumbromid entspricht.

Es hat also, wenn wir 60prozentige Pechblende zugrunde legen, eine drei- bis vierfache Konzentration der Radiummenge der Pechblende in den Rückständen stattgefunden.

#### Gilpin County (Colorado).

Das hochgradig metamorphische Gebiet besteht aus Gneisgranit, Granitit, Protogingranit, Granulit, Felsit und Pegmatit mit allmählichen Übergängen, zu welchen an schiefrigen Gesteinen Glimmer-, Talk- und Hornblendeschiefer mit ausgeprägter Schichtung treten<sup>1)</sup>.

Die Gänge sind echte Spaltenfüllungen, die häufiger Verwerfer mit geringer Sprunghöhe darstellen. Die Grenze gegen das Nebengestein ist meist scharf. Die Gangfüllung ist durch erheblichen Gold- und Silbergehalt charakterisiert, und zwar sind die beiden Edelmetalle derart gruppiert, daß man einen westlichen Gold- von einem östlichen Silberbelt unterscheiden kann.

Dem Streichen nach kennt man ein östliches und ein nord-östliches Gangsystem, die sich kreuzen.

Die häufigsten Erze sind edelmetallhaltiger Schwefelkies und etwas Kupferkies mit Feldspat und Quarz als Gangart. Gediengen

<sup>1)</sup> Forbes Rickard, Notes on the Vein-Formation and Mining of Gilpin County, Colorado. Transact. of the Amer. Inst. of Min. Eng. 1898, S. 108.

Wismut und Arsen sind selten; ersteres ist oft mit Fahlerz vergesellschaftet. Arsenkies und andere arsenhaltige Erze kommen ebenfalls vor. Wichtig ist der Tellurgehalt, der an Gold gebunden zu sein scheint.

Zu den genannten Erzen tritt als völlig gleichwertig mit den übrigen primären die Pechblende — allerdings in recht unregelmäßiger Verteilung — die namentlich in den Wood und Kirk Mines des Leavenworth Gulch in relativ bedeutenderen Mengen gewonnen wird.

In bergwirtschaftlicher Beziehung ist bemerkenswert, daß mehrere Tonnen Uranerz der Wood Mine in der ersten Zeit der Uranerzgewinnung nach Swansea (England) verkauft wurden und hier einen hohen Preis erzielten. In den letzten Jahren erreichte der Preis annähernd 2 Dollar per Pfund Uranoxyduloxyd, so daß Erze mit 50 % ca. 2000 Dollar per Tonne erzielten. (Carnotit wurde mit 5 Dollar per Unit verkauft. Eine Fabrikanlage bei Cedar in San Miguel Co. soll dieses Mineral mit nur 2 % Uran verarbeiten.)

Im allgemeinen liefern die Uranerzvorkommen von Gilpin County keine reichen Erze, so daß die Vereinigten Staaten auf die Einfuhr von Uransalzen angewiesen sind<sup>1)</sup>.

#### Die Kolmlagerstätten Schwedens<sup>2)</sup>.

Unter Kolm versteht man eine eigentümliche, im Äußeren der Bogheadkohle nicht unähnliche Kohle, welche in kambrischen Alaunschiefern auftritt; sie ist in den letzten Jahren in größerem Maßstabe bei Närke und Västergötland verarbeitet worden.

Kolm findet sich in den Alaunschiefern in flachen Linsen, die in Reihen angeordnet sind, bildet also keine zusammenhängenden Flöze. Meist sind die Linsen nur einige Zentimeter dick. Zur Gewinnung einer größeren Kolmmenge ist die Verarbeitung recht bedeutender Alaunschiefermassen notwendig.

---

<sup>1)</sup> Gangförmigen Charakter haben auch die neu entdeckten Vorkommen Portugals (Autunit bei Guarda) und Australiens (Pechblende am Mount Painter), über deren Vorräte noch nichts Genaueres bekannt ist.

<sup>2)</sup> J. Landin, Radium i Sverige 1903, Ark. Kemi, Stockholm, Bd. 2, Nr. 2. — Derselbe, Om Radium, särskildt dess Förekomst svenska material. Teknisk Tidskrift Stockholm, Afdeln. f. Kemi, 1905, Bd. 35, S. 28 bis 32. — Außerdem briefliche Mitteilung des Herrn Professor Andersson, des Direktors der Geol. Landesanstalt, für die ich ihm auch an dieser Stelle verbindlichst danke.



Eine vollständige Analyse des Kolm von Prof. Winkler ist in den Verhandlungen der schwedischen Akademie der Wissenschaften im Jahre 1901 veröffentlicht worden. Allem Anschein nach bezieht sie sich auf eine ungewöhnlich reine, aschenärmere Probe, die folgende Zusammensetzung hat:

C . . . . .	60,24 %
H . . . . .	4,64 „
O . . . . .	3,50 „
N . . . . .	0,50 „
S . . . . .	3,99 „
H <sub>2</sub> O . . . . .	4,85 „
Asche . . . . .	22,28 „

Zusammen 100,00 % <sup>1)</sup>

Wenn auch in dieser Analyse ein Urangehalt nicht hervortritt, so ergibt doch die Untersuchung der Asche, daß auch im Kolm Radium an Uran gebunden ist. Zwei aus den Veröffentlichungen Landins entnommene Analysen der Asche ergeben:

	1. Analyse	2. Analyse
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> . . . . .	2,87 %	0,92 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	19,65 „	16,07 „
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	21,14 „	18,85 „
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,32 „	0,09 „
MgO . . . . .	1,58 „	1,33 „
CaO . . . . .	Spur	1,60 „
Alkalien . . . . .	3,98 „	4,64 „
SO <sub>3</sub> . . . . .	0,60 „	1,71 „
SiO <sub>2</sub> . . . . .	49,86 „	54,79 „
	<u>100,00 %</u>	<u>100,00 %</u>

Bei der Untersuchung einer anderen Aschenprobe wurden 1,68 % U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> gefunden.

Nimmt man aus diesen drei Resultaten das Mittel des Uranoxyduloxidgehaltes, so ergeben sich 1,82 %.

Verrechnet man diesen Gehalt der Asche auf frische Substanz mit 22,28 % Asche, so erhält man im frischen Material einen Uranoxyduloxidgehalt von 0,405 %.

Die Lagerstätten dürften vorläufig ohne wirtschaftliche Bedeutung sein.

<sup>1)</sup> Winkler in Oefvers. af K. Vet. Ak. Förhandl. Stockholm, 1901. S. 502—503.

**Die gemeinsamen Merkmale aller radiumhaltigen Uranerzgänge.**

1. Alle sind an Granitgebiete und hochgradig umgewandelte Schiefer gebunden. Uran ist also ein saures Element.

2. Der Flußspatführung begegnen wir nicht nur auf den Gängen des Cornwall-Zinnerztypus, sondern auch in St. Joachimstal. Sie spricht nach Sueß und den Laboratoriumsversuchen für heißeste Exhalationen.

3. Auf allen Gängen, auch bei dem Cornwall-Zinnerztypus, ist die enge Vergesellschaftung der Uranerze mit sulfidischen Erzen von Edelmetall, Kupfer, Kobalt und Nickel bemerkenswert.

4. Wenn auch Zinnerze nur im Cornwalldistrikt auf denselben Gangspalten mit Uran auftreten, so finden sie sich doch auch in anderen Gebieten auf benachbarten.

Als Resultat kann man nach dem heutigen Stande unserer Kenntnis den Satz ableiten, daß uranerzverdächtig solche sulfidischen Erzgänge sind, die in oder in der Nähe von zinnerzführenden Graniten aufsetzen.

Bemerkenswert sind für die Aufsuchung neuerer Lagerstätten noch folgende Erfahrungen:

a) Gänge ohne sulfidische Erze mit ausschließlich Uran- glimmer sind nach meiner Praxis wenig aussichtsreich. Geht dagegen Uranglimmer in der primären Zone in Uranpecherz über, so empfiehlt es sich, die Arbeiten fortzusetzen.

b) Die Uranfarbenfabrikation zeigt, daß man aus der Pechblende zunächst Uranfarben gewinnt, die radiumfrei sind, und daß, wie ich oben ausführte, das Radium in den Rückständen konzentriert wird. Die Rückstände sind deshalb heute das wirtschaftlich Wichtigere.

c) Nach den Untersuchungen von W. Marckwald und Al. S. Russell<sup>1)</sup> haben die primären Uranerze einen der Uranmenge entsprechenden Radiumgehalt, die sekundären sind — vielleicht infolge von Auslaugung — radiumärmer.

d) Über primäre und sekundäre Teufenunterschiede liegen bei den gewöhnlicheren Uranerzen folgende Beobachtungen vor:

Ausschließlich sekundäre Erze sind Uranocker und Uranyl-

---

<sup>1)</sup> Über den Radiumgehalt von Uranerzen. Jahrb. d. Radioaktivität und Elektronik, Jan. 1912, Bd. 8, Heft 4.

karbonat. Bald als primär, bald als sekundär erweisen sich die Uranglimmer, und ausschließlich primär ist Uranpecherz.

Bei St. Joachimstal kann man den Nachweis führen, daß die Uranpecherzzone einen tieferen primären Teufenunterschied unter einer Kobalt- und Nickelerzzone darstellt. Welche primäre Zone die Uranerzzone auf den ärarischen Gruben in noch größerer Tiefe ablösen wird, dürften die nächsten Jahre entscheiden.

#### **Über die Höhe der heute möglichen Radiumproduktion.**

Nach dem heutigen Stande der Versuche der Radiumherstellung kommen die Quellen und ihre Absätze für die nächste Zeit für eine regelmäßige Produktion nicht in Frage. Am relativ zuverlässigsten von allen Uranerzlagerstätten dürften die von St. Joachimstal sein. Die beiden in Frage kommenden Gruben sind nach meiner Schätzung in der Lage, eine Jahresproduktion von 16—20 t Uranpecherz mit einem Durchschnittsgehalt von 55 %  $U_3O_8$  zu liefern.

18 t Erz ergeben 6 t Rückstände, die ca. 1,8 g Radiumsalz höchster Aktivität liefern können. Die jetzige Radiumproduktion stammt aus alten Vorräten von Rückständen der Uranfarbenfabrikation.

Der Preis für Radiumsalz höchster Aktivität beträgt annähernd 400 000 Fr. pro Gramm. Die 1,8 g würden demnach einem Werte von 720 000 Fr. entsprechen. Es ist aber zu bedenken, daß der heutige Radiumpreis ein Zufallswert ist, der nicht mit dem Marktpreise anderer Metalle verglichen werden kann.

Diesem Werte des Radiumsalzes stehen die Unkosten gegenüber, die außerordentlich gering sind. Nach den bisherigen Erfahrungen kann man sie zu ca. 10 000 Fr. pro Gramm Radium annehmen.

Man könnte aus diesem Verhältnis der Unkosten zum Wert schließen, daß bei dem heutigen Preise noch sehr arme Erze verwertbar sind, und daß man eventuell von einem Rohmaterial ausgehen kann, welches nur wenige Prozent Uranoxyduloxyd enthält. Die Erfahrung lehrt aber Vorsicht bei derartigen Schlüssen. Man wird also gut tun, die bisherigen, aus reichem Material gewonnenen Erfahrungszahlen ausschließlich auf reiche Erze anzuwenden.

Für den künftigen Radiummarkt sind noch folgende Gesichtspunkte von Wichtigkeit:

1. Das Radium bzw. Radiumsalz höchster Aktivität unter-

scheidet sich von den im Handel befindlichen Metallen dadurch, daß es praktisch so gut wie nicht verbraucht wird. Während bei allen übrigen Metallen ein erheblicher Teil der Jahresproduktion beim Verbrauch verschwindet, haben wir bei dem Radium das eigenartige Verhältnis, daß durch eine regelmäßige Produktion eine regelmäßige Vermehrung der auf der Welt befindlichen Radiummenge stattfindet.

2. Aus dieser Eigenschaft des Radiums hat sich bereits das Verleihungssystem ausgebildet, d. h. man verleiht eine Radiummenge auf eine gewisse Zeit für eine bestimmte Summe, von der Voraussetzung ausgehend, daß das Objekt nach Ablauf der Verleihungszeit so gut wie unverändert ist. Ein derartiges Verfahren ist der Bildung eines Radiummarktes hinderlich.

Wie wir gesehen haben, ist der Radiummarkt aufs engste mit dem Uranfarbenmarkt verknüpft. Eine Radiumproduktion ist nur möglich nach vorangegangener Uranfarbenproduktion. Will man also zu einer regelmäßigen Radiumproduktion gelangen, so wird man gezwungen, die Uranfarbenfabrikation erheblich auszu dehnen.

Ein gesunder Radiummarkt ist also nur möglich durch Zusammenschluß aller Bergwerksinteressenten, die bei der Absatzigkeit der Erzmittel ausgedehnte Aufschlußarbeiten treiben und stets für erhebliche Vorratsmengen sorgen müssen, also ein bedeutendes Risiko eingehen.

(Aus der I. mediz. Universitätsklinik Berlin. Direktor: Geh. Med.-Rat  
Professor Dr. His.)

## **Über Veränderungen der weißen Blutkörperchen nach Injektionen therapeutischer Dosen löslicher Radiumsalze.**

### **I. Mitteilung.**

Von Dr. **Margarete Levy**, Volontärärztin der Klinik.

Unter den zahlreichen Publikationen der letzten Jahre, die von den biologischen Einflüssen des Radiums auf den menschlichen und tierischen Organismus handeln, befinden sich nur wenige, in denen etwas über Veränderungen der morphologischen Bestandteile des Blutes unter Einwirkung von Radium resp. der Emanation mitgeteilt ist.

Van den Velden<sup>1)</sup> hat gefunden, daß bei Zuführung von Emanation in größeren Mengen eine Erhöhung der Gerinnungsfähigkeit des Blutes eintritt. Morphologische Veränderungen bleiben in dieser Arbeit unerwähnt.

Linser und Helber<sup>2)</sup> bestrahlten durch zehn Tage hindurch eine Ratte mit einer 5 mg Radiumbromid enthaltenden Kapsel, ohne eine Veränderung der Formelemente des Blutes oder des Blutfarbstoffes konstatieren zu können.

Abgesehen von diesen Arbeiten habe ich in der Literatur nur zwei Veröffentlichungen gefunden, in denen von morphologischen Veränderungen des Blutes unter der Einwirkung von Radiumemanation die Rede ist.

Aubertin und Delamosse<sup>3)</sup> beschreiben in einer im Jahre 1908 erschienenen Arbeit den Einfluß der Radiumemanation auf das Blut so, daß dieselbe eine sofortige, aber rasch vorübergehende Leukozytose (Polynukleose) bewirke, die aber bald einer länger

---

<sup>1)</sup> Van den Velden, Verhandl. d. Kongr. für innere Med., 1911.

<sup>2)</sup> Linser und Helber, Über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf das Blut und Bemerkungen über die Einwirkung von Radium und ultraviolettem Licht. Arch. f. klin. Med., 1905, Nr. 83, S. 479.

<sup>3)</sup> Aubertin und Delamosse, Wirkung des Radiums auf das Blut, Deutsche med. Wochenschrift, 1908, Nr. 47.

andauernden Leukopenie Platz mache. Beide Autoren erklären diesen Vorgang durch gesteigerte Zerstörung der weißen Blutzellen und Läsion der Milz.

In neuester Zeit haben von Noorden und Falta<sup>1)</sup> ihre Ergebnisse über die Einwirkung großer Dosen von Radiumemanation auf das Blut mitgeteilt. Es zeigte sich nämlich, daß bei Anwendung einer Dosis von 25 bis zu 225 Macheeinheiten pro Liter Luft das Blut der Versuchsperson schon während der ersten Sitzung im Emanatorium mit einer Erhöhung der vorher normalen Leukozytenzahl bis auf 18 400 im Kubikmillimeter antwortete. Es traten aber nicht nur Veränderungen quantitativer Natur auf, sondern das Blutbild wechselte auch in der Weise, daß oft eine leichte, in manchen Fällen auch eine extreme Zunahme der mononukleären Elemente stattfand. In einem Falle von Asthma bronchiale, der mit Steigerung der Eosinophilen einherging, trat eine weitere Vermehrung dieser Elemente bis zu 14% unter dem Einfluß der Radiumemanation ein. Indessen zeigte es sich, daß die Wirkung nicht von langer Dauer ist. Die Reaktion klingt rasch ab, die Leukozytose macht nicht selten sogar einer ausgesprochenen Leukopenie mit Verminderung der Polynukleären und relativer Vermehrung der Lymphozyten Platz. Bei Wiederholung des Versuchs war es von Noorden und Falta nur in einem Falle möglich, und zwar nach Steigerung der Dosis, von neuem eine Leukozytose hervorzurufen. Auch das Blut in einem Falle von myeloider Leukämie erfuhr zunächst eine Steigerung der Leukozyten, während die verschiedenen Leukozytenformen gänzlich unbeeinflusst blieben.

Andersartig ist die Arbeit von Fofanov<sup>2)</sup>, der den Einfluß der Radiumemanation auf die Leukozyten des Gewebes feststellte. Er erzeugte beim Kaninchen durch Injektion von Mononatriumurat einen Tophus. Wurde das Tier gleichzeitig mit Radiumemanation behandelt, so blieb die reaktive Leukozytose um das Depot von Mononatriumurat aus, während sie beim Kontrolltier vorhanden war. Diesen Versuch ergänzte er noch, indem er einen Frosch, in dessen Lymphsack er kleine Holundermarkkugeln brachte, 24 Stunden Wasser und Luft mit hohem Emanationsgehalt aus-

---

<sup>1)</sup> Von Norden und Falta, Klinische Beobachtungen über die physiologische und therapeutische Wirkung großer Dosen von Radiumemanation. Med. Klinik, 1911, Nr. 39, S. 1487.

<sup>2)</sup> Fofanov, Zur Frage vom Einfluß der Radiumemanation auf die harnsaure Na im tierischen Organismus. Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 5 u. 6.

setzte. Wurde dann das Tier getötet, so zeigte es sich, daß im Gegensatz zum Kontrolltier, bei dem die Gewebsspalten des Holundermarks mit Leukozyten angefüllt waren, diese beim Versuchstier vermißt wurden!

Diese Befunde sind erhoben: 1. nach der Bestrahlung, 2. nach Dosen, wie sie allgemein therapeutisch nicht zur Verwendung kommen. Ich stellte mir deshalb die Aufgabe, zu untersuchen, ob und welcher Einfluß auf das Blutbild durch therapeutische Dosen von Radiumemanation hervorgerufen wird. Zu meiner ersten Versuchsreihe wählte ich die Injektionsmethode.

In größerem Umfang wurden Injektionen mit Emanationswasser und den praktisch ihnen gleichwertigen stark verdünnten Radiumbromidlösungen in neuerer Zeit, unabhängig voneinander, von Gudzent, Mendel und Wichmann vorgenommen. Nach Gudzent wird etwa jeden zweiten Tag der Inhalt von zwei je 1 cem fassenden Ampullen, die Radiumbromid in physiologischer Kochsalzlösung gelöst enthalten und je 1000 Macheeinheiten liefern, eingespritzt.

#### Eigene Versuche.

Ich ging auf Vorschlag von Gudzent folgendermaßen vor: Es wurden 2—8 Ampullen jeden zweiten Tag periartikulär oder in die kranken Gelenke eingespritzt. Zu den Versuchen zog ich heran: 1. Rheumatiker, 2. Gesunde. Bei den letzteren war die Versuchsanordnung insofern etwas anders, als die Injektionen an einer beliebigen Stelle des Körpers intramuskulär gemacht wurden und nach einigen Tagen mit den Injektionen aufgehört wurde. Dabei wurde alles vermieden, was zur Fehlerquelle bei der Zählung hätte führen können.

1. Die kranken Versuchspersonen wurden bei Bettruhe gehalten.

2. Die Patienten wurden vor der Mahlzeit gespritzt, um die Verdauungsleukozytose auszuschalten.

3. Fiebernde Kranke wurden zu den Versuchen nicht benutzt.

4. Die Patienten kamen sonst nicht mit Radium in Berührung.

Die Technik der Blutuntersuchung gestaltete sich dann folgendermaßen: In jedem Falle wurde zunächst vor der Behandlung die Zahl der Leukozyten und das prozentuale Verhältnis der einzelnen Formen zueinander bestimmt.

Von der Feststellung ausgehend, daß in die Gewebe des

Körpers eingespritzte Radiumemanation innerhalb drei Stunden den Organismus zum größten Teil wieder verläßt, wurde das Blut in der Annahme, daß die Emanation in dieser Zeit ihre größte Wirksamkeit entfalten möchte, mehrfach kurz nach der Injektion untersucht. Zuerst nach  $\frac{1}{2}$  Stunde, dann nach  $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden und endlich nach  $2\frac{1}{4}$ —3 Stunden. Später, als sich herausgestellt hatte, daß nach  $\frac{1}{2}$  Stunde noch keine Veränderungen auftraten, nur ein- bis zweimal.

Ich lasse hier kurz die Krankengeschichten und die bei den einzelnen Fällen nach den Injektionen erhobenen Leukozytenbefunde folgen. (Die Anfangsbefunde sind, wenn nichts Besonderes vorlag, nicht extra notiert.)

1. Bundschuh, Auguste. 56 Jahre. Polyarthrit. chron. exsudativa. Heredität o. B. Frühere Krankheiten: Diphtherie. Seit einem Jahre im Anschluß an eine Erkältung Schmerzen in allen Gelenken. Befund: Innere Organe o. B. Fußgelenke geschwollen, bei aktiven und passiven Bewegungen schmerzhaft. Weichteile über den Hand- und Fingergelenken geschwollen, fluktuierend; Handmuskulatur atrophisch.

Jeden zweiten Tag Injektion von vier Ampullen. Nach der zweiten Injektion vermehrte Schmerzhaftigkeit in allen Gelenken, dann Nachlassen der Schmerzen. Zählung nach  $2\frac{1}{2}$ —3 Stunden.

	Vorunter- suchung	Injektion	Injektions- frei	Injektion	Injektions- frei
Leukozyten .	6103	9062	8125	11250	8750
Lymphozyten	—	33 %	41 %	53 %	42 %

	Injektion	Injektions- frei	Injektions- frei	Nach 9 Tagen	Nach 9 Tagen
Leukozyten .	9012	9687	7187	8750	5625
Lymphozyten	42 %	50 %	—	51 %	—

Es trat hier also bereits  $2\frac{1}{2}$  Stunde nach der ersten Injektion eine deutliche Vermehrung der weißen Blutkörperchen ein, die drei Stunden nach der zweiten Einspritzung ihren Höhepunkt erreichte. Die Leukozyten waren noch zwei Tage nach Aufhören der Medikation geringfügig vermehrt, während eine 18 Tage später vorgenommene Zählung (in dieser Zeit waren regelmäßig Spritzen verabfolgt) sogar eine mäßige Leukopenie ergab. Gleichzeitig mit



der bis auf 11 250 gehenden Leukozytenzahl stellte sich auch eine Vermehrung der Leukozytenzahl bis zu 53 % ein. Diese Lymphozytose besteht, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, während der ganzen Dauer der Injektionen.

2. Schmidt, Bertha. 23 Jahre. Heredität o. B. Frühere Krankheiten: Bleichsucht. Seit zwei Jahren Schmerzen und Schwellungen in den Handgelenken, seit einem Jahre auch in den Fuß- und Kniegelenken. Befund: Schlecht genährte Patientin. Cor: systolisches Geräusch an der Herzspitze. Lungen: Links oben Schall abgeschwächt, Rasseln hörbar. Fingergelenke beiderseitig stark geschwollen. Atrophie der Handmuskulatur, ulnare Abduktion der Finger. Starke Schwellung des linken Kniegelenkes. Deutliche Fluktuation.

Jeden zweiten Tag Injektion von zwei Ampullen. Nach der ersten Injektion bereits stark vermehrte Schmerzhaftigkeit im linken Knie, zunehmende Schwellung, Temperaturerhöhung um  $\frac{4}{10}$  Grad. Die Temperatur geht erst zwei Tage nach der vierten Injektion zur Norm zurück.

	Vorunter- suchung	Injektion	Injektions- frei	Injektion	Injektions- frei	Injektion
Leukozyten . .	12500	9062	10625	6250	14812	10937
Lymphozyten . .	—	22 %	34 %	34 %	—	35 %

	Injektions- frei	Injektion	Injektions- frei	—	—	—
Leukozyten . .	9687	10312	12500	8437	9062	12187
Lymphozyten . .	32 %	32 %	39 %	42 %	32 %	36 %

Auch in diesem Falle geht die schon anfangs erhöhte Leukozytenzahl noch um 2300 in die Höhe und bleibt noch vier Tage nach Aufhören der Injektionen, allerdings bei Steigerung der Temperatur, erhöht. Auch die Zahl der Lymphozyten steigt an, allerdings weniger hoch als in Fall I.

3. M. L. 28 Jahre. Gesund.

Injektion von zwei Ampullen jeden zweiten Tag.

	Vorunter- suchung	Injektion.		Injektions- frei	Injektion.	
		Zählung nach 1½ St.	3 St.		Zählung nach 1¾ St.	3 St.
Leukozyten . .	5625	6875	7187	20625	13125	11250
Lymphozyten . .	33 %	55 %	52 %	—	41 %	38 %

	Injektions- frei	Injektion	Injektions- frei	—	—
Leukozyten .	9375	5312	10312	8437	7187
Lymphozyten	53 %	41 %	46 %	48 %	—

Resultat: Anstieg der Leukozytenzahl bis zur Höhe von 20625 24 Stunden nach der ersten Injektion und Abfall zur Norm drei Tage nach der letzten Injektion. Die schon am Anfang etwas erhöhte Lymphozytenzahl steigt schon nach der ersten Injektion, bereits vor Eintritt einer Hyperleukozytose, auf 52 % und bleibt es auch noch zwei Tage nach der letzten.

4. Hoffmann, Anna. 17 Jahre. Heredität o. B. Wegen Verdachts auf Ulcus ventriculi eingeliefert. Innere Organe o. B. Kein Anhaltspunkt für Ulcus ventriculi.

Injektion von drei Ampullen jeden zweiten Tag.

	Vorunter- suchung	Injektion	Injekt.- frei	Injektion	Injekt.- frei	Injektion	Injekt.- frei
Leukozyten . .	8594	8750	10000	11562	10937	18437	6562
Lymphozyten .	25 %	22 %	20 %	29 %	30 %	29 %	20 %

Auch in diesem Falle steigt die Leukozytenzahl bereits nach der ersten Injektion an und erreicht ihr Maximum ca. drei Stunden nach der dritten Injektion. Am nächsten Tage bereits Rückkehr zur Norm. Das prozentuale Verhältnis hatte in diesem Falle keine wesentliche Änderung erfahren.

5. Jahn, Marie. 29 Jahre. Heredität o. B. Kinderkrankheiten: Masern, Scharlach, Stiekhusten. Drei Geburten, drei Aborte. Keine luetische Infektion. Frühere Krankheiten: Blasenkatarrh. Vor zwei Jahren Eröffnung der Keilbeinhöhle. Im Anschluß daran Schmerzen und Schwellungen in den Fuß-, Hand-, Schulter- und Ellenbogengelenken. Starke Steifigkeit in den Gelenken. Befund: Innere Organe o. B. Fuß-, Hand- und Kleinfingergelenke verdickt, keine Fluktuation. Atrophie der Handmuskulatur.

	Vorunter- suchung	Injektion. Zählung nach		Injektions- frei	Injektion. Zählung nach	
		1 1/2 Std.	3 Std.		1 1/2 Std.	3 Std.
Leukozyten . . .	6250	6875	8125	11250	10937	15000
Lymphozyten . . .	31 %	44 %		25 %	39 %	42 %

	Injektions- frei	Injektion	Injektions- frei	Injekt. nach 3 Wochen	Injektionsfrei nach 2 Woch.
Leukozyten . . .	12137	9162	13750	7500	6367
Lymphozyten . .	—	28 %	39 %	43 %	74 %

In diesem Falle, der sich in bezug auf seinen Blutbefund ähnlich wie die beiden vorhergehenden verhielt, wurde später noch einmal nach drei Wochen und dann wiederum an einem injektionsfreien Tage nach zwei Wochen das Blut untersucht. Es fand sich eine normale Zahl von Leukozyten, während die Lymphozyten in der Zeit der Kur dauernd erhöht blieben.

6. Dombrowski, Martha. 25 Jahre. Heredität o. B. Immer gesund. Seit September 1911 (drei Wochen nach einer Angina) Schmerzen, zuerst im rechten Fuß, dann im Knie. Später Schmerzen in den Gelenken der Arme. Befund: Grazile Frau. Innere Organe o. B. Gelenke nicht geschwollen. Leichteste Atrophie der Muskulatur der Hände.

Injektion zunächst von zwei Ampullen, dann von drei Ampullen jeden zweiten Tag. Keine Temperaturerhöhung. Subjektive Besserung der Beschwerden.

	Vorunter- suchung	Injektion	Injektions- frei	Injektion	Injektions- frei
Leukozyten . . .	6875	6875	7318	8750	8437
Lymphozyten	normal	21 %	32 %	27 %	—

	Injektion	Injektion 3 Amp.	Injektions- frei	Injektion	Injektions- frei
Leukozyten . . .	5625	6875	9375	9375	6250
Lymphozyten	42 %	29 %	45 %	37 %	61 %

Auch hier eine rasch vorübergehende Leukozytose mit Erhöhung der Lymphozytenzahl.

8. Ankievitz, Eva. 24 Jahre. Myalgien. Heredität o. B. Kinderkrankheiten nicht durchgemacht. Im Anschluß an einen Partus eitrige Appendizitis (Juli 1911). Operation. Dann am 16. Oktober wegen Myalgien auf die I. medizinische Abteilung der Charité aufgenommen. Mit Massage, Bädern usw. behandelt.

Dann Injektion von zwei Ampullen Radiumbromidlösung jeden zweiten Tag.

	Vorunter- suchung	Injektion. Zähl. nach		Injektion. Zähl. nach		Injektion. Zähl. nach	
		1/2 St.	1/2 St.	1/2 St.	1/2 St.	1/2 St.	1/2 St.
Leukozyten . . .	7800	7800	6875	9000	9675	12185	
Lymphozyten . . .	23 %	27 %	33 %	33 %	46 %	30 %	

	Injektion. Zählung nach		Injektions- frei	Injektions- frei	Injektions- frei
	1 1/2 St.	3 St.			
Leukozyten . . . . .	8437	10437	5300	5000	7500
Lymphozyten . . . . .	25 %	30 %	32 %	28 %	38 %

An den injektionsfreien Tagen ist nicht gezählt.  
Wiederholung des Versuchs nach fünf Tagen.

	Injektion		Injektions- frei	Injektion. Zählung nach		Injektions- frei
	6562	7187		1 1/2 St.	3 St.	
Leukozyten . . . . .	6562	7187	6250	6900	6562	9375
Lymphozyten . . . . .	32 %		—	42 %	49 %	52 %

	Injektion. Zählung nach		Injektionsfrei	Injektion	Injektionsfrei
	1 1/2 St.	3 St.			
Leukozyten . . . . .	5312	10937	7182	8437	6562
Lymphozyten . . . . .	37 %		40 %	50 %	—

Dieser Fall zeigt in beiden Versuchen dieselben qualitativen und quantitativen Veränderungen wie die vorhergehenden, vorübergehend auch leichte Leukopenie.

9. Drews, Elisabeth. 43 Jahre. Näherin. Heredität o. B. Partus 0. Abort 2. Kinderkrankheiten keine. Vor zehn Jahren Blinddarmentzündung, sonst nie krank. Vor drei Jahren plötzlich Schwellung im linken Kniegelenk. Seit 1/2 Jahr Schmerzen und Bewegungsbeschränkung in den Gelenken der oberen Extremitäten.

Befund: Innere Organe o. B. Knotige Schwellung beider Kniegelenke, starke Bewegungsbeschränkung, Knacken bei Bewegung. Schwellungen der Finger- und Handgelenke. Atrophie der Handmuskulatur.

Frühere Behandlung mit Inhalation von Thorium-Emanation, Injektionen von Radiumsalzen, Gaben von Thyreoidea. (Zwischen

der ersten und zweiten Radiumkur lag ein Zeitraum von vier Wochen.)

Injektion von zwei Ampullen jeden zweiten Tag.

	Vorunter- suchung	Injektion. Zählung nach		Injektions- frei	Injektion	Injektions- frei
		1/2 St.	3 St.			
Leukozyten . . .	8437	8750	8125	5625	5937	5625
Lymphozyten . . .	22 %	33 %	26 %	31 %	28 %	34 %

	Injektion	Injektion	Injektions- frei	Injektion	Injektions- frei
Leukozyten . . .	—	5000	8750	6562	5000
Lymphozyten . . .	—	37 %	59 %	51 %	44 %

Der Leukozytenwert erreicht in diesem Falle eine geringere Höhe wie in allen übrigen, ist zeitweilig sogar verringert, die qualitativen Veränderungen dagegen treten sehr deutlich zutage.

10. Fr. Seidel. 36 Jahre. Neurasthenie. Heredität: Mutter und eine Schwester an Schwindsucht gestorben. Kinderkrankheiten: Scharlach, Masern, Diphtherie. Frühere Krankheiten: Typhus, Blutarmut, Lungenspitzenkatarrh. Aufnahme wegen starker Kopfschmerzen. Befund: Enorme Adipositas. Innere Organe o. B. Steigerung der Reflexe.

Zweimalige Injektion von drei Ampullen.

	Vorunter- suchung	Injektion	Injektion	—
Leukozyten . . .	5000	6500	9375	5625
Lymphozyten . . .	normal	41 %	41 %	—

Auch in diesem Falle Steigerung der Leukozytenzahl schon nach der zweiten Injektion und rascher Abfall zur Norm, dabei Vermehrung der mononukleären Elemente.

11. Frau Liese. 58 Jahre. Arthritis chronica. Heredität: Eltern an Lungenleiden gestorben. Kinderkrankheiten: Masern, Scharlach. Frühere Krankheiten: Bauchoperation, Rose. Seit einigen Jahren Schmerzen in den Fußgelenken, Kniegelenken, Schultern. Befund: Innere Organe o. B. Starke Adipositas. Genu valgum rechts, mit starker Schwellung; weit hörbares Krachen bei Bewegungen.

Injektion von acht Ampullen Radiumbromid jeden zweiten Tag.

	Voruntersuchung	Injektion. Zählung nach		Injekt.-frei	Injektion. Zählung nach		Injekt.-frei	Injektion. Zählung nach	
		1/2 St.	2 St.		1 1/2 St.	3 St.		1 1/2 St.	3 St.
Leukozyten .	9687	7500	8750	10937	6250	6562	7812	6562	7812
Lymphozyten	32 %	26 %		—	28 %	51 %	50 %	49 %	

	Injektions-frei	Injektion	Injektion	Injektions-frei	Injektion	Injektions-frei
Leukozyten .	7187	—	10312	14750	11250	12500
Lymphozyten	34 %	—	43 %	48 %	29 %	33 %

Die maximale Wirkung auf die Leukozytenzahl trat in diesem Falle erst nach der fünften Injektion auf. Die Hyperleukozytose der letzten beiden notierten Tage ist wohl auf eine fieberhafte Angina zu beziehen, die Patientin während der Behandlung akquirierte.

Aus diesen Tabellen geht hervor, daß die vermitteltst Injektion löslicher Radiumsalze in den Organismus gebrachte Emanation imstande ist, schon nach ein- bis fünfmaliger Applikation eine deutliche, in manchen Fällen recht beträchtliche Hyperleukozytose hervorzurufen, welche jedoch nur wenige Tage anhält und auf welche in manchen Fällen eine Leukopenie geringen Grades folgt. Das Blutbild erleidet auch qualitative Veränderungen in der Art, daß eine auffallende Zunahme der lymphozytären Elemente eintritt, die auch bestehen bleibt, wenn bei fortgesetzter Behandlung die Zahl der Leukozyten nicht mehr ansteigt. Die Zahl der Leukozyten hat entweder drei Stunden nach der Injektion oder 24 Stunden danach ihren Höhepunkt erreicht.

	L.-Maximum	Zahl, nach welcher die M. eintrat	Zahl der einmaligen Dosis
Bundschuh . . .	11250	2	4
Schmidt . . .	14812	2	2
M. L. . . .	20625	1	2
Hoffmann . . .	18437	3	3
Jahn . . . .	15000	2	2
Dombrowski . .	9375	2	2
Ankiwicz . . .	12185	3	2
Drews . . . .	8750	4	2
Seidel . . . .	9375	2	2
Liese . . . .	14750	5	8

Die Wirkung der Radiumsalze auf das Blut ist offenbar nicht proportional der Höhe der angewendeten Dosis. Es scheint sogar, als ob kleinere Dosen eine größere Wirkung ausübten. Gerade bei Anwendung kleinerer Mengen trat die Beeinflussung des Blutes am schnellsten und auffälligsten zutage, während der mit den größten Dosen behandelte Fall am längsten mit einer Reaktion auf sich warten ließ.

Umstehende Tabelle erläutert diese Verhältnisse am besten.

Worauf beruht die Vermehrung der weißen Blutzellen nach der Einführung von Radiumemanation? v. Noorden und Falta haben gemeint, daß die Radiumemanation imstande sei, durch chemotaktische Wirkung eine gesteigerte Einwanderung von Leukozyten ins strömende Blut herbeizuführen, daß andererseits aber auch ein vermehrter Zerfall von weißen Blutkörperchen stattfindet, der sich durch die der Hyperleukozytose folgende Leukopenie dokumentiere. Ich möchte meinen, daß es nach unseren jetzigen Erfahrungen noch nicht möglich ist, zu entscheiden, ob diese Auffassung zu Recht besteht. Es muß eine später zu beantwortende Frage sein, ob es möglich ist, mittelst der Emanation, durch welche Anwendungsweise auch immer, eine elektive Wirkung auf die hämatopoetischen Organe hervorzurufen, die uns durch den Nachweis histologischer Veränderungen das Wesen der Leukozytose erklären könnten.

Ebensowenig ist es möglich, bei der völlig unklaren Ätiologie des Gelenkrheumatismus zu sagen, ob den Leukozyten ein kurativer Wert, sei es vermöge fermentativer oder phagozytärer Eigenschaften, innewohnt.

Was die Anwendung der Injektionen mit löslichen Radiumsalzen anlangt, so glaube ich, daß die Prompttheit sowohl als die Intensität, mit der diese mächtigen physiologischen Wirkungen auf das Blut schon auf kleine Gaben auftreten, darauf hinweisen, daß es nicht nötig ist, zu übermäßigen Mengen zu greifen, und daß wir imstande sind, auch mit verhältnismäßig kleinen Quantitäten große Wirkungen zu erzielen. Besonders lehrreich sind in dieser Hinsicht die Fälle 1—5 meiner Tabelle.

Wie sich das Blut bei anderer Anwendungsweise der Radiumemanation verhält, wird gegenwärtig studiert und in einer weiteren Veröffentlichung mitgeteilt werden.

## Referate.

### Verhandlungsbericht der Berliner medizinischen Gesellschaft.

Sitzung vom 14. Februar 1912.

Herr P. Lazarus: Moderne Radiumtherapie.

Die vier biologischen Effekte des Radiums — bakterizid, gewebsreizend, elektiv-zerstörend, fermentaktivierend — beruhen auf den Strahlungsenergien der  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und Sekundärstrahlen. Die fixierten Radiumsalze entfalten eine lokale Tiefenwirkung, während die Emanation infolge ihrer raschen Diffusion durch den Organismus eine mehr allgemeine Wirkung ausübt. Wahrscheinlich spielen hierbei die durch die Radiumstrahlung gesetzten Entzündungsreaktionen, Leukozytenvermehrung und Zerfall insbesondere der neutrophilen Elemente, der wesentlichsten Fermentträger (v. Noorden und Falta), sowie die Hyperämie eine Rolle.

Die direkte Bestrahlung mittels Auflegepräparaten, Kompressen oder nach des Vortragenden Angaben verfertigten Radiumdecken ist wirksamer als die der Emanationsbäder. Die Wirkung der letzteren, insbesondere in den von der Industrie gelieferten schwachen Dosierungen, kann weder auf der Absorption, noch auf der Inhalation, noch auf dem Strahlenreiz der Emanation beruhen; deren  $\alpha$ -Strahlen werden größtenteils im Badewasser selbst absorbiert, und die vom induzierten Niederschlag ausgehenden  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen sind minimal, da in einer halben Stunde nur  $\frac{1}{265}$  der Emanation zerfällt. Das warme Wasser an sich ist bei diesen, wie bei den meisten Wildbädern (außer Gastein) der wirksamste Heilfaktor, da letztere nur ganz minimale Aktivitäten aufweisen. Die Radiumemanation ist keineswegs der Brunnengeist.

Bei der Trinkkur — am besten während und nach der Mahlzeit alle 20—30 Minuten ein Schlückchen (Sippingkur), in toto 1000—5000 M.-E. pro die — kommen die Strahlung, Diffusion und Resorption der Emanation durch die Darmwand, die Kontaktwirkung auf die Verdauungs- und Blutfermente, sowie auf die Leber in Betracht. Durch die Lunge wird nur ein Teil der Emanation ausgeatmet, der Rest retrospiriert und ins arterielle System gebracht. Bei der Blutaufnahme der Emanation spielen wahrscheinlich auch kapillärchemische Vorgänge eine Rolle. Bruchteile der getrunkenen Emanation ließen sich im Urin, Ödemflüssigkeit, Pleuratrassudat, Speichel, Schweiß nachweisen. Eine Radiumalbuminurie konnte L. nicht beobachten.

Für das Inhalationsverfahren genügt völlig die Einatmung aus Radiumatmungsflaschen oder die weniger ökonomische Rauminhalation, die sich in jedem gewöhnlichen Zimmer in der einfachsten und wohlfeilsten Weise herstellen läßt.

Die von His, Gudzent und Loewenthal eingeführten Radiogen-Emanatorien sind in physikalischer, technischer, physiologischer und klinischer Beziehung unzureichend fundiert, außerdem unhygienisch; zum Teil sind sogar Resultate der Trinkkur dem Emanatorium zugeschrieben. Gudzents



Behauptung, Radium D vermöge Mononatriumurat in  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_3$  abzubauen, ist unzutreffend. Exakte Nachprüfungen unter anderem in Neubergs Laboratorium ergaben, daß gewöhnliches Wasser ebenso wie Radium D-haltiges Wasser das gleiche Quantum Mononatriumurat in Lösung bringt. Ebenso wenig ließ sich eine Einwirkung des Radium D auf Fermente nachweisen. Desgleichen sind die His-Gudzentschen Angaben über die Steigerung der Harnsäureausscheidung und das gleichzeitige Verschwinden der Blutharnsäure nicht bestätigt, letzteres außerdem durchaus nicht identisch mit der Gichttheilung, wie die zahlreichen Mißerfolge der Emanatoriumkuren beweisen. Die Emanatoriumkuren seien übrigens selbst von ihren genannten Vertretern mit anderen bewährten Heilfaktoren, unter anderem purinfreier Diät, diversen physikalischen Heilagentien, Kolchikum, Atophan, Radiuminjektionen usw. kombiniert worden, also keineswegs eindeutig. Die Radiogen-Emanatoriumsindustrie hat aus einer harmlosen und wohlfeilen Therapie eine komplizierte und unverhältnismäßig kostspielige geschaffen. (Autoreferat in der „Med. Klinik“, 1912, Bd. 8, S. 334.)

#### Sitzung vom 21. Februar.

Diskussion: Herr Loewenthal (a. G.) wendet sich gegen den vom Vortragenden erhobenen Vorwurf, die Radiumbehandlung sei durch die von ihm und seinen Mitarbeitern angegebenen Methoden künstlich und unnötig verteuert worden. Die von dem Redner zuerst angegebene Therapie (Behandlung mit emanationshaltigem Wasser, hergestellt durch Kontakt von Wassern mit unlöslichem Radiumsalz) war allerdings billiger, doch hat erst die Verwendung radiumhaltiger Lösungen oder anderer radiumhaltiger Präparate gleichmäßige Resultate geliefert. Bei der raschen Ausscheidung von Emanation und von Radiumsalzen aus dem Körper kommt es bei einmaliger Aufnahme auch nur zu kurzer, einmaliger Wirkung. Die Beobachtung, daß eine länger dauernde Einwirkung des Radiums bezugsweise seiner Zerfallsprodukte für die Therapie von Wichtigkeit sind, führte zur Anarbeitung der Inhalationsmethode. Die in den gebräuchlichen Emanatorien verwendeten Radiummengen betragen 2–10 mg Radiumbromid, die einem Geldwert von ca. 800–4000 Mk. entsprechen. Die Behauptung von Lazarus, man könnte auch mit Radium für 10 Pfennig wirksame Radiumtherapie treiben, ist unverständlich. Ein Maskenemanatorium für Einzelbehandlung hatte Vortragender früher auch schon angegeben, aber als unzweckmäßig fallen gelassen. Der von Lazarus demonstrierte ähnliche Apparat scheint ihm deshalb auch nicht empfehlenswert. Das Mißtrauen, welches der Radiumtherapie, auch derjenigen, die sich auf streng wissenschaftlicher Arbeit aufbaut, entgegengebracht wird, ist hauptsächlich auf industrielle Konkurrenzmanöver zurückzuführen. Wieweit die Mißstände auf diesem Gebiete gediehen sind, beweist, daß eine von Mme. Curie herausgegebene Zeitschrift keine Arbeiten aus dem Gebiete der Biologie mehr aufnimmt; auch das staatliche Radiuminstitut in Wien dient nur der physikalisch-chemischen, aber nicht der biologischen Forschung. Eine Besserung dieser Zustände ist dringend zu wünschen und durch die Arbeiten aus der Hisschen Klinik und dem Briegerschen Institut bereits angebahnt.

Herr Max Wolff. Von einer mächtigen bakterientötenden Wirkung und seiner Emanation kann keine Rede sein. Vortragender hat ausgedehnte

Versuche über die Wirkung des Radiums auf Tuberkelbazillen angestellt und ist dabei zu negativen Ergebnissen gekommen. Die Bestrahlung von Tuberkelbazillen im Laufe von 2—24 Stunden mit einem Radiumpräparat von 10 mg erwies sich als wirkungslos; die mit den bestrahlten Bakterien infizierten Meerschweinchen erkrankten ebenso wie die Kontrolltiere. Auch die Ausdehnung der Bestrahlung der Tuberkelbazillen auf 5—6 Tage blieb wirkungslos. In gleicher Weise verliefen auch die Versuche, Tuberkelbazillen der Emanation auszusetzen, negativ. Tiere, die mit Tuberkelbazillen infiziert wurden, welche 5—8 Tage einer Emanation von 10 000 M.-E. ausgesetzt waren, gehen an Tuberkulose zugrunde. Auch die Suspension von Tuberkelbazillen in Radiogenwasser beeinflusste die Infektionskraft der Tuberkelbazillen nicht. Etwas bessere Resultate wurden bei doppelseitiger Bestrahlung der Bazillen erzielt, doch berechtigt nichts, auf die Radiumtherapie bei der Tuberkulose Hoffnungen zu setzen.

Herr Gudzent hält gegenüber Herrn Lazarus die Resultate seiner Arbeiten aufrecht. Die Feststellung, daß ein Zerfallsprodukt der Radiumemanation das Natronsalz der Harnsäure in leichter lösliche Körper umwandelt und bis zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_3$  zersetzt, besteht auch heute zu Recht. Die Angaben von Lazarus, daß die Löslichkeit schon im gewöhnlichen Wasser größer wird, und daß die Radiumemanation einen Zerfall nicht hervorruft, stützen sich auf noch nicht abgeschlossene Versuche mit einer zudem abweichenden Versuchsanordnung. In über drei Wochen ausgedehnten 70 Versuchen hat Vortragender nie eine Zerstörung des Mononatriumrats in Wasser beobachtet; dadurch werden die Angaben von His und Paul bestätigt. Auch Brugsch konnte nachweisen, daß harnsaure Salze vom Blut nicht zerstört werden. Dagegen hat eine Nachprüfung von Maase in Bestätigung der Befunde des Vortragenden ergeben, daß Mononatriumurat durch Radium zerstört wird. Eine weitere Frage betrifft das Verschwinden der Harnsäure aus dem Blute. Von 50 daraufhin untersuchten Patienten haben 37 die Harnsäure verloren. Es ist niemals ein Hehl daraus gemacht, daß es nicht immer gelingt, die Harnsäure zum Verschwinden zu bringen. Ebensovienig ist behauptet worden, daß das Verschwinden der Harnsäure mit dem Verschwinden der Gicht identisch ist. Auch von anderer Seite, so von Hoffmann, konnte nachgewiesen werden, daß unter der Behandlung im Emanatorium die Harnsäure aus dem Blut verschwindet. Endlich ist ein weiterer Befund des Redners von Lazarus bestritten, nämlich die Anreicherung der Emanation im Blut bei Inhalation im geschlossenen Raum. Die Nachprüfung dieser Frage durch Markwald und Bennewitz hat die Richtigkeit der Gudzentschen Befunde bestätigt und bei der Versuchsanordnung von Lazarus Fehlerquellen aufgedeckt.

Sitzung vom 28. Februar.

Herr Bennewitz erklärt, zugleich auch im Namen von Markwald, daß sie die Frage der Emanationsanreicherung im Blut in gemeinsamen Versuchen mit Lazarus resp. Gudzent nachgeprüft haben. Bei strikter Imhaltung der Gudzentschen Versuchsanordnung ist tatsächlich eine Anreicherung des Blutes festzustellen. Über die gemeinsam mit Lazarus durchgeführten Versuche kann nicht berichtet werden, da eine Autorisation seinerseits nicht vorliegt.

Herr Maase. Die schwerwiegenden Einwände, die Lazarus gegen die Beobachtung der Zersetzung von harnsauren Salzen durch Radium D erhoben hat, können erst geprüft werden, wenn nähere Angaben über die Untersuchungstechnik, die von der von Gudzent abweicht, publiziert sind. Der Befund von Lazarus, daß das Mononatriumurat in Wasser eine steigende Zunahme seiner Löslichkeit erfährt, ist von Vortragendem nachgeprüft und nicht bestätigt worden. Zu den Versuchen wurde ganz reines kristallisiertes Natriumurat benutzt und im Überschuß destilliertes Wasser zugesetzt, die Aufschwemmung in Rührgefäße gebracht. Die Bestimmung der Löslichkeit des Mononatriumurats durch die Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl, in bestimmten Zeitabständen vorgenommen, ergab keine erhöhte Löslichkeit. Dagegen kann man bei Verwendung von physiologischer Kochsalzlösung eine geringe Abnahme der Löslichkeit erzielen. Vielleicht ist ein Teil der Differenzen darauf zurückzuführen, daß Lazarus mit nicht ganz rein kristallinischem Mononatriumurat gearbeitet hat und seine Löslichkeitsversuche an gewöhnlichem Wasser angestellt hat.

Herr Falkenstein ist Gegner der Radiumbehandlung der Gicht und glaubt, daß das Radium der Natur seines Einflusses nach eine Wirkung auch nicht haben kann. Auch aus den Berichten von fünf Kranken entnimmt Redner, daß die bei ihnen angewandte Radiumtherapie keinen Nutzen gebracht hat. Wenn, wie aus den Arbeiten von Gudzent hervorgeht, nach 6—14tägiger Behandlung ein Gichtanfall und dann in 3—4 Wochen die Heilung eintritt, so beweist das nichts für das Radium. Die von Lazarus angeführte Feststellung, daß das Radium Leukozyten zerstöre, spricht gegen die Radiumbehandlung der Gicht; denn die Erhaltung der Leukozyten ist von größter Wichtigkeit. Die Menge der Blutharnsäure ist für die Entstehung der Gicht von untergeordneter Bedeutung. Der Gichtiker kann auch bei vollständiger Entziehung der exogenen Harnsäure die gichtische Verbindung herstellen. Die Gicht entsteht allein durch die Qualität der gichtischen Harnsäurebildung. Diese Voraussetzung findet eine Bestätigung in den Angaben der Hisschen Schule, daß die Blutharnsäure bestehen kann, obgleich die Krankheitserscheinungen geschwunden sind; auch die Tatsache, daß bei Pneumonie, Nephritis und Leukämie mehr Harnsäure im Blut zu finden ist als beim Gichtkranken, spricht dafür. Redner hat Gichtkranken, um Antikörper oder Oposone zu erzeugen, Harnsäure eingespritzt und damit günstige Erfolge erzielt.

Herr Saubermann (a. G.) hat die Frage der Blutanreicherung der Radiumemanation an einem Apparat nachgeprüft, der aus einer Flasche mit einem Hahn, einem Kautschukschlauch und einem Beutel besteht. Wird durch eine an einem evakuierten Glasballon befestigte Stichkanüle die den Kautschukschlauch entlangfließende Flüssigkeit aufgefangen, so kann man in ihr tatsächlich eine Anreicherung finden, dagegen fehlt in dem unten liegenden Beutel die Menge Radiumemanation, welche in dem Kolben zugeführt wurde. Es erklärt sich dies dadurch, daß man durch Evakuieren Flüssigkeiten von den darin enthaltenen Gasen ziemlich gut befreien kann. Dasselbe Resultat könne man mit jedem anderen Gase erzielen. Redner betont, daß er schon seit 1901 über Radiumfragen publiziert, und daß man an den festesten Säulen unserer Naturforschung nicht rütteln dürfe.

Herr Bickel bespricht die Frage, ob für therapeutische Nachwirkungen einer Radiumemanationskur Zerfallsprodukte der Emanation, speziell des Radium D, verantwortlich zu machen sind. Aus gemeinsam mit Tagle und Braun angestellten Versuchen geht hervor, daß die Gewebswirkung von verschiedenen Radium D-, E-, F-Präparaten um so geringer ist, je reiner das Präparat sich von den strahlenaktiven Produkten E und F erweist. Für die Beurteilung des therapeutischen Erfolges ist es aber von größter Wichtigkeit, nachzuweisen, daß das Radium D, E und F vom Körper lange Zeit retiniert werden. Es müßte auch gezeigt werden, daß die im Körper zurückbleibenden Radium D-, E- und F-Mengen groß genug sind, um therapeutische Wirkungen zu ermöglichen. Gegen eine Retention von Radium D, E, F im Körper sprechen die Beobachtungen von Caan über den geringen und inkonstanten Gehalt menschlicher Organe an radioaktiver Substanz, sowie diejenigen von Laska u. a. Bei dem Vorhandensein spezifischer Affinitäten zu Radium D, E, F müßte der Radiumgehalt des Körpers um so höher sein, je älter ein Mensch ist, da der Körper dauernd mit dem Wasser, mit der Luft radioaktive Substanz bzw. Emanation aufnimmt. Somit ist die Frage, ob die günstigen Wirkungen einer Radiumemanationskur auf Retention von Radium D, E, F oder anderen biologischen Faktoren beruhen, vorläufig nicht zu beantworten.

Herr Pick. Voraussetzung der Anwendung der Radiumtherapie für den praktischen Arzt ist eine Begründung der neuen Methoden und Apparate durch einwandfreie Untersuchungen. Nach den Angaben von Lazarus scheinen solche für das Emanatorium nicht in hinreichendem Maße vorzuliegen. Die von His hervorgerufene Beeinflussung des Gesamtstoffwechsels beruht auf Arbeiten, die die Trinkkur betreffen. Redner verweist auf die Arbeit Silbergleits, aus der hervorgeht, daß nach Einführung von 250 M.-E. in den Magen eine mehr als 10%ige Steigerung des Gesamtstoffwechsels resultiert. Die Arbeiten über die Beeinflussung des Gesamtstoffwechsels durch die Radiumemanation bilden das Fundament für das Emanatorium, ebenso wie dieses durch die Angaben Gudzents über die Zerstörung der Harnsäure gestützt wird. Leider sind aber diese Angaben noch nicht bestätigt und die Resultate der Nachprüfungen nicht widerlegt. Fürstenbergs Behauptung, daß bei der Inhalation die Emanation nur ins arterielle System und nicht ins venöse gelangt, widerspricht unseren physiologischen Vorstellungen. Lazarus verdient Dank dafür, daß er die strittigen Fragen angeschnitten hat, und es ist zu verlangen, daß die führenden Kliniker Stellung nehmen.

Herr Fürstenberg kann die schon früher von ihm gemachte Angabe, daß die Emanation schlafbefördernd wirkt, auf Grund einer größeren Beobachtungsreihe bestätigen; auch von anderen Autoren ist neuerdings diese Wirkung beschrieben. Es handelt sich nicht um einen suggestiven Einfluß; denn durch Versuche von Loewy ist nachgewiesen, daß unter der Einwirkung der Radiumemanation die Hirngefäße sich erweitern; es resultiert eine vermehrte Blutfülle im Gehirn, wie sie dem Schlafzustand überhaupt entspricht. Die von dem Vorredner erwähnte Feststellung stützt sich auf Untersuchungen von Plesch, deren Richtigkeit nicht zu bezweifeln ist.

Herr Brugsch. Die Frage über die größere Wirksamkeit des Emanation

toriums oder der Trinkkur läßt sich vorläufig nicht entscheiden. Die Zukunft der Radiumtherapie liegt in der Einführung viel größerer Einheitsmengen. Ein abschließendes Urteil, wie es Herr Piek gefordert, kann heute noch nicht abgegeben werden; es müssen größere Erfahrungen gesammelt werden. Vortragender bestätigt, daß nach seinen Untersuchungen die Harnsäure im Blut spontan nicht zerstört wird, und zwar auch dann nicht, wenn man die Versuche über drei Wochen ausdehnt. Die neuen Lehren über die Gicht, nach denen man einen Gichtiker ruhig mit Fleisch füttern kann, sind unhaltbar; die Indikation einer purinfreien Diät bleibt bestehen.

Herr G. Klemperer spricht über das Verschwinden der Harnsäure aus dem Blut. Für gewöhnlich verschwindet die Harnsäure aus dem Blut des Gichtikers niemals. Dagegen hat die Nachprüfung der Gudzentschen Befunde tatsächlich ergeben, daß in zwei Fällen nach vierwöchiger Inhalation von Radiumemanation keine Harnsäure mehr im Blut gefunden wurde. Welche Beziehung diese Tatsache zur Heilung der Gicht hat, ist vorläufig noch unklar. Von der Gicht ist nur so viel bekannt, daß Harnsäure im Blut vorhanden und ihre Ausscheidung verzögert ist. Alle Theorien haben nur einen heuristischen Wert; für die Beurteilung der therapeutischen Maßnahmen ist nur der Erfolg entscheidend. Die Erfolge, die Vortragender im Verlauf von 1½ Jahren am Moabiter Krankenhaus bei Gichtkranken gesehen hat, und die nur die Methode der Emanationseinatmung, nicht die der Trinkkur betreffen, sind sehr gut, zu einer Reserve in der Beurteilung zwingt aber der launische und wechselvolle Verlauf der Gicht; deshalb ist der exakte Nachweis, daß die beobachtete Besserung im Einzelfalle der Emanationstherapie zugeschrieben werden muß, nicht zu führen. Ist eine Besserung nach 20 Sitzungen noch nicht eingetreten, so darf man kein Urteil abgeben. In vielen Fällen genügen erst 50—60 Sitzungen; die besten Erfolge hat Vortragender bei 100 Sitzungen gesehen. Deshalb müssen die Preise für die einzelne Sitzung herabgesetzt werden. Jedenfalls beeinflußt die Inhalation den Verlauf der Gicht günstig; über nachträgliche Verschlimmerungen und Rückfälle ist vorläufig kein Urteil abzugeben. — Sicher entschieden ist aber die günstige Wirkung der Radiumemanation auf den chronischen Rheumatismus. Selbst bei anscheinend aussichtslosen Fällen können Resultate erzielt werden. Von 25 schweren Fällen wurden 3 mit glänzendem Erfolg behandelt; andere wurden gebessert. Bei der schweren Form der Erkrankung, die bisher überhaupt nicht zu beeinflussen war, bedeuten 10—12% schon einen erfreulichen Erfolg.

Herr Caspari hat früher gemeinsam mit Aschkinass festgestellt, daß die Radiumstrahlen die Entwicklung von Mikroben hemmen, daß aber die Wirkung nicht stark sei. Die radioaktiven Substanzen können aber auf eine bestimmte Bakterienart abtötend oder entwicklungshemmend wirken und für andere wirkungslos sein. Eine stark bakterizide Wirkung kommt nur den leicht absorbierbaren  $\alpha$ -Strahlen zu; dies entspricht den Befunden des Herrn Wolff. Der Nachweis der bakteriziden Wirkung der Radiumstrahlen gelingt nur unter bestimmten experimentellen Kautelen. Die Gegenwart radioaktiver Substanzen gibt keine vollständige Sicherung gegen Luftinfektion; dies ist auch bei Untersuchungen über die chemische Wirkung des Radiums zu beachten. Die Inversion des Rohrzuckers gelang in Versuchen, die Vortragender gemeinsam mit Neuberg angestellt hat, nicht, wenn ein völlig

aseptisches Verfahren angewandt wurde. Der Befund, daß stark radioaktive Flüssigkeiten vor Luftinfektion nicht geschützt sind, ist auch bei den Gudzent'schen Versuchen in Betracht zu ziehen; denn nachgewiesenermaßen können Harnsäure und Urate durch Luftinfektion zersetzt werden.

Sitzung vom 6. März.

Herr Laqueur glaubt den radiumemanationshaltigen Bädern eine größere Wirksamkeit zusprechen zu müssen, als dies Lazarus getan hat. Die Bäderanwendung war die erste Methode, von der Erfolge berichtet wurden. Neuerdings ist Strassburger für die Anwendung emanationshaltiger Bäder, allerdings in Verbindung mit der Trinkkur eingetreten. Es ist nicht anzunehmen, daß die Heilwirkung der natürlichen Heilquellen nur auf dem Wege der Temperaturwirkung vor sich geht, wie dies Lazarus behauptet. Dagegen sprechen schon die Erfolge bei Behandlung der Gicht und des Rheumatismus gerade in Badeorten mit stark radioaktiven Quellen, wie Gastein, Wildbad, Baden-Baden usw. Auch theoretische Überlegungen sprechen für die Wirksamkeit der emanationshaltigen Bäder, so der Nachweis, daß eine Resorption von Radiumemanation durch die Haut erfolgt; noch wichtiger scheint die Strahlenwirkung zu sein. Die therapeutische Wirkung könnte durch die elektro-negativ geladenen  $\beta$ -Strahlen ausgeübt werden.

Herr His bemängelt, daß im Laufe der Diskussion auch Motive, die nicht wissenschaftlich sind, im Hintergrunde mitgespielt haben, und nimmt Bezug auf Angriffe, die auf Dr. Loewenthal im Annoncenteil der Tagespresse gemacht wurden. Diese Angriffe gegen einen bewährten Forscher, dessen Publikationen, mit allen Gründen und Belegen ausgestattet, seit Jahren vorliegen, sind durchaus unbegründet und müssen energisch zurückgewiesen werden. Leider muß zugegeben werden, daß die Industrie in Fragen der Radiumbehandlung bestrebt gewesen ist, bei Laien und Ärzten Hoffnungen zu erwecken, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse nicht gerechtfertigt sind. Zum Beweise verliest Redner Stellen aus einer im Auftrage einer Radiumgesellschaft von Dr. Saubermann herausgegebenen und zusammengestellten Broschüre. Der Inhalt weist einen ausgesprochen kuppfischerischen Charakter auf. („Radiumcoldereame für kosmetische Zwecke, insbesondere zur Entfernung von Runzeln und Krähenfüßen“; Anpreisungen des hohen prophylaktischen Schutzes radioaktivierten Wassers gegen Krebs und Arteriosklerose usw.) Nach solchen Leistungen ist gegen die von dieser Seite kommenden Publikationen die größte Reserve geboten. Dies trifft auch auf eine neuere Publikation eines Mitarbeiters von Saubermann, Armstrong, zu, der über Heilerfolge bei Diabetes und Nephritis berichtete. — Die bisher mit der Radiumemanation erzielten Erfolge, über die mit besonderer Vorsicht und Zurückhaltung berichtet wurde, haben durch die Arbeiten von Gudzent und Loewenthal eine theoretische Unterlage erhalten. Allerdings ist zu bedenken, daß im allgemeinen theoretische Unterlagen allein eine vollkommene und ausreichende Erklärung eines mit einem Heilmittel erzielten therapeutischen Effekts kaum geben können. Besonders schwer ist eine Beurteilung, wenn es sich um Krankheiten handelt, die in ihrem natürlichen Verlauf starke Schwankungen aufweisen. Deswegen ist die Unterstützung des klinischen therapeutischen Erfolges durch den exakten, experi-

mentellen Nachweis einer Einwirkung des Mittels auf den Körper außerordentlich wertvoll. Die Bedeutung der festgestellten Tatsachen, daß die Harnsäure aus dem Blut verschwindet, ist heute noch nicht zu übersehen und ein Problem, an dem weitergearbeitet werden muß. Jedenfalls ist die Laboratoriumsarbeit eine unentbehrliche Ergänzung der praktischen Erfahrung, und es ist ein Verdienst von Loewenthal und Gudzent, die Laboratoriumsversuche in exakte Bahnen gelenkt zu haben. Die Angaben von Gudzent sind von Lazarus nicht widerlegt; die Nachprüfung von vor kurzem von Lazarus publizierten Versuchen hat ergeben, daß ein methodischer Fehler vorlag. Es ist nie behauptet worden, daß die Harnsäure in jedem Fall aus dem Blut verschwindet; dies gilt nur für einen großen Teil der Fälle und ist neuerdings von Klemperer und Hoffmann bestätigt. Eine vermehrte Löslichkeit der harnsauren Salze in Wasser, wie sie von Lazarus behauptet wird, findet nicht statt; dafür sprechen auch Versuche, die Vortragender schon früher gemeinsam mit Paul anstellte. Durch diese Versuche wurde nachgewiesen, daß eine vermehrte Löslichkeit der harnsauren Salze wenigstens innerhalb 72 Stunden nicht eintritt, während Lazarus sie schon nach 48 Stunden gefunden zu haben behauptet. Außerdem sind die Angaben Gudzents von Maase nachgeprüft und bestätigt. Dagegen ist der Versuch, den Dr. Saubermann geschildert hat, von Markwald nachgeprüft und das Resultat nicht bestätigt worden. — In der Praxis wird man die verschiedenen Methoden der Radiumbehandlung verwenden müssen. Für eine milde Wirkung kommt eine Trinkkur in Betracht; eine kräftigere Wirkung ist von der Emanationsinhalation zu erwarten; für lokale Behandlung können Injektionen angewandt werden. Daneben behalten andere physikalische Behandlungsmethoden ihre Berechtigung. Der Vorwurf von Lazarus, es wären mit anderen Methoden gewonnene Resultate als Ergebnisse der Radiumbehandlung vorgeführt, ist unzutreffend und muß zurückgewiesen werden. Die Zukunft der Radiumtherapie liegt in der Fortsetzung der theoretischen Forschungen. Als Sammelpunkt dieser Forschung soll ein Institut dienen, das mit Unterstützung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in nächster Zeit in Berlin eröffnet werden soll; das Kuratorium besteht aus den Herren Hertwig, Bier, Hildebrand, Lesser, Kraus und dem Vortragenden.

Herr Max Wolff berichtet über die Einwirkung von Radium auf Tiere, die vorher tuberkulös infiziert waren; auch hier kann von einem therapeutischen Erfolg nicht die Rede sein. Selbst bei Ausdehnung der Bestrahlung von Lymphdrüsen auf 90 Tage blieb der pathologische Typus der bestrahlten Drüsen unverändert. Gleicherweise war die Radiumbestrahlung von tuberkulös infizierten Augen von Kaninchen wirkungslos. Der Einwand, daß die  $\alpha$ -Strahlen durch die dünne, abschließende Glimmerplatte der Kapsel zurückgehalten werden, ist nicht stichhaltig. Bei der Bestrahlung von epitheliale Karzinom mit solchen Kapseln werden Heilungen erzielt: die durchlässigen  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen sind die Zerstörer des pathologischen Gewebes.

Herr Eckert berichtet über die Erfahrungen, die in der Kinderklinik der Charité mit der Emanationstherapie gesammelt wurden. Bei der chronischen Arthritis wurde auch in schweren Fällen ein sehr gutes Resultat

erzielt. Nicht eindeutig waren die Resultate bei tuberkulösen Gelenkaffektionen und akutem Gelenkrheumatismus.

Herr Kerb (a. G.) hat die Versuche über die Löslichkeitsverhältnisse des Mononatriumsalzes gemeinsam mit Lazarus durchgeführt. Er weist die Kritik von Maase zurück und betont, daß in seinen Versuchen bisher noch in keiner Weise ein Einfluß des Radiums D auf die Löslichkeit des harnsauren Natriums festgestellt werden konnte. Demnach besteht eine chemische Analogie zu der von Bickel erkannten biologischen Unwirksamkeit des Radiums D. Die bestehenden Differenzen sollen in weiteren, gemeinsam mit Gudzent durchzuführenden Versuchen geklärt werden.

Herr Saubermann (a. G.) versucht die gegen ihn von His erhobene Anschuldigung zu entkräften und leugnet zuerst, die vorgelegte Broschüre herausgegeben zu haben. Auf eine weitere Frage des Präsidenten gibt er aber zu, die Broschüre im Auftrage einer Radiumindustriegesellschaft verfaßt zu haben.

Herr J. Pick glaubt, daß die Industrie auf die wissenschaftliche Erforschung der Radiumfrage einen zu großen Einfluß ausübt. Redner vergleicht einen jüngst erschienenen Grundriß der Radiumtherapie mit einer an die Ärzte gratis zugesandten Reklamebroschüre und charakterisiert sie als von zwei verschiedenen Radiumfirmen ausgehende Anpreisungen. Die therapeutischen Emanationsdosen sind zu klein.

Herr His protestiert gegen den von Pick gezogenen Vergleich zwischen einem ernsthaft ausgearbeiteten wissenschaftlichen Werk und dem Reklameprospekt einer industriellen Unternehmung, deren Tendenzen in der vorigen Sitzung genügend charakterisiert sind.

Herr Lazarus (Schlußwort). Vortragender hält in sehr ausführlichen Darlegungen an der Richtigkeit seiner im Vortrag geäußerten Anschauungen fest. In der Kritik der Anreicherungshypothese stützt er sich auf eine Arbeit von Strassburger, dessen Befunde mit seinen übereinstimmen. Weiterhin wendet er sich gegen Loewenthal, der in einer naturwissenschaftlichen Rundschau die Indikationen für eine Emanationsbehandlung zu weit gezogen und die Emanation als Ersatz für Badekuren empfohlen hat. Redner legt eine Broschüre einer Radiumindustriegesellschaft vor, in der die Emanation gegen alle nur möglichen Erkrankungen empfohlen wird, und kritisiert die Grundlagen der Emanatoriumbehandlung unter Hinweis auf die Äußerungen anderer Forscher, zum Teil privater Natur.

Herr Gudzent tritt in einer persönlichen Bemerkung den Angriffen von Lazarus entgegen.

Herr Markwald bestreitet, die Richtigkeit der Befunde von Lazarus bestätigt zu haben, und betont, daß die Emanation im Blut bei der Behandlung im Emanatorium sich tatsächlich anreichert.

Herr Lazarus erklärt die Angaben von Markwald für unrichtig.

---



## Verschiedenes.

Am 1. April d. J. wird das durch die Bemühungen von Herrn Geh. Medizinalrat Professor Dr. His, Direktor der I. med. Universitätsklinik, am Luisenplatz Nr. 6 zu Berlin eingerichtete Radiuminstitut für biologisch-therapeutische Forschung seinem Zweck übergeben werden.

Mit Genehmigung des Ministers wird es den Titel: „Radiuminstitut der Kgl. Charité für biologisch-therapeutische Forschung“ führen.

Der Zweck des Instituts ist die Erforschung der biologisch-therapeutischen Wirkungen radioaktiver Stoffe, wie Radium, Mesothorium, Radiothorium u. a., und deren Zerfallsprodukte. Es besitzt Laboratorien für chemische, pflanzenphysiologische und Tierversuche, ferner eine vollständige Ausrüstung für physikalische Messungen. Im ganzen sind etwa 15 Arbeitsplätze vorhanden. Das Institut ist mit einer Poliklinik verbunden, in welcher Internisten, Chirurgen, Dermatologen und Vertreter anderer interessierter Spezialfächer Gelegenheit finden, Kranke mit den zur Verfügung stehenden Bestrahlungsapparaten verschiedener Stärke und Form, Emanatorien für Inhalation im geschlossenen Raum, Trinkapparate u. a. zu behandeln.

Das Institut bezweckt nicht, die Studien über radioaktive Substanzen zu monopolisieren, es will vielmehr ein Zentrum sein, in welchem reichliches Material, Anleitung zum Gebrauch desselben, ferner Ausführung von Messungen usw. geboten und der Austausch von Erfahrungen und Gedanken erleichtert werden soll.

Das Institut ist fundiert durch eine zunächst auf drei Jahre bewilligte Spende der Kaiser-Wilhelms-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, sowie durch Subventionen einiger industrieller Firmen.

Die Leitung untersteht Herrn Geheimrat Prof. Dr. His, sein Vertreter ist Herr Dr. Gudzent. Ihm zur Seite steht ein Kuratorium, zu dem die Herren Kraus, Orth, Lesser, Hildebrandt, Bier, Zuntz, Hertwig, Marekwald und Hahn ihre Teilnahme zugesichert haben.

Als dauernder physikalisch-chemischer Mitarbeiter ist Herr Dr. Neumann gewonnen worden.

Die Einweihung des Instituts soll wegen der Universitätsferien erst bei Beginn des Sommersemesters erfolgen.

---

Bei Mount Poynter im Norden von Südaustralien sollen ganz bedeutende Lager von Radiumerz (Uranophan, ein wasserhaltiges Kalkuranosilikat) entdeckt worden sein.

---

Im Porphyrgestein des Urquellenschachtes des Stadtbades in Teplitz, dessen stark radioaktive Therme bisher täglich 24--26 000 Hektoliter gab, wurde Ende Februar eine neue 46° warme Quelle von großer Mächtigkeit entdeckt.

---

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1912

Heft 10

## Zur Radioaktivität der Mineralquellen.

Von C. Engler und H. Sieveking.

### Einleitung.

Die Untersuchung der Quellwasser auf ihren Gehalt an radioaktiver Emanation ist aufs engste verknüpft mit den grundlegenden Untersuchungen der Herren Elster und Geitel<sup>1)</sup> über die Leitfähigkeit der atmosphärischen Luft. Die Ergebnisse der diesbezüglichen Arbeiten sind im wesentlichen folgende: Die atmosphärische Luft zeigt stets ein durch den Gehalt an Ionen bedingtes Leitvermögen; Quelle der Ionisierung ist eine radioaktive Emanation; dieselbe ist qualitativ und quantitativ nachzuweisen durch die von ihr hervorgerufene induzierte Aktivität, die auf einem negativ geladenen Draht angereichert werden kann. Auf die übliche Weise im Bereich der Atmosphäre aktivierte Drähte zeigen eine induzierte Aktivität vom Radiumtypus; abgeschlossene Räume, speziell Kellerräume und natürliche Hohlräume, zeigen eine erhöhte Leitfähigkeit infolge Anreicherung der Emanation. Die Wiederholung der Versuche von Elster und Geitel an den verschiedensten Orten ergab den Beweis für die große, man kann sagen universelle Verbreitung der Radiumemanation. Nicht nur auf dem festen Lande<sup>2)</sup> ist überall radioaktive Induktion zu erzielen, sondern auch auf der See<sup>3)</sup>, ja sogar im Freiballon<sup>4)</sup> in mehr als 1000 m Höhe sind die Aktivierungen mit Erfolg gelungen. Auf Grund all dieser Untersuchungen ist die herrschende Annahme die, daß die radioaktiven Emanationen aus dem Erdinnern, speziell bei abnehmendem äußeren Barometerdruck hervordringen. Sie

<sup>1)</sup> J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschr., 1900, 1, S. 11, und 1901, 2, S. 116, 560, 590.

<sup>2)</sup> A. Gockel, Phys. Zeitschr., 1903, 4, S. 609.

M. Ebert, Phys. Zeitschr., 1903, 4, S. 93.

<sup>3)</sup> Eve, Phil. Mag., 1909, 18, S. 102.

Knoche, Phys. Zeitschr., 1909, 10, S. 157, und 1912, 13, S. 112, 152.

H. Sieveking, Phys. Zeitschr., 1909, 10, S. 398.

C. Runge, Gött. Nachr., 1907, Nr. 163.

Pacini, N. Cim., 1908, 15, S. 24.

Joly, Phil. Mag., 1908, S. 385.

<sup>4)</sup> Flemming, Phys. Zeitschr., 1908, 9, S. 801.

spielen eine wichtige Rolle bei der Erklärung des elektrischen Feldes der Erde und sind infolgedessen für den Meteorologen von hervorragendem Interesse.

Der Gehalt des Meerwassers an Emanation ist sehr gering, und man ist daher zu der Annahme gezwungen, daß die über dem Wasser auf hoher See auftretende Emanation in erster Linie vom Kontinent verweht ist. Auf dem Festlande selbst ist der Gehalt an Emanation sehr großen lokalen Verschiedenheiten unterworfen, ebenso die durch Thorium hervorgerufene Begleitaktivität, die auf hoher See fast verschwindend klein ist.

Die verwitterten Gesteine sind die Träger der Radioaktivität. Die bei ihrem Zerfall entstehende Emanation kann noch auf einem zweiten indirekten Wege an die Erdoberfläche gelangen; sie wird durch Wässer, die aus dem Boden stammen, mit heraufgeführt. Bis zu einem gewissen Grade lösen die heißen Wässer, vielleicht begünstigt durch hohen Druck und Temperatur, auch geringe Mengen der aktiven Primärschubstanz, die dann aber beim Austritt des Wassers fast immer so gut wie ganz wieder ausgeschieden wird und in den sogenannten Quellsedimenten sich wiederfindet. Nach Untersuchungen, die auf Veranlassung von Engler hierüber ausgeführt sind, fällt das Radium aus den Thermalquellen von Baden-Baden mit dem Manganperoxyd, nach neueren Untersuchungen von Ebler und Fellner<sup>1)</sup> wird es insbesondere auch durch kolloidale Kieselsäure niedergeschlagen.

Herr Corsi hat in seiner auf Veranlassung von C. Engler ausgeführten Diplomarbeit gezeigt, daß sich fast die gesamte Aktivität einer barium- und radiumhaltigen Flüssigkeit, wenn man aus der manganhaltigen, alkalisch gemachten Lösung durch Einpressen von Luft Manganperoxyd ausfällt, im Niederschlag vorfindet. Ebenso kann man das eventuell allein und nur in geringer Menge gelöste Radium durch künstlichen Zusatz von Barium und Schwefelsäure leichter zum Ausfallen bringen. Ähnliche Verhältnisse liegen, wie zum Vergleich angegeben sein mag, bei der durch Tonerde bewirkten Ausfällung von Spuren von Eisen und in vielen anderen Fällen vor. Deshalb dürfte wohl jeder durch Oxydation, Kohlensäureverlust oder auf andere Weise bedingte, am Quellaustritt gebildete Quellabsatz die Mitausfällung gelöster kleiner Mengen Radium herbeiführen.

---

<sup>1)</sup> E. Ebler und M. Fellner, Zeitschr. f. anorg. Chemie, 1911, 71, S. 233.

Damit ist aber nichts gegen die Richtigkeit der Annahme bewiesen, daß gelöstes Radium aus manganhaltigem, kalk-alkalischem Quellwasser beim Hinzutreten von Luft, also am Quellausfluß, mit dem durch Oxydation gebildeten Mangansuperoxyd ausgefällt wird. Es gibt aber selbstverständlich auch dunkle mangansuperoxydhaltige Quellschlamm ohne Radiumgehalt, so wie es auch stark radioaktive helle Quellschlamm gibt, z. B. der Schlamm der Freibadquelle, in welchem das Radium hauptsächlich mit dem darin reichlich vorhandenen Bariumsulfat ausgefallen sein dürfte. In anderen Fällen kann das Radium durch kolloidale Kieselsäure niedergeschlagen sein. Herr Knett in Karlsbad hatte die Güte, uns Schwerspaten zu zeigen und zu überlassen, die sich in den Felsenschluchten, durch die das Wasser unter starkem Druck emporgetrieben wird, abgesetzt hatten und sehr stark aktiv waren und es noch sind. Mit dem Austritt der stark aktiven Quellen von Gastein ist bekanntlich die Bildung des mangansuperoxydreichen radioaktiven Minerals Reissacherit verbunden.

Unsere erste Vermutung, daß die Radioaktivität der ausgeschiedenen Quellsedimente auch ziffernmäßig mit dem Mangan-gehalt wachse, weil häufig gerade dunkle Quellschlamm sich stark radioaktiv erwiesen, ließ sich freilich nicht als endgültig richtig erweisen, denn die Aktivität des Schlammes der Büttquelle und Kühlquelle z. B. in Baden-Baden mit 17,64 bzw. 41,73% Mangansuperoxydgehalt entspricht, worauf wir schon in einer früheren Arbeit hingewiesen haben, nicht diesem hohen Gehalt, verglichen mit den stärkeren Sedimenten anderer dortiger Quellen.

### Apparate.

Die ersten umfangreichen Arbeiten über die Radioaktivität von Quellsedimenten veröffentlichten Elster und Geitel<sup>1)</sup>. Ausgehend von der Aktivität des Fango, einem Schlamm aus einer Sprudeltherme in Battaglia, auf dessen Untersuchung sie durch eine systematische Prüfung von Tonarten gekommen waren, fanden sie, daß speziell die Schlammprodukte heißer Quellen eine teilweise beträchtliche Aktivität aufwiesen. Besonders waren es die Sedimente von Baden-Baden, Nauheim und Kreuznach, die von ihnen untersucht wurden.

<sup>1)</sup> J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschr., 1905, 5, 11, S. 321.

Wenn sie sich auch mit der Prüfung der Quellwasser auf Emanationsgehalt nicht direkt beschäftigt haben, so haben sie doch durch diese Untersuchungen und durch die oben angeführten den Anstoß dazu gegeben, die Quellwasser zu untersuchen und gleichzeitig das dazu nötige Instrumentarium angeben.

Der wesentlichste Bestandteil der zu solchen Untersuchungen erforderlichen Apparatur ist das von Elster und Geitel umgeformte Exnersche Elektroskop, dessen Isolation, aus Bernstein gefertigt, ins Innere des Gehäuses verlegt wurde. Erst dadurch war es möglich, den Betrag des Elektrizitätsverlustes über die Stützen des geladenen Systems so weit herabzusetzen, daß er gegen die zu prüfende Luftleitung vernachlässigt werden kann. Gelingt es doch, Elektroskope herzustellen, die noch nicht einmal 1 Volt pro Stunde an Spannung verlieren bei einer Anfangsspannung von 200 Volt.

Aktive Gesteine und aktive Gase untersuchten Elster und Geitel mittels des in ihrer zuletzt angeführten Arbeit beschriebenen Apparates, der jetzt allgemein bekannt ist unter dem Namen der Elster und Geitelschen Glocke. Da im Verlauf der folgenden Mitteilungen noch öfters auf diese Form zurückzukommen sein wird, so möge dieselbe hier ganz kurz skizziert werden.

Auf einem Eisenteller ist ein zentraler Zapfen angebracht, der ein Elektroskop trägt; das Elektroskop trägt nach oben einen Zerstreungskörper aus geschwärztem Messing. Eine Glocke von ca. 10 Liter Inhalt mit abgeschliffenem Rande wird luftdicht schließend auf den Teller aufgesetzt. Ablesung erfolgt durch zwei Fenster, Ladung durch einen beweglichen Stift. Die zu untersuchende Substanz wird in zwei Schalen von Halbkreisform auf den Boden getan, zwei Hähne vermitteln Ab- und Zufuhr von Gasen, die auf Emanation geprüft werden sollen, oder dienen zum Absaugen angereicherter Emanation.

Dieser Apparat ist grundlegend geworden für fast alle Meßapparate der radioaktiven Untersuchungen.

Mit dieser Apparatur hat F. Himstedt<sup>1)</sup> nachgewiesen, daß sich im Leitungswasser radioaktive Emanation befindet, ein Ergebnis, das zu gleicher Zeit unabhängig von J. J. Thomson gefunden wurde. Im Anschluß hieran hat Himstedt dann gezeigt, daß Quellen des Höllentals, des Kaiserstuhls, von Baden-Baden,

---

<sup>1)</sup> F. Himstedt, Ann. d. Phys., 1903, 12, S. 107, und 1904, 13, S. 573.

Wildbad, Fachingen u. a. aktive Emanation mit sich führen, welche dem Daltonschen Gesetz gehorcht und den gleichen Kondensationspunkt wie Radiumemanation besitzt.

P. Curie und Laborde<sup>1)</sup> haben zu gleicher Zeit eine Untersuchung über die Radioaktivität der Mineralquellen veröffentlicht, in der zum erstenmal aus der Größe des Sättigungsstromes in dem von ihnen als Ionisierungskammer benutzten Zylinderkondensators der Betrag der Emanation auf ein bestimmtes Quantum Radiumsalz zurückgeführt wird. Sie beschreiben in der gleichen Arbeit ein Verfahren zum Sammeln der Quellgase und zum Austreiben der Emanation aus den Quellwassern und Sedimenten durch Auskochen bzw. Ausglühen.

Der Gedanke, die neu entdeckte Radioaktivität möge in Zusammenhang mit der bewährten Heilkraft stehen, ist im Anschluß an diese Untersuchungen von Himstedt<sup>2)</sup> angeregt worden, zugleich mit der Idee eines inneren Zusammenhanges zwischen Erdtemperatur und Radiumgehalt. Zu gleicher Zeit hat H. S. Allen<sup>3)</sup> auf Grund eigener und der Untersuchungen von Thomson über die Quellen von Bath und das Leitungswasser von Cambridge die Vermutung ausgesprochen, die bewährte Heilkraft des Quellwassers sei der Emanation zu danken.

Nachdem einmal die Tatsache feststand, daß fast alle Quellen einen Gehalt an Radiumemanation aufweisen — und diese Erkenntnis brach sich sehr bald Bahn —, ist es kein Wunder, daß die Literatur über diesen Gegenstand rapide anwuchs, so daß v. d. Borne<sup>4)</sup> schon 1905 in einem Referat für das „Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik“ über die Radioaktivität von Mineralien, Gesteinen und Quellen auf eine Wiedergabe aller bis dahin bekannt gewordenen aktiven Quellen verzichtet.

Eine solche Wiedergabe ist natürlich auch heute ein schwieriges Beginnen und würde die darauf zu verwendende Mühe kaum lohnen. Eine Zusammenstellung, die sich auf die natürlichen Heilquellen des deutschen Sprachgebietes beschränkt, hat E. Sommer<sup>5)</sup>

---

<sup>1)</sup> P. Curie und A. Laborde, C. R., 1907, 138, S. 1150.

A. Laborde, Le Radium, 1904, 1, S. 1.

<sup>2)</sup> F. Himstedt, Phys. Zeitschr., 1904, 5, S. 213.

<sup>3)</sup> H. S. Allen, Nature, 1903, 68, Augustheft, S. 343, bestätigt durch Strutt (Proceed. Royal Soc., 73, S. 191).

<sup>4)</sup> v. d. Borne, Jahrb. d. Rad. u. Elektron., 1905, 77.

<sup>5)</sup> E. Sommer, Verl. d. Ärztl. Rundschau, München.

vor kurzem erscheinen lassen. In dieser mühevollen Arbeit hat er nicht weniger als 461 Quellen zusammengestellt mit Angabe der Radioaktivität und Angabe spezieller Eigenschaften, wie chemischer Charakter, Benutzungsdauer! Es ist dies ein verdienstvolles Werk, das dem Arzte gewiß manchen wertvollen und leicht ersichtlichen Fingerzeig gewährt.

Untersuchungen radioaktiver Quellen liegen ferner in großer Zahl vor aus Rußland <sup>1)</sup>, Serbien <sup>2)</sup>, Amerika <sup>3)</sup>, Japan <sup>4)</sup>, Italien <sup>5)</sup>, Portugal <sup>6)</sup>, Frankreich <sup>7)</sup>, Spanien <sup>8)</sup> und England <sup>9)</sup>. Da sogar die Zahl der Quellen im Zunehmen ist, so wird man begreifen, daß eine erschöpfende Zusammenstellung aller bekanntgegebenen Werte eine äußerst mühevolle und kaum dankbare Arbeit sein wird; nur wenige Belege seien unten angeführt (1—9). Zudem lassen sich die Resultate nicht ohne weiteres miteinander vergleichen. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß einerseits die Meßmethoden sehr verschieden sind, andererseits bei ähnlichen Anordnungen wegen der verschiedenen Größenverhältnisse der Apparate sich nicht ohne weiteres vergleichbare Zahlen ergeben. Wir wollen im folgenden kurz die Methoden der Bestimmung und die für die Angabe des Resultats vorgeschlagenen Einheiten besprechen.

Wie schon gesagt, ist der grundlegende Apparat zur Bestimmung der Quellenemanation die Elster und Geitel'sche Glocke, d. h. eine Ionisierungskammer von bekanntem Volumen und passender Größe. Die Emanation wird aus dem Wasser durch einen Luftstrom ausgetrieben, der im Zirkulationswege die Glocke passiert; so stellt sich dann ein Gleichgewicht her zwischen Luft und Emanation und, da die Volumina der übrigen Teile klein sind gegen das Volumen der Glocke, so liefert die Leitfähigkeit der Luft unter der Glocke nach Ablauf einer bestimmten Zeit einen Wert für den Emanationsgehalt.

---

<sup>1)</sup> J. Borgmann, Russ. Ph. Ch. Ges., 1905. 37, S. 63.

<sup>2)</sup> M. T. Cecco, Belgrad 1910.

<sup>3)</sup> Schlundt u. Moore, Washington 1909, Boltwood.

<sup>4)</sup> Isitani u. Manabe, Tokio 1910.

<sup>5)</sup> Vicentini, Alpage, Magri, Gilsel, Levi da Zara, Nasini u. Levi.

<sup>6)</sup> O. Pinto, C. R. Congr. Int. Radiol., Brüssel 1910, 79.

<sup>7)</sup> Curie u. Laborde, a. v. O. Mouren, Cepape.

<sup>8)</sup> M. de Castillo, Ann. Soc. de Phys. et Chimie, 1907.

<sup>9)</sup> H. S. Allen, J. J. Thomsen, Sasserly u. a.

Henrich<sup>1)</sup> hat vorgeschlagen, die Emanation durch Auskochen des Wassers zu vertreiben, bei welchem Verfahren sich ein etwas höherer Aktivitätsbetrag ergibt. Doch ist diese Methode etwas zeitraubend.

Um so mehr haftet ihr daher ein Mangel an, der ganz allgemein dem Zirkulationsverfahren eigentümlich ist. Auf dem Weg durch die Vorlagen und Verbindungsstücke wird ein Teil der Emanation wieder aufgenommen, ein anderer Teil von den Gummiverbindungen verschluckt. Gummi- und Kontaktstopfen haben eine ausgesprochene Tendenz, die Emanation zu verdichten, was eine nicht unerhebliche Fehlerquelle bedingt.

Ein weiterer Nachteil der Zirkulationsapparate ist die Unhandlichkeit, ferner die Abhängigkeit von einer Betriebskraft für das Gebläse, sei letztere mechanisch oder Wasserkraft.

Diese Überlegungen veranlaßten uns<sup>2)</sup> eine neue Methode zu ersinnen, und führten uns zur Konstruktion des „Fontaktoskops“, eines einfachen und handlichen Apparates zur Bestimmung der Radioaktivität von emanationshaltigen Wässern, der mit geringen Abänderungen auch zur Messung fester und gasförmiger Produkte dienen konnte. Neu an dem Verfahren sind im wesentlichen zwei Punkte:

1. Die Emanation wird durch Schütteln mit Luft aus dem Wasser ausgetrieben. Die Schüttelkanne dient als Ionisierungskammer und ist in ihren Dimensionen der Elster-Geitel-Glocke angepaßt.

2. Bei der eigentlichen Messung des Spannungsabfalles ist die Kanne offen, d. h. der Zuleitungsstift zum Elektroskop geht durch einen Schlitz. Hierdurch ist die denkbar beste Isolation gewährleistet, ohne daß ein erheblicher Nachteil damit verbunden ist.

Eine eingehende Beschreibung des Apparates dürfte sich erübrigen, da derselbe bereits mehrfach ausführlich beschrieben ist und im Handel eine große Verbreitung erfahren hat.

Es liegt uns aber daran, auf die Frage einzugehen, ob und wie weit die nachträglich angebrachten Verbesserungen es angebracht erscheinen lassen, von der alten bequemen Konstruktion abzugehen.

Wir selber haben vergleichende Versuche zwischen der Zir-

<sup>1)</sup> F. Henrich, Wien. Ak. Ber., 1904. 63.

<sup>2)</sup> C. Engler u. H. Sieveking, Zeitschr. f. Elektroch., 1905, 11, S. 714. Arch. de Genève, 1905, 20, S. 159. Zeitschr. f. anorg. Ch., 1907, 53, S. 1.



kulier- und Schüttelmethode angestellt mit dem Ergebnis, daß die Resultate der letzteren eine genügende Genauigkeit liefern.

Der Vorschlag von Mache und Meyer<sup>1)</sup>, den Zerstreuungskörper nicht erst nach erfolgtem Schütteln einzuführen, ist theoretisch wohl begründet, es sind damit aber praktische Nachteile verknüpft, wie auch Henrich<sup>2)</sup> in einer kürzlich erschienenen Arbeit hervorhebt. Aus den von ihm angestellten Parallelversuchen ergibt sich, daß die Messungsergebnisse beider Apparate recht gut übereinstimmen. Da das Fontaktoskop billiger und handlicher ist als das Fontaktometer und außerdem einen geringeren Normalverlust hat, so kommt Henrich zu dem Ergebnis, dem ersteren entschieden den Vorzug zu geben. Isitani und Manabe<sup>3)</sup> haben in Japan Quelluntersuchungen mit dem Fontaktoskop ausgeführt und unterziehen dasselbe einer sehr eingehenden theoretischen Betrachtung. Sie berechnen den Einfluß des Drucks, der Temperatur und der Diffusion. Das Ergebnis ist, daß die Diffusion einen nicht unbedeutenden Einfluß auf das Abklingen der Aktivität in einem nicht geschlossenen Raum hat. Bei raschem Arbeiten sind die Fehler indes sehr gering.

Ein Abänderungsvorschlag von Löwenthal, bei dem die Kanne nur zwei Liter faßt und der Zertrennungsstift kleiner ist, ist nicht ganz unbedenklich. Zwar ist der Apparat sehr handlich, aber die Werte fallen, wie auch Henrich angibt, zu klein aus. Außerdem ist es nicht ratsam, der Handlichkeit wegen sich zu weit von den Maßen der Elster-Geitel-Glocke zu entfernen. Um den Anschluß an frühere Arbeiten herzustellen, ist eben die Schüttelkanne des Fontaktoskops so groß gewählt.

Unabhängig von uns hat H. W. Schmidt<sup>4)</sup> die Schüttelmethode<sup>5)</sup> angewandt. Bei ihm ist aber das Ionisierungsgefäß nicht identisch mit der Schüttelkanne. Die Luft wird nachher durch ein Handgebläse hinübergedrückt. Die Ablesung erfolgt mittels Mikroskops; gemessen wird die Geschwindigkeit, mit der ein Blättchen

<sup>1)</sup> N. Mache u. St. Meyer, Zeitschr. f. Instr.-Kunde, 1909, 29, S. 65.

<sup>2)</sup> F. Henrich, Zeitschr. f. angew. Ch., 1912, 25, S. 16.

<sup>3)</sup> Isitani u. Manabe, Tokyo Math. Phys. Soc., 1910, 5, S. 5.

<sup>4)</sup> H. W. Schmidt, Ph. Zeitschr., 1905, 6, S. 561.

<sup>5)</sup> Schon vor unseren Publikationen (s. u. 20) ist das Prinzip der Schüttelmethode durch C. Engler in der Sitzung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft (Juni 1905) zum ersten Male bekannt gegeben und an einem Apparat demonstriert worden. Die Publikation von Schmidt liegt zeitlich zwischen dem Vortrag und dem Druck desselben.

durch das Gesichtsfeld des Okularmikrometers passiert. Bei diesem Verfahren tritt wieder der Nachteil auf, daß beim Transport der emanationshaltigen Luft ein Verlust in den Leitungen, speziell in dem Gebläse, auftritt. Im übrigen ist der Apparat handlich und genau. Es liegt freilich die Gefahr vor, daß bei längerem Gebrauch die Isolation leidet, da das Eindringen von Feuchtigkeit in die Ionisierungskammer nicht vermieden werden kann.

Kürzlich hat A. Becker<sup>1)</sup> einen neuen Apparat beschrieben, das Emanometer; auch bei diesem sind Schüttel- und Ionisierungskammer getrennt. Das Gas wird aus der einen nach dem Gasometerprinzip in die andere hinübergetrieben. Besonderer Wert wird auf die Vermeidung der Fehler durch induzierte Aktivität gelegt. Der Apparat liefert Werte, die von den Resultaten des Fontaktoskops nicht erheblich abweichen. Statt des Blattelektrometers dient ein Quarzfaden-Elektrometer, das ohne Zweifel große Vorzüge hat, aber auch teurer und diffiziler ist als ersteres.

Zum Schluß der Übersicht über alle diese dem gleichen Zweck dienenden Meßinstrumente sei noch der von v. Weszelsky<sup>2)</sup> beschriebene Apparat zitiert, der eine Kombination des Elster und Geitelschen Apparates mit unserem Fontaktoskop darstellt. Man kann ihn infolgedessen sowohl zur Zirkulier- als zur Schüttelmethode verwenden.

---

<sup>1)</sup> A. Becker, C. R. Congr. Int. Radiol., Brüssel 1910, S. 536. Elektrotechnische Zeitschr., 1910, 40.

<sup>2)</sup> J. v. Weszelsky, C. R. Congr. Int. Radiol., Brüssel 1910, S. 684.

(Fortsetzung folgt.)

---

Aus dem stadt. chemisch-physiologischen Institut zu Frankfurt a. M.  
(Direktor: Professor Dr. Embden.)

## **Über die Einwirkung von Radiumemanation auf die Funktion lebensfrischer Zellen.**

Von **Dr. W. Engelmann**, Bad Kreuznach.

Es liegen bisher eine Reihe von Untersuchungen über die biologische Wirkung der Radiumemanation vor, die uns zwar noch keine einwandfreie Erklärung der klinischen Erfolge der Radiumemanationstherapie geben, aber doch eine solche Erklärung für die Zukunft erhoffen lassen.

Am nächsten schien man der Erkenntnis bei der Durchprüfung der Einwirkung der Radiumemanation auf gewisse Körperfermente oder auf Vorgänge im menschlichen bzw. tierischen Organismus gekommen zu sein, bei denen man nach dem heutigen Stande der Wissenschaft enzymatische Kräfte annehmen muß.

Bekannt ist der Einfluß der Radiumemanation im aktivierenden Sinne auf das Pankreatin<sup>1)</sup>, weiter auf das peptische Ferment<sup>2)</sup> und auf das autolytische Ferment<sup>3)</sup>. Bekannt ist ferner und von unmittelbar praktischer Bedeutung die Feststellung, daß Mononatriumurat unter dem Einfluß von Radiumemanation in sehr viel löslichere Körper umgewandelt und dann weiter bis zu Kohlensäure und Ammoniak zersetzt wird<sup>4)</sup>.

Tierversuche und Stoffwechseluntersuchungen am Menschen<sup>5)</sup>, die parallel mit diesen in vitro vorgenommenen Versuchen verliefen, ließen verschiedene Autoren zu dem Schluß kommen, daß Radiumemanation auf das urikolytische Ferment in beförderndem, also aktivierendem Sinne einwirke. Ferner dürfte die Feststellung

<sup>1)</sup> Braunstein und Bergell, Mediz. Klinik, 1905, Nr. 13.

<sup>2)</sup> Bergell und Bickel, Verhandlungen des Congr. für innere Medizin. Wiesbaden 1906.

<sup>3)</sup> Loewenthal und Wohlgemut, Biochemische Zeitschrift, 1909.

<sup>4)</sup> Gudzent, Zeitschrift f. physiolog. Chemie, Bd. 60, S. 38, und Bd. 63, H. 6. Kongreß für innere Medizin, 1910.

<sup>5)</sup> Gudzent, Zeitschrift f. klin. Medizin, Bd. 71, H. 5 und 6.

von den Veldens<sup>1)</sup>, daß Radiumemanation die Gerinnungsfähigkeit des Blutes in eklatanter Weise erhöhe, so zu erklären sein, daß die Emanation einen aktivierenden Einfluß auf gewisse dabei wirk-same Fermente ausübt.

Eine ähnliche Einwirkung werden wir annehmen können bei der Beeinflussung der Milchsäuregärung<sup>2)</sup>, in beförderndem Sinne bei geringem Emanationszusatz, in hemmendem bei stärkerem Zusatz. Desgleichen auch bei dem Prozeß der Hefegärung<sup>3)</sup>, wo in genau demselben Sinne ein teils hemmender, teils befördernder Einfluß unter Emanationseinwirkung bei verschiedenen Dosen fest-zustellen war.

v. Noorden und Falta<sup>4)</sup> glaubten einen Zusammenhang zwischen diesen Emanationsvorgängen und ihrer Beobachtung des Verhaltens der weißen Blutkörperchen unter dem Einfluß von Radiumemanation konstruieren zu können. Sie fanden nach Ema-nationsbehandlung beim Menschen einen Anstieg der Zahl der weißen Blutkörperchen und dann einen vermehrten Zerfall. Da die Leukozyten als Sitz der Fermente angenommen würden, so sei da ein Zusammenhang möglich, wenn tatsächlich die Aktivierung der Fermente als ein wesentlicher Effekt der Radiumemanation anzu-sehen sei.

Der Frage, ob gewisse chemische Bestandteile des Organismus „radiolabil“<sup>5)</sup> seien, d. h. in ihrem molekularen Bau durch vom Radium ausgesandte Strahlenarten sehr leicht erschüttert werden könnten, suchte Loewenthal<sup>6)</sup> durch Untersuchungen am Le-zithin nachzugehen. Wie wir wissen, mit negativem Erfolge.

Ich habe nun die Einwirkung der Radiumemanation auf einen Vorgang untersucht, der, wie es scheint, im besonders hohen Maße an die Vitalität der Zellen gebunden ist, die zuerst von Embden und Michaud<sup>7)</sup> beobachtete Zerstörung von Azetessigsäure durch lebensfrischen Leberbrei, welche von Friedmann und Maase<sup>8)</sup>,

<sup>1)</sup> v. d. Velden, Verhandl. des Kongr. f. innere Medizin, Wiesbaden 1911, und Loewenthal, Grundriß der Radiumtherapie, S. 60. Verlag Bergmann, 1912.

<sup>2)</sup> Richet, Biochemische Zeitschrift, 1907.

<sup>3)</sup> Fürstenberg und Höstermann, Medizin. Klinik, 1911, Nr. 21, und Caspary, Verhandl. der balneolog. Gesellschaft, 1911.

<sup>4)</sup> v. Noorden und Falta, Medizin. Klinik, 1911, Nr. 39.

<sup>5)</sup> Loewenthal, Grundriß der Radiumtherapie, S. 53.

<sup>6)</sup> Loewenthal, Ibidem.

<sup>7)</sup> Embden und Michaud, Beiträge zur chem. Physiologie u. Pathologie, 1908, Bd. 11, S. 332.

<sup>8)</sup> Friedmann und Maase.

wenigstens zum Teile, durch Reduktion zu  $\beta$ -Oxybuttersäure erklärt wurde. Das Verschwinden der Azetessigsäure findet nur statt, wenn der Organbrei unmittelbar nach dem Tode des Tieres untersucht wird, bleibt dagegen fast vollständig oder völlig aus, wenn das zerkleinerte Organ vor dem Azetessigsäurezusatz nur 30 bis 60 Minuten auf Körpertemperatur erwärmt war (Embden und Michaud). Es erschien mir von vornherein nicht aussichtslos, gerade eine so außerordentlich labile vitale Funktion zu prüfen, in ähnlichem Sinne, wie Loewenthal die Einwirkung der Radiumemanation an einer chemisch so labilen Substanz wie das Lezithin untersucht hat.

Besonders vorteilhaft erschien es mir für die Ausführung derartiger Versuche, daß sich die Azetessigsäure mit ganz außerordentlicher Genauigkeit quantitativ bestimmen läßt, so daß auch recht geringe Abweichungen in der Menge der verschwundenen Azetessigsäure der Untersuchung nicht entgehen konnten.

Die Versuche wurden in ganz ähnlicher Weise wie diejenigen von Embden und Michaud angestellt. Als Organbrei verwendete ich ausschließlich möglichst lebensfrischen Leberbrei vom Hunde. Gleiche, möglichst rasch abgewogene Mengen Leberbrei wurden mit dem ihrem Gewicht entsprechenden Volumen physiologischer Kochsalzlösung versetzt. Die Kochsalzlösung war in einem Teil der Einzelversuche emanationsfrei, in einem Teil in verschiedenem Grade emanationshaltig<sup>1)</sup>. Jedem Gefäß mit Leberbrei wurde die gleiche Menge einer Lösung von azetessigsäurem Natron<sup>2)</sup> hinzugefügt, und zwar erst, nachdem das Gefäß mit Leberbrei fünf Minuten im Wasserbade von 40° C belassen war, um der Emanation Zeit zur Einwirkung auf die Zellen zu geben. Die Versuche wurden nach 30—40 Minuten unterbrochen, die Gefäße aus dem Wasserbad gleichzeitig entfernt und der Inhalt der einzelnen Gefäße nach Schenck gefällt. Es wurde das dem Zweifachen des ursprünglichen Leberbreigewichts entsprechende Volumen von 2 prozentiger Salzsäure und 5 prozentiger Sublimatlösung hinzugesetzt, so daß unter Einrechnung der schon vorher zugesetzten

---

<sup>1)</sup> Die emanationshaltige Kochsalzlösung war in der Weise gewonnen, daß jedesmal vor dem Versuche ein Teil der Stammkochsalzlösung mittels eines Neumannschen Aktivators mit Emanation in den verschiedenen gewünschten Stärken beladen wurde.

<sup>2)</sup> Die Lösung war genau in der von Embden und Michaud geschilderten Weise hergestellt.

Kochsalzlösung schließlich der Leberbrei aufs Sechsfache verdünnt war. Nach 10 Minuten wurden diese Lösungen filtriert und immer gleiche Mengen des Filtrats zur Bestimmung des Gesamtazetons nach Messinger-Huppert in der von Embden und Schmitz beschriebenen Weise entnommen. Die gewonnenen Titrationswerte wurden auf Azetessigsäure umgerechnet. Um die durch die Manipulationen eventuell entstehenden Versuchsfehler in bezug auf zeitliche Differenzen des Azetessigsäurezusatzes möglichst auszuschalten, wurden in einigen Versuchen zwei Kontrollproben mit inaktiver Kochsalzlösung angesetzt, in der Weise, daß der Zusatz der Azetessigsäurelösung zum Radiumversuch zeitlich in der Mitte stand. In einigen Fällen wurden auch alle drei Versuchsgläser gleichzeitig von drei Personen mit der Azetessigsäurelösung beschickt, um jegliche Zeitdifferenz auszuschalten. Zugleich wurde jedesmal, um die Azetessigsäuremenge vor der Zerstörung festzustellen, in einem Versuch A die gleiche abgewogene Leberbreimenge mit gewöhnlichem Wasser versetzt, mit der doppelten Menge Salzsäure zerstört und nach Zusatz der Azetessigsäurelösung mit der entsprechenden Menge Sublimat gefällt. Die Bestimmung der Azetessigsäure des Filtrats geschah in der oben geschilderten Weise.

In der Tabelle sind die Versuche zusammengestellt. Die zweite Rubrik enthält die verschiedenen Leberbreimengen, die zur Benutzung kamen, die dritte zeigt die Menge der jedesmal zugesetzten Emanationen. Wir sehen hier recht verschiedene Konzentrationen, da auf 1 ccm des Radiumemanationswassers einmal 10 Macheeinheiten, dann 11, 17, 20, 27, 51 und schließlich sogar die große Menge von 130 Macheeinheiten kommen. Bei Versuch 8 waren im Filtrat, als es zur Azetonbestimmung kam, noch 288 Macheeinheiten nachzuweisen von ca. 1700 zugesetzten Macheeinheiten.

Die Vergleichung der Zahlen, welche die verbrauchten Azetessigsäuremengen angeben, gibt nun zwar bei einzelnen Versuchen Differenzen, doch liegen die Unterschiede nach beiden Richtungen und sind so gering, daß irgend welcher Schluß auf eine Einwirkung der Radiumemanation auf den Vorgang der Azetessigsäurereduktion nicht geschlossen werden kann. Bei den ersten Versuchen waren verhältnismäßig geringe Mengen Azetessigsäure zugesetzt worden; es war also denkbar, daß die, wenn auch geringen Unterschiede von einer gewissen Bedeutung waren. In diesem Falle mußten bei Zusatz von größeren Mengen von Azet-

Nr.	Menge des ver- wandten Leberbreis		Menge der zugesetzten Emanation in Macheinheiten (M.-E.)		Zur Azetessigsäurebestimmung verwandte Filtratmenge in ccm	Gefundene Azetessigsäuremenge vor dem Versuch		Gefundene Azetessigsäuremenge nach dem Versuche		Verbrauchte Azetessigsäuremenge		Verbrauchte Azetessigsäuremenge in % der ursprünglich vorhandenen Azetessigsäuremenge	
	in g	pro ccm	im ganzen	in ccm		Bestg. A	Bestg. B u. B II	Bestg. B II	ohne Zusatz von Radiumemanation	mit Zusatz von Radiumemanation	ohne Zusatz von Radiumemanation	mit Zusatz von Radiumemanation	ohne Zusatz von Radiumemanation
1.	70	20	1400	250	51,0	8,8	11,3	42,2	39,7	82,7	77,8		
2.	100	10	1000	250	48,1	13,3	11,3	34,8	36,8	72,3	76,5		
3.	60	10	600	200	39,8	20,4	18,9	19,4	20,9	48,7	52,5		
4.	150	10	1500	400	35,0	3,9 2,8	2,2	31,1 31,2	32,8	88,8 92	93,7		
5.	60	27	1680	250	388,4	298,5	315,5	89,9	72,9	23,1	18,7		
6.	100	11	1100	45	34,5	29,3	29,3	5,2	5,2	15	15,0		
7.	150	51	7650	200	76,6	58,4 50,0	53,2	18,2 26,6	23,4	23,7 34,7	30,5		
8.	100	17	1700	200	88,2	52,8 55,0	52,7	33,2 35,4	35,5	37,6 40,1	40,2		
9.	60	130	3800	150	164,2	137,0 136,6	136,1	27,6 27,2	28,1	16,7 16,5	17,1		

essigsäure die Ausschläge so erheblich werden, daß sie außerhalb der Fehlergrenzen lagen. Dies ist aber nicht der Fall, wie die Versuche 5—9 zeigen; gerade Versuch 9 ergibt fast ganz gleiche Werte für die emanationshaltigen Mischungen und die Kontrollen. Auch die verschiedenen Variationen von Emanationszusatz ergeben keine Beeinflussung.

Gelang es also nicht, für den speziellen Fall der Azetessigsäurezerstörung eine Einwirkung der Radiumemanation festzustellen, so erscheint es dennoch wünschenswert, auch andere quantitativ verfolgbaren Funktionen überlebender tierischer Zellen unter der Einwirkung von Radiumemanation zu untersuchen. Die von verschiedenen Autoren angestellten Versuche über die Einwirkung des Radiums auf bestimmte chemische Substanzen haben gezeigt, daß die Wirkung der Radiumemanation eine durchaus elektive ist. Mononatriumurat wird relativ leicht, Lezithin nicht in merklicher Weise angegriffen. Ähnlich dürfte es sich möglicherweise auch mit der Beeinflußbarkeit chemischer Vorgänge in lebenden oder lebensfrischen tierischen Zellen verhalten.

## Referate.

### 33. Balneologenkongreß. Berlin 7.—11. März 1912.

#### Radium-Debatte.

Referent: Dr. Alfred Fürstenberg (Berlin), Assistenzarzt am hydrotherapeutischen Institut der Universität.

A. Fürstenberg (Berlin) erstattet ein Referat „über die Fortschritte auf dem Gebiete der Radiumtherapie während des letzten Jahres“. Wenn auch viele Fragen auf diesem Gebiete noch nicht geklärt, über manche Fragen gerade in letzter Zeit Kontroversen entstanden sind, so ist doch vieles wissenschaftlich und praktisch Interessante festgestellt worden. F. erinnert dabei nur an die bedeutungsvollen Arbeiten O. Hertwigs. Es wäre verkehrt, der Radiumbehandlung einen höheren oder niederen Rang einzuräumen als jedem anderen medikamentösen oder physikalischen Heilmittel. Daß das Radium Rheumatikern und Gichtikern in zahlreichen Fällen Besserung bringt, das dürfte nach den vielen Arbeiten aus großen Kliniken wohl außer Zweifel stehen. Vortr. hebt die von ihm beobachtete Besserung der Schlaflosigkeit durch Radiuminhalationskuren hervor, die von mehreren Seiten jetzt bestätigt worden ist. Löwys Untersuchungen über die Beeinflussung der Hirngefäße durch die Emanation lassen diese Besserung des Schlafes physiologisch leicht erklärlich erscheinen. Auch über das Mesothorium berichtet er, mit dem er selbst Versuche angestellt hat.

Herr Kernen (Kreuznach): „Untersuchungen über Radiumwirkung.“ K. hat eine größere Reihe von Blutuntersuchungen an Menschen angestellt, um den Gehalt des Blutes an Radiumemanation bei der Inhalations- und Trinkmethode festzustellen. Während man bisher annahm, daß die Inhalationsmethode wirksamer sei als die Trinkmethode, weil im Radiuminhalatorium eine Anreicherung an Emanation im Blute stattfände, behauptet K., daß dies nicht der Fall ist. Die Radiumemanation ist im Blute nur entsprechend ihrem Absorptionskoeffizienten für Blut enthalten; es ist demnach in einem Liter Blut nur der fünfte Teil der in einem Liter Luft des Inhalatoriums enthaltenen Emanation nachzuweisen, ganz gleichgültig, wie lange die Inhalation dauert. Dagegen ist nach K. die Wirkung der Radiumtrinkmethode der Inhalationsmethode bedeutend überlegen. Bei dieser sind während 2—3 Stunden nach dem Trinken ganz erhebliche Mengen von Emanation im Blute nachweisbar. Zur Klarstellung der einander entgegenstehenden Ansichten von der Anreicherung an Emanation im Blute und von der physikalischen Absorption der Emanation im Blute stellt K. den Antrag, das radiologische Institut in Heidelberg (Geheimrat Lenard) zu bitten, Versuche in dieser Richtung anzustellen und das Resultat derselben an die Balneologische Gesellschaft zu berichten. Der Antrag wird einstimmig angenommen.

Herr Sticker (Berlin): „Die Anwendung des Radiums in der Chirurgie.“ In vielen Fällen gelingt es, kleine Tumoren zum Verschwinden zu



bringen, besonders flache Hautkrebse, Lupus erythematodes, sowie lokal auftretende Rezidive von Krebs in der Operationsnarbe. Nicht ganz so günstig wirkt die Radiumbestrahlung bei inoperablen Schleimhautkrebsen, wohl aber tritt eine Besserung des Allgemeinbefindens auf. Bei allen inoperablen Geschwülsten spielt die Radiumtherapie eine große Rolle.

Herr Paul Lazarus (Berlin): „Radiumemanation und Brunnengeist.“ Die Radiumemanation ist keineswegs der Brunnengeist. Gerade bei den Wildbädern ist es ersichtlich, daß der therapeutische Effekt nicht parallel geht dem Aktivitätsgehalt, daß fast emanationsfreie Thermen ähnliche Wirkungen entfalten können wie stark emanationshaltige. Die Strahlenwirkung im Bade ist nur eine sehr geringe, da die Alphastrahlen bereits von  $\frac{1}{10}$  mm dünnen Wasserschichten absorbiert werden und die von den Zerfallsprodukten herührenden Beta- und Gammastrahlen nur spärlich sein können, da in einer Stunde nur  $\frac{1}{133}$  der Emanation zerfällt und die vom Radium D stammenden Betastrahlen in ähnlicher Weise wie die Alphastrahlen der Absorption im Wasser unterliegen. Die künstlich radioaktiv gemachten Bäder sind viel schwächer als die Radiumbäder z. B. in Kreuznach, Gastein, Landeck, Joachimsthal. Die Behauptung, daß man durch Emanationsbehandlung Badekuren ersetzen kann, ist unzutreffend. Die Grundlagen des 2 Macheeinheiten-Emanatoriums sind unzureichend fundiert. Die dem Radium D zugeschriebene Uratspaltung in  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_3$  ist, wie L. behauptet, unrichtig. Die Wirkungen der internen Radiumkuren sind vielfach überschätzt worden und können sich keineswegs mit denen einer regulären Badekur messen.

Zur Diskussion: Herr Löwenthal (Braunschweig): Daß die Emanationsbestimmung im Urin versagt hat, ist nicht ohne weiteres zuzugeben. Hätte man bei der Nachprüfung die von L. angegebene Methode benutzt, so wären die Nachprüfer stets zu positiven Resultaten gekommen. Auch die Frage der Anreicherung ist nicht entfernt von der Bedeutung für die Bewertung der Trink- oder Inhalationsmethode, wie es nach dem Vorgetragenen den Anschein hat. Votr. ist trotz der gegenteiligen Resultate von anderer Seite persönlich noch immer überzeugt, daß eine Anreicherung im Gudzentsehen Sinne existiert; aber damit ist nicht gesagt, daß mit dem Vorhandensein einer Anreicherung das Emanatorium steht oder fällt. Sowohl die Frage der Ausscheidung wie der Anreicherung betrifft nur eine äußerliche Wirkung der therapeutischen Methodik; über deren zweckmäßige und endgültige Form muß vielmehr der therapeutische Effekt einzig und allein entscheiden. Was das Emanatorium speziell angeht, so ist es mit der Ausrechnung des „Emanationsaufwandes“ eine heikle Sache. L. kann nachweisen, daß die errechneten Zahlen ein ganz unzutreffendes Bild geben. Für das Emanatorium spricht die Exaktheit der Dosierung, die Konstanz der Einwirkung und vor allem der unvergleichlich bessere Erfolg bei Gicht und einigen anderen Störungen. L. hat von Anfang an betont, daß wir in der Radiumemanation nur einen spezifischen Teilfaktor der Quellen gefunden haben, daß die Thoriumemanation wahrscheinlich ebenfalls sich als solcher erweisen wird, und daß uns hoffentlich die Zukunft noch weitere Brunnengeister kennen lehren wird.

Herr Gudzent (Berlin): Die vom Votr. gefundene Anreicherung der Emanation bei der Inhalation im geschlossenen Raum ist bereits am Berliner

Physikalisch-chemischen Institut von Markwald und Bennewitz nachgeprüft und als richtig befunden worden. Auch Kionka hat jetzt mitgeteilt, daß nach seinen experimentellen Versuchen ebenfalls eine Anreicherung im Blute zu erfolgen scheint. Die Strassburgerschen Versuche sind von den seinigen so verschieden, daß daraus keineswegs gefolgert werden darf, die seinigen wären unrichtig. An der Hisschen Klinik werden als Methoden angewandt: Trink-, Inhalations-, Injektions- und Bestrahlungsmethode. Es wird je nach dem Zweck, der beabsichtigt ist, individualisiert. Wirkliche Erfolge bei der Gicht sind nur bei der Behandlung im Emanatorium erzielt worden. Die von G. gefundene Zersetzung des Mononatriumurats ist nicht widerlegt, im Gegenteil durch Nachprüfung von Maase bestätigt worden. Das Verschwinden der Blutharnsäure bei der Inhalationsbehandlung ist von G. Klemperer und Hoffmann (Düsseldorf) ebenfalls bestätigt worden.

Herr Lachmann (Landeck i. Schles.): Der Ausdruck „Emanationsaufwand“ gibt zu Fehlschlüssen Anlaß, da der gleiche „Aufwand“ bei der Inhalation sich auf viele Patienten verteilt, der die Trinkdosis für einen einzigen Kranken darstellt. Die Auffassung, daß es gleichgültig ist, ob in emanationsfreie oder emanationshaltige Luft ausgeatmet wird, steht in Widerspruch mit physikalischen Gesetzen. Für die Kurorte bedeutet die Bewegung zugunsten der Emanation einen großen Aufschwung. So hat in Landeck seit der Entdeckung des hohen Emanationsgehaltes seiner Quellen die Frequenz um 37% zugenommen. Das ist die Folge der neuen Indikationen: Gicht und Rheumatismus.

Herr Glaessgen II (Münster a. Stein): Am besten beeinflußt vom Emanatorium (4—7 Macheeinheiten, durch Zulauf der Quellgase pro Liter ca. 68 Macheeinheiten, Schüttung bis zu 1400 l in der Stunde) werden nur Gicht und entzündliche Prozesse jeder Art. Bei Rheumatismus, Ischias, Myalgien wirken die natürlichen Radiumbäder (Emanation kommt mit dem Quellwasser in Gasbläschenform auf natürlichem Wege hinein) bedeutend mehr. Der Blutdruck wird nach jedem Bade 15—20 mm Quecksilber RR. geringer und bleibt bei wochenlanger Kontrolle nach ca. 20 Bädern auf diesem Stande. Die Emanationstrinkkur konnte in keinem Falle von Gicht die Inhalationstherapie auch nur annähernd ersetzen. Es hat sich erwiesen, daß der Erfolg bei Gicht, der sonst erst nach 1—2—3jähriger Kur eintrat, jetzt durch die Emanationstherapie in 5—6wöchiger Kur zu erreichen ist.

Herr Hirsch (Salzschlirf): Es ist zu verwerfen, daß der Wert der Kurorte nur nach ihrem Radiumgehalt beurteilt wird.

Herr Krieg (Baden-Baden): Mit Veröffentlichung von therapeutischen Resultaten sollte man nicht voreilig sein, sondern erst eine Zeitlang warten.

Herr Laqueur (Berlin): Bei zu hohen Radiumdosen am Anfang erzielt man zu starke Reaktionen.

Herr Determann (St. Blasien): Die schlafbefördernde Wirkung des Radiums hat er nicht gefunden. Vortr. will die Indikation der Radiumtherapie überhaupt wesentlich einschränken.

Herr Stein (Teplitz): In jeder Saison dürfte in den Badeorten eine Reihe von Patienten nur mit Radium behandelt werden, um die Frage seiner Wirkung unter Ausschluß der anderen Kurmittel zu studieren. Vortr. sah

einen besonders günstig durch Radiumemanation beeinflussten Fall von schwerer Gicht.

Im Schlußwort sagte Herr P. Lazarus, daß er die Quellenemanatorien höher stelle als die anderen. Der Ausatemungsraum sei gleichgültig, die konstante Emanationszufuhr von größter Bedeutung. Herr Fürstenberg betonte, daß die schlafmachende Wirkung jetzt auch von anderen Autoren, wie Gudzent, Loewenthal, ferner in Arbeiten von Noorden und Falta, Benczur aus der Koranyschen Klinik, sowie Lazarus bestätigt worden ist. Im Schlafe finde man nach den Untersuchungen von Weber, Lehmann und Berger stärkere Blutfülle im Gehirn. Da nun die Radiumemanation nach den Untersuchungen Löwys die Hirngefäße erweitert, so läßt sich die schlafbefördernde Wirkung physiologisch leicht erklären.

### Bericht aus der Berliner medizinischen Gesellschaft vom 18. März 1912.

Herr **Bickel**. Über Mesothoriumtherapie.

Bestrahlung von normalem Gewebe (Auge, Haut) mit  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen des Mesothoriums bewirkt regressive und produktive Zellvorgänge. Therapeutische Effekte wurden bei Hautkarzinom und Lupus bislang beschrieben.

Ähnlich ist der Effekt, wenn man Radiothorium in unlösliche Verbindung unter die normale Haut bringt.

Die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen des Mesothoriums lassen genau wie die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen des Radiums das autolytische Ferment unbeeinflusst, sie lassen aber einen geringen und inkonstanten Einfluß auf einige Verdauungsfermente erkennen. Radiothorium + Thorium X und Thoriumemanation wie auch allein Thorium X + Thoriumemanation aktivieren das autolytische Ferment und lassen eklatante Wirkungen auf einige Verdauungsfermente erkennen. Es ist also prinzipiell das gleiche Verhalten wie bei der Radiumemanation. Die Fermentwirkungen beider Emanationen sind elektiv.

Läßt man Thoriumemanation in einem Emanatorium (30—50 Macheeinheiten pro Liter Luft) Tiere stundenlang einatmen, so ist gleichviel das Blut schon wenige Minuten nach Verlassen des Emanatoriums praktisch frei von Emanation wegen deren Kurzlebigkeit. Menschen, die Thoriumemanation einatmen, zeigen weder im Harn, noch in der Expirationsluft Emanation schon wenige Minuten nach Beendigung der Atmung. Es ist also unmöglich, durch Inhalation mit Thoriumemanation das Blut in stärkerem Maße und in nachhaltiger Weise mit dieser Emanation anzureichern.

Sehr leicht gelingt die Anreicherung des Blutes mit Thoriumemanation, und zwar, wie es scheint, bis zu beliebigen Höhen, wenn man Thorium X-Lösung trinken läßt oder sie ins Blut injiziert. Z. B. werden nach dem Trinkenlassen einer solchen Lösung schon alsbald über 4000 Macheinheiten pro Liter Blut gemessen.

Ein kleiner Bruchteil der im Blute aus dem Thorium X sich dauernd bildenden Emanation wird mit der Expirationsluft ausgeschieden, ein anderer Teil nebst dem Thorium X mit dem Harn. Solange aber Thorium X im Blute kreist resp. vom Darm resorbiert wird, regeneriert sich immer wieder die Emanation.

Wir können nun mit Hilfe des Thorium X die Körper sehr viel stärker mit Thoriumemanation anreichern, als man das bisher in der Regel mit Radiumemanation getan hat. Die Intensität der Wirkungen der Emanation hängt von der Größe der Dosis mit ab.

Dosen von Thorium X bis 28000 Macheinheiten pro Tag werden wochenlang ohne Beschwerden vertragen; Nierenreizungen wurden niemals beobachtet. Aus dem bis jetzt von dem Vortragenden mit Thorium X behandelten Krankenmaterial werden die Fälle von chronischem Gelenkrheumatismus wie Arthritis deformans besprochen. Die therapeutischen Wirkungen sind elektiv und auch sonst analog denen bei der Radiumbehandlung beobachteten

Das Indikationsgebiet für die Thorium X-Behandlung ist damit aber keineswegs erschöpft. Autoreferat.

Zur Diskussion:

Herr A. Laqueur:

Auf Veranlassung von Prof. Bickel war mir zu therapeutischen Versuchen ein Quantum Radiothorium zur Verfügung gestellt worden, das ich in der Weise zur Herstellung von Thorium X-Lösung benutzte, daß täglich dieses Quantum mit ca. 150 ccm destilliertem Wasser übergossen und nach 24 Stunden, nach Absetzen des unlöslichen Radiothoriums, das nunmehr Thorium X-haltige Wasser abpipettiert und nach Verdünnung mit Brunnenwasser zu Trinkkuren benutzt wurde. Das destillierte Wasser enthielt nach frischer Entnahme eine Radioaktivität von ca. 1300 Macheinheiten im Kubikzentimeter. Das Tagesquantum der Thoriumlösung wurde in der üblichen Weise in drei Portionen nach dem Essen verabfolgt. Was die Dosierung betrifft, so gaben wir im Anfang den Patienten 3000—5000 Macheinheiten pro die. Da wir aber in manchen Fällen von frischerem Gelenkrheumatismus und von Gicht danach recht heftige Reaktionen beobachteten, so sind wir jetzt mit der Anfangsdosis zurückgegangen, wir fangen mit 800—1000 Macheinheiten pro die an, steigen bis auf 3000 Macheinheiten und nur in älteren reizlosen Fällen dann bis zu 5000 Macheinheiten.

Zu den therapeutischen Versuchen waren mir Patienten der inneren und der dermatologischen Abteilungen des Virchow-Krankenhauses in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt worden. Ich habe dabei zunächst die Beobachtung Bickels bestätigen können, daß irgend welche Schädigungen des Patienten, speziell Magendarmerscheinungen oder Nierenreizungen, selbst bei hohen Dosen von Thorium X-Lösungen nicht eintraten. Des weiteren fand auch ich im Urin in der zweiten Stunde nach dem Trinken beträchtliche Mengen von Emanation. Die Reaktionen waren, wie erwähnt, in den meisten Fällen sehr deutlich und einige Male sogar recht heftig (bei subakutem Gelenkrheumatismus und bei Gicht). Seitdem ich geringere Dosen anwende, lassen sich aber, wie es scheint, die Reaktionen auf eine nicht erhebliche Vermehrung der Schmerzen in den allerersten Tagen der Applikation beschränken. Daneben gibt es auch Fälle, namentlich solche mit ausgesprochen chronischem Verlauf, die gar nicht reagieren, und wie bei der Radiumemanationsanwendung ist auch hier der Eintritt der Reaktion nicht immer ein Zeichen dafür, daß im gegebenen Falle die Behandlung auch wirklich hilft.

Ich habe bisher das Thorium X vorwiegend bei Gelenkerkrankungen gegeben. Erfolge, d. h. Verminderung der Schmerzen im Laufe der Kur und Zunahme der Beweglichkeit, manchmal auch Abnahme der Gelenkschwellungen, sah ich vorzugsweise bei chronischem schmerzhaftem Gelenkrheumatismus, wo es noch nicht zu knöchernen Deformitäten gekommen ist. Auch bei monartikulären derartigen Erkrankungen hat das Thorium X in mehreren Fällen günstig eingewirkt. Vollständige Heilungen habe ich bei chronischem Gelenkrheumatismus bis jetzt noch nicht gesehen, auch scheint mir, daß man bei dieser Behandlungsart oft nach einer gewissen Zeit an einen Punkt kommt, wo eine weitere Besserung nach Nachlassen der Schmerzen und Zunahme der Funktionsfähigkeit nicht mehr zu erzielen ist, und man dann besser zu anderen Methoden, speziell zu mechano-therapeutischen Maßnahmen übergeht.

Weiterhin wurde das Thorium X in mehreren Fällen von chronischer Gelenkerkrankung bei Psoriasis-Kranken angewandt. Man sieht bei derartigen Patienten nicht selten chronische, sehr hartnäckige und schmerzhafte Gelenkerkrankungen, deren Wesen noch nicht näher erforscht ist, die aber teils das Bild eines chronischen Gelenkrheumatismus, teils das einer chronischen Gelenkgicht bieten. Die Therapie solcher Fälle wird dadurch erschwert, daß oft die Hautaffektion die Anwendung von Bädern, Umschlägen u. dgl. verbietet. Ich habe hier ebenso wie mit der Radiumemanation (Inhalationskur) so auch mit der Thorium X-Anwendung recht beachtenswerte und, soweit sich das jetzt sagen läßt, auch anhaltende Besserungen erzielen können.

Schließlich habe ich auch bei einem Patienten, der an Arthritis gonorrhoeica litt, und bei dem nach Ablauf der sonstigen Erscheinungen sehr hartnäckige und sonst durch nichts zu beseitigende Schmerzen in den Fußgelenken und in der Gegend des Kalkaneus zurückgeblieben waren, ein völliges Verschwinden der Schmerzen nach mehrwöchigem Trinken von Thorium X beobachtet.

Bei den schweren Formen von Arthritis deformans, wie man sie namentlich bei Frauen im klimakterischen Alter häufig beobachtet, hat die Thoriumemanation bisher versagt. Auch lanzinierende Schmerzen bei Tabes blieben unbeeinflusst. Bei der Gicht hatte ich bisher eine systematische Thoriumbehandlung noch nicht durchzuführen Gelegenheit, doch sollen Versuche über die Beeinflussung der Harnsäure im Blute jetzt gemacht werden.

Bei der kurzen Beobachtungszeit und bei der relativ geringen Zahl der bisher von mir ausschließlich mit Thorium X behandelten Kranken (es sind im ganzen 30) läßt sich ein abschließendes Urteil natürlich noch nicht abgeben; speziell kann ich mich noch nicht darüber äußern, ob und inwieweit die Thoriumtrinkkur der Radiuminhalationskur gleichwertig oder überlegen ist. Immerhin glaube ich, daß die bisherigen Beobachtungen den Schluß erlauben, daß die Anwendung des Thorium X in Form der Trinkkur in die Reihe der therapeutischen Applikationsmethoden der radioaktiven Substanzen aufgenommen zu werden verdient.

Autoreferat.

Herr Wolff:

Von dem neuesten strahlenliefernden Präparat, dem Mesothorium, standen mir 20 mg von seiten der Preußischen Akademie der Wissenschaften

zur Verfügung in Kapseln, welche auf meinen Wunsch mit einer besonders dünnen Glimmerplatte verschlossen waren.

Die Versuche, die ich mit diesen Mesothoriumkapseln angestellt habe, bezogen sich nicht auf Gicht, nicht auf Stoffwechselerkrankungen wie die bisher mitgeteilten, sondern ich legte mir die Frage vor, ob das Mesothorium vielleicht für die Tuberkulose verwendbar wäre.

Ich habe die Wirkung des Mesothoriums auf die Tuberkelbazillen in derselben Weise geprüft wie in den früher von mir vom Radium mitgeteilten Versuchen. Eine ganz dünne Membran einer stark virulenten Kultur wurde in eine kleine Platinöse aufgenommen und ganz dicht an die Kapseln herangebracht, so daß die Bestrahlung von allen Seiten möglich war. Das Resultat der bisherigen Versuche mit Mesothorium, die allerdings noch nicht abgeschlossen sind, ist, daß entsprechend der größeren zur Verwendung gelangten Dosis, die mir zur Verfügung stand, und der Möglichkeit der doppelseitigen Bestrahlung, das Mesothorium bisher bessere Resultate ergeben hat in bezug auf Abtötung der Tuberkelbazillen sowohl kulturell als bei Übertragung auf Tiere, als früher das Radium, bei dem mir früher immer nur 10 mg zur Verfügung gestanden haben, und mit einer Kapsel nur eine einseitige Bestrahlung möglich war. Aber von einer mächtigen bakteriziden Wirkung kann auch beim Mesothorium, soweit wenigstens die bisherigen Versuche reichen, nicht die Rede sein.

Es gelang mir allerdings nach 3—4—5tägiger doppelseitiger Einwirkung von Mesothorium auf eine papierdünne Membran von Tuberkelbazillen die letzteren sowohl kulturell als auch in der Weise abzutöten, daß die damit geimpften Tiere seit jetzt 4—5 Monaten völlig gesund geblieben sind. Wenn ich aber mit der Bestrahlungszeit herunterging, also auf zwei- und eintägige doppelseitige Bestrahlung, dann wurden die Resultate schwankend. In einer größeren Reihe von Fällen sind die Tuberkelbazillen kulturell vernichtet worden, aber ich habe doch auch gesehen, daß trotz zweitägiger doppelseitiger Bestrahlung einer ganz dünnen Tuberkelbazillenschicht die damit geimpften Tiere an hochgradiger Tuberkulose zugrunde gingen.

Ging ich noch weiter mit der Bestrahlungszeit zurück, auf zweistündige und 22stündige doppelseitige Bestrahlung, dann sind die Tiere bisher sämtlich an Tuberkulose zugrunde gegangen, wie die mitgebrachten Präparate zeigen.

Nun habe ich auch weiter vergleichende Versuche mit dem Radium und dem Mesothorium in derselben Dosis und, wie bei den früher von mir hier mitgeteilten Radiumversuchen, mit nur einseitiger Bestrahlung angestellt. Ich möchte über diese Versuche ein abschließendes Urteil noch nicht abgeben, da dieselben noch vielfach im Gange sind. Aber das kann ich doch sagen, daß, wenn auch das Ergebnis, soweit ich es bisher übersehen kann, etwas besser war als früher bei 10 mg Radium, doch auch bei eintägiger einseitiger Einwirkung von 10 mg Mesothorium das Resultat unzureichend und unsicher war. Ich habe hier gesehen, daß sich Kulturen, wenn 10 mg Mesothorium einseitig eingewirkt hatten, entwickelten, und daß namentlich bei den geimpften, zurzeit allerdings noch lebenden Tieren vielfach deutliche Drüseninfektionen sowohl in der Inguinal- als Axillargegend entstanden,

die bekanntlich die ersten Zeichen der später sich verbreitenden Tuberkulose sind.

Wenn man die Radiumwirkung und die Mesothoriumwirkung mit der Wirkung chemischer Mittel, also z. B. des Jodwassers, des Chlor- und Bromwassers u. a. vergleicht, dann muß ich doch sagen, daß die Strahlenwirkung gegenüber diesen chemischen Mitteln, die z. B. so resistente Organismen wie die Milzbrandsporen mit Sicherheit in einem Tage vernichten, wenigstens nach meinen bisherigen Erfahrungen, zurücksteht. Autoreferat.

Herr E. Falk hat gemeinsam mit Prof. Sticker Versuche angestellt über die Absorptionsfähigkeit der verschiedenen normalen und pathologischen Gewebe für die  $\gamma$ -Strahlen des Mesothoriums. Irgend eine wesentliche Differenz ließ sich nicht feststellen, insbesondere absorbieren von den normalen Geweben der Eierstock, von den pathologischen das karzinomatöse nicht in höherem Grade die  $\gamma$ -Strahlen als die übrigen Gewebe. Wenn also eine stärkere Schädigung derartiger Gewebe durch die  $\gamma$ -Strahlen eintritt, so müssen dieselben durch die gleiche Qualität und Quantität der Strahlen stärker beeinflusst werden.

Herr Meidner: Am Institut für Krebsforschung der Charité ist mit Radium- und Mesothoriumapparaten in der Behandlung tiefgreifender und tief gelegener bösartiger Geschwülste ein stichhaltiger Erfolg niemals erzielt worden. Insbesondere hat auch ein reichlich mit hochaktivem Mesothoriumsalz (äquivalent 30 mg reinen Radiumbromids) beschickter Apparat, der systematisch bei allen inoperablen Uteruskarzinomen eingeführt wurde und für diesen speziellen Zweck in besonderer Weise passend armiert war, völlig versagt. Ein sehr bescheidener Teilerfolg war ein einziges Mal einem 5 mg reinen Radiumbromids führenden Apparat insofern beschieden, als unter seiner Anwendung ein walnußgroßer Sarkomknoten am linken äußeren Augenwinkel auf Kirschkerndgröße zurückging, wohingegen andere Lokalisationen desselben Tumors unbeeinflusst blieben, der Patient auch im weiteren Verlauf seinem Leiden erlag. Von diesen unzureichenden Resultaten der Behandlung tiefgreifender und tief gelegener maligner Geschwülste, die eben — bis auf gewisse Sarkom- und manche Mammakarzinomformen — kein aussichtsreiches Objekt für die apparative Radium- und Mesothoriumtherapie abgeben, werden die weit günstigeren, teilweise auch vorhaltigen Erfolge, die sich damit bei superfiziellen Hauttumoren und manchen Schleimhautepitheliomen erzielen lassen, nicht berührt.

---

**Chalupceky, H.**, Die schädlichen Wirkungen der Röntgenstrahlen. Mit einem Nachtrag über die Wirkung des Radiums. (Wiener klinische Rundschau, 1911, Nr. 44—48, 52.)

In diesem Nachtrag beschreibt der auf dem Gebiete der Strahlentherapie des Auges wohlbekannte Autor seine Erfahrungen, die er mit 5 mg Radium in Glimmerkapsel bei Kaninchenversuchen durch stundenlanges Auflegen auf die Lider erzielte. Die krankhaften Veränderungen blieben auf Binde- und Hornhaut beschränkt, im Gegensatz zu Birch-Hirschfeld, der allerdings mit größerer Menge auch Veränderung der Netzhaut und der Sehnerven festgestellt haben will.

Zur Prüfung der biologischen Wirkung radioaktiver Wässer auf das Auge injizierte er ferner durch Uranpecherz radioaktiv gemachtes Wasser von 240000 Macheinheiten Kaninchen subkonjunktival und in den Glaskörper. Infektionen mit diesem nicht aseptisch behandelten Wasser wurden niemals beobachtet. Tags nach der Injektion in den Glaskörper wurden die Augen enukleiert. Wenn die Augen nun als Ganzes elektroskopisch gemessen wurden, so fand sich niemals die geringste Radioaktivität, wohl aber mit dem zerriebenen Glaskörper allein. Diesen Befund sucht der Autor dadurch zu erklären, daß die  $\alpha$ -Strahlen der in den Glaskörper injizierten Emanation durch die inkakten Augenhüllen nicht hindurchgelassen wurden, nach deren Entfernung aber die Luft wohl zu ionisieren vermochten. Jede direkte Wirkung der radioaktiven Wässer auf das Auge fehlte.

Flemming.

---

**Wickham, L.**, Das Radium und der bösartige Krebs. (Archiv f. Derm. und Syph., 1912, Bd. 111, S. 161.)

Die von Wickham benutzten Apparate bestehen aus Metallplatten verschiedener Form, welche mit einem radiumhaltigen Firnis versehen sind und zwar so, daß 1 cg Radiumsalz auf 1 qcm der Oberfläche des Apparates verteilt ist. Außerdem werden kleine Röhrchen aus Silber oder Platin benutzt, welche Radiumsalz enthalten, und die zur Einführung in Geschwülste bestimmt sind. Zum Zweck der Einführung werden die Geschwülste mit einem Troikar perforiert und die gebildete Öffnung durch Einlegen eines Gänsekiels erhalten. Je nachdem man Oberflächen- oder Tiefenwirkung zu erzielen beabsichtigt, kann man durch Anwendung absorbierender Filter die stärker penetrierenden von den schwächer penetrierenden Strahlen trennen. Die durch die Anwendung der Filter resultierende Abschwächung der Strahlen kann wieder ausgeglichen werden durch Verlängerung der Bestrahlungszeit, durch Verwendung sehr starker radioaktiver Präparate, durch die Bestrahlung von verschiedenen Angriffspunkten aus, die Methode des „Kreuzfeuers“. Je nach der beabsichtigten Wirkung benutzt man Filter von 0,1 mm dickem Blei an. Mit Hilfe der Kombination der verschiedenen Apparate mit und ohne Filter, sowie durch Vervielfältigung der Angriffspunkte kann man selbst große Geschwulstbildungen nach jeder Richtung hin mit Strahlen überfluten. Durch teilweise Exzision sowie durch Vornahme mehrfacher Perforationen kann man die Bedingungen für die Bestrahlung noch günstiger gestalten. An der Hand von illustrierten Krankengeschichten werden die günstigen Wirkungen der Radiumbehandlung bei bösartigen Geschwülsten verschiedener Organe demonstriert.

L. Halberstaedter-Berlin.

---

**Smith, E. Bellingham**, The distribution and excretion of radium and its emanation after internal administration (Die Verteilung und Ausscheidung von Radium und ihrer Emanation nach innerer Darreichung). (Quart. Journ. of Med., 1912, 5. S. 249—264.)

Das in der Überschrift umgrenzte Thema wurde in Versuchen an Mäusen bearbeitet. Diese erhielten reine Radiumsalze oder Radium-Bariumsalze sowie Radiumemanation durch Inhalation, per os und subkutan.



Nach Fütterung mit  $\frac{1}{22}$  mg reinen Radiumbromids in 2 cem Wasser gelöst erwiesen sich die vier Wochen aufbewahrten Nieren als am stärksten, in zweiter Linie der Dickdarm radioaktiv; viel weniger Aktivität fand sich in den anderen Organen.

Nach sogar wochenlanger Fütterung mit einem unlöslichen Radium-Bariumpräparat waren die Organe nur ganz wenig radioaktiv, herrührend vom Emanationsgehalt; auch der Magen-Darmkanal war frei, nur sein Inhalt war naturgemäß stark radioaktiv. Der Urin war in diesen Versuchen stets ohne Aktivität.

Subkutan injiziertes Radium-Bariumbromid in Lösung wird zu 60 bis 70% in den ersten 24 Stunden durch den Kot, zu 10% im Urin ausgeschieden. Lunge und Niere werden häufig radioaktiv befunden. Ebenso erfolgte die Ausscheidung unlöslicher Salze ebenfalls zum größten Teil durch den Kot, aber in sehr lang hingezogener Weise. Die Injektionsstelle bleibt lange radioaktiv. Leber und Galle scheinen bei der Ausscheidung nicht beteiligt zu sein.

Bezüglich der Verhältnisse der Verteilung und Ausscheidung der Emanation werden geläufige Auffassungen bestätigt. Nach Inhalation von Emanation erweisen sich die Organe radioaktiv. Nach der Aufnahme per os wird für einige Stunden Aktivität gefunden. Subkutan zugeführte Emanation verläßt durch die Lungen den Organismus. Fleischmann (Berlin).

---

**Jost, B.,** Explosion von Radiumbromid durch Einwirkung von Wasser. (Chemiker-Zeitung, 3. Febr. 1912, S. 138.)

Die Spitze einer Nadel wurde mit Wasser ganz schwach angefeuchtet, um mit ihr ein Körnchen sehr reines und sehr altes Radiumbromid aus der Vorratskapsel in ein Spinthariskop zu übertragen. Dabei kam es auf dem Wege durch die Luft ausnahmsweise zweimal vor, daß das Körnchen unter deutlichem Knistern in unzählige Teilchen zersprang, die den bei solchen Präparierarbeiten stets untergelegten Fluoreszenzschirm mit schwachleuchtenden Fünkchen übersäten. Beim zweitenmal sprang auch etwas ins Auge, was vorübergehende, ziemlich lebhaftere Entzündung des durch vieles Spinthariskopgucken ohnehin gereizten Auges und dauernd Zuckungen jeweils bei Annäherung stark aktiver Präparate zur Folge hatte. Schon vor einigen Jahren soll dem Prof. Precht ein luftleeres Röhrchen mit 20 mg Radiumsalz explodiert sein beim Herausnehmen aus dem Eiskalorimeter; vielleicht war durch einen Sprung des Glases hindurch auch dort ein wenig Feuchtigkeit zum Salz gelangt.

Hierzu sei bemerkt: Zerspringen sollte man bei Radiumsalz nicht ohne weiteres Explosion nennen. Denn das Wesentliche des Vorgangs „Explosion“ ist nicht Auseinanderfliegen, sondern augenblickliche Energieabgabe des explodierenden Körpers bis Null gegenüber der Umgebung in physikalischer und chemischer Beziehung. Jene auseinandergeflogenen Radiumsalzteilchen aber strahlten nachher ruhig weiter, waren also doch wohl noch auf derselben Energiestufe wie zuvor. Allerhöchstens könnte man unter ausdrücklichem Betonen der Unwahrscheinlichkeit und Vorbehalt der Widerrufung von einer teilweisen Explosion sprechen, indem man sich vorstellt, ein zum Zer-

sprenge[n] ausreichender ganz kleiner Teil des Körnchens sei im wirklichen Sinne des Wortes explodiert, sei also, um es anschaulich zu sagen, die im sogenannten Stammbaum des Radiums gekennzeichneten Energiestufen ganz oder teilweise bis Null gegenüber der Umgebung herabgestürzt, während man bisher nur ein Hinunterschleu[ßen] mit unabänderlichen, zum Teil ungeheuren Zeitaufwänden kennt.

Vielleicht aber spielt bei jenem Zerspringen des Salzkörnchens das Radium überhaupt keine Rolle; möglicherweise ziehen auch inaktive Bromide unter gewissen Umständen und sofern sie, wie es im Original heißt, „sehr alt“ und trocken sind, Wasser, wenn es knapp hinzutritt, so lebhaft an, daß sie zerstieben. Auch die jeweilige Beschaffenheit der Nadel könnte mitgewirkt haben.

Erich Schneckenberg.

---

**Kohlrausch, K. W. F. und Schweidler, E. v.,** Beobachtung von Schwankungen der Radioaktivität. (Physikal. Zeitschrift, 1912, Bd. 13, S. 11—14.)

Schwankt der radioaktive Vorgang an Stärke, so kann man das auf verschiedene Art erkennen; beispielsweise wenn man die einzelnen ausgestrahlten  $\alpha$ -Teilchen als Fünkchen auf einem Schirm nach Zahl und Zeit zählt, am besten und bequemsten auf einer Kinematographie; oder wenn man das Fortschreiten des zur Messung der bewirkten Luftionisierung dienenden Elektrometerfadens dem Mittelwerte nach irgendwie z. B. durch stete Ladungsbeeinflussung ausgleicht, also gewissermaßen den schwankenden Faden auf der Stelle marschieren läßt; oder wenn man, und das haben jüngst Kohlrausch und Schweidler im zweiten physikalischen Institut der Universität Wien getan, an einem sehr empfindlichen Elektrometer mit sehr leichtem Faden den infolge etwaiger Radioaktivitätsschwankungen mehr oder weniger ruhigen Gang des fortschreitenden Fadens beobachtet.

Sie benutzten einen Einfadenelektrometer, dessen Fadenelektrode mit ihrem oberen Ende bis in den Mittelpunkt einer, innerhalb einer allseitig geschlossenen Blechbüchse ebonit-isolierten und von Akkumulatoren geladenen Blechhalbkugel hineinragte. Auf dieses obere Ende legten sie ein kleines Platinblech mit Radium C. Die hierdurch ionisierte Luft in der Halbkugel läßt dann nach und nach und je nach der Stärke der Ionisierung eine elektrische Ladung auf Platinblech und Fadenelektrode übergehen, so daß der Faden wandert.

Dieses Wandern nun erschien sowohl im Mikroskop als auch im projizierten Schattenbild schwankend oder ruckweise ungleichförmig. Jedem Ruck entspricht wahrscheinlich je ein ausgestrahltes  $\alpha$ -Teilchen. Jedoch Zählung der  $\alpha$ -Teilchen auf solche Art war hinfällig, wegen der nicht erschütterungsfreien Aufstellung des Elektrometers und kleiner unvermeidlicher Spannungsschwankungen. Zahlenmäßig stimmte auch vielleicht ebenfalls deswegen nicht der Versuch bei einem Radiumpräparat, das in rund 27 Sekunden 100  $\alpha$ -Teilchen aussendete und dementsprechend im Falle keiner Schwankung bei jenem Elektrometer ziemlich 1 Skalenteil Fadenweg rechnungsgemäß erwarten ließ, eine theoretisch infolge Radioaktivitätsschwankung vermutete mittlere Abweichung um 0,1 Skalenteil vorzufinden.

Erich Schneckenberg.

**Przibram, K.**, Eine einfache Beobachtungsart der  $\alpha$ -Strahlen-Reichweite. (Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien, 25. Jan. 1912.)

Zwei 7 cm lange und 4 cm breite Messingbleche wurden im Wiener Institut für Radiumforschung übereinandergelagert mit 0,5 cm Luftzwischenraum und letzterer begrenzt: an den beiden Längsseiten durch je einen Streifen Glas zum Hineinsehen; an der einen kurzen Seite durch ein stark aktives Poloniumblech, das von einem Ebonitrahmen umrändert war, um von den Messingblechen elektrisch isoliert zu sein; gegenüber an der anderen kurzen Seite durch einen Hartgummistreifen mit Durchlaßröhre.

Durch diese Röhre lasse man langsam Salmiakdunst eintreten; dann sieht man in dem Kästchen Salmiaknebel. Nun gebe man von einer Akkumulatorenbatterie den Messingblechen 200 Volt Spannungsunterschied. Dann sieht man bei geschickter Beleuchtung den Salmiaknebel in der Nähe des Poloniumbleches mehr oder weniger schnell verschwinden: in einigen Sekunden (oder bei viel mehr als 200 Volt sogar schon fast im Augenblick) wird bis zu gewissem Abstand vom Poloniumblech der Raum nebelfrei. Hingegen im übrigen sich hiervon lotrecht und deutlich unterscheidenden Teil des Raumes verringert sich der Nebel nur ganz allmählich.

Diese Beobachtung besagt: Die vom Polonium ausgespienen positiv elektrisch geladenen Heliumatome ( $\alpha$ -Strahlen) sprengen, offenbar so weit sie reichen und wahrscheinlich mittels der bei ihrer Bewegung auftretenden elektromagnetischen Induktionskräfte, die einzelnen Nebelteilchen in positive und negative Hälften, Ionen, die dann vom einen Messingblech angezogen und zugleich vom anderen abgestoßen auf die Bleche geworfen werden, während die positiven Heliumatome selbst jedenfalls auf das sie anziehende minuspolige Blech fliegen.

Auf diese Art wurde als Reichweite der  $\alpha$ -Strahlen festgestellt durchschnittlich 3,8 cm bei Polonium, 3,5 bei Radium im Minimum der Aktivität und 2,5 bei Ionium. Zahlen, die mit anderweitigen Beobachtungen gut übereinstimmen.

Erich Schneckenberg.

Beständige Radioaktivität des Körpers durch Injektion des unlöslichen Radiums; und Radiumserum-Therapie.

H. Dominici, G. Petit und A. Jaboin berichteten mit dieser Überschrift durch A. Chauveau, Mitglied der landwirtschaftlichen Abteilung, der Akademie der Wissenschaften in Paris am 26. Dezember folgendes:

„Am 14. März 1910 legten wir der Akademie eine Mitteilung vor, deren zwei hauptsächlichste Punkte waren:

1. Bestand einer gewissen Menge Radiumsulfat im Körper eines sehr alten Pferdes acht Monate nach Veneninjektion von 1 mg Sulfatsalz.

2. Rasche Ausscheidung eines Teiles des Radiumsulfats unmittelbar nach Injektion; langsame Beseitigung des übrigen Teiles hernach.

Neue Versuche ergaben Übereinstimmung mit jenen und außerdem Feststellung gewisser physiologischer Veränderungen infolge der langen Radiumsulfateinwirkung:

1. Bestand des Radiumsulfats im Blute des Versuchstieres auch noch nach acht Monaten. Am 9. März 1910 erhält jenes Pferd durch Professor

G. Petit eine neue Injektion von wiederum 1 mg Radiumsulfat, und am 10. März 1911, also ein ganzes Jahr danach, ist das Blut noch radioaktiv infolge Gehalts einer gewissen Menge Salz.

2. Zuerst rasche, nachher langsame Abnahme des zirkulierenden Radiums. Wir fanden im Blute, unter Mitarbeit von Faivre, in millionstel Gramm:

am 9. März 1910, dem Tage der Injektion . . . . .	7,84
„ 10. März 1910, dem Tage nach der Injektion . . . . .	1,024
„ 6. November 1910, also nach acht Monaten . . . . .	0,200
„ 10. März 1911, genau ein Jahr nach der Injektion . . . . .	0,052.

3. Unschädlichkeit der neuen Injektion und Verbesserung des Allgemeinzustandes (Gewichtsvermehrung, Zunahme der Menge roter Blutkörperchen, deren Zahl sich ein Jahr nach Injektion verdoppelt hat.

Man könnte meinen, letztere Erscheinungen entsprechen zum Teil den anderen Lebensverhältnissen des vielleicht besser als zur Zeit seiner Ausnutzung unterhaltenen Pferdes. Aber sie müssen andererseits der Wirkung des Radiums entspringen, besonders in betreff der Zahl der roten Blutkörperchen, wenn man die Versuche von Chevrier, Dominici und Faure-Beaulieu berücksichtigt, die die Anregung der Blutbildung durch Radiumsulfatinjektionen beweisen.

Wir fragten uns dann auch, ob der Bestand des Radiumsulfats im Organismus nicht nur die Bildung von Blutkörperchen stark anregen, sondern auch die chemische Beschaffenheit des Blutplasmas verändern könnte, und versuchten diese Vermutung indirekt nachzuweisen, indem wir untersuchten, ob das Serum des seit mehr als einem Jahre der steten Wirkung von Radiumsulfat unterworfenen Tieres ganz besondere Wirkungen bei verschiedenen Krankheitszuständen von Mensch und Tier besäße. Dazu benutzten wir:

- a) Serum von dem zweimal injizierten Pferd,
- b) zur Gegenprobe Serum nichtinjizierter Pferde.

Diese Versuche zeigten uns die weit überlegene Wirkung des radioaktiven Serums bei Abnahme oder deutlichem Stillstand gewisser Infektionskrankheiten von Mensch und Tier, und wir setzen diese Untersuchungen weiter fort nach verschiedenen Richtungen hin.

Unter den von uns ergriffenen praktischen Maßnahmen sei erwähnt: Zusatz von Radiumbromür

- a) zu dem der Radiumsalzwirkung schon innerhalb der Adern ausgesetzten Serum. Das Bromür wurde unmittelbar beim Abzapfen und vor dem Erwärmen in solcher Menge zugesetzt, daß jede 10 ccm-Flasche genau ein Millionstel, später auch zwei enthielt.
- b) zum Serum nichtinjizierter Pferde.

Auf diese Weise suchen wir die Bedingungen zu bestimmen für eine Radiumserumbehandlung (radioaktive Serumtherapie), und wir haben bereits, vornehmlich im Pathologievergleich, wirklich interessante Ergebnisse erhalten, die wir später zur Behandlung gewisser krebsiger und mikrobischer Krankheiten herausbringen werden, da uns das radioaktive Serum besonders als „Bodenmittel“ zu wirken scheint, das die Widerstandsfähigkeit gegen Infektion in hohem Maße stärkt.“

Erich Schneckenberg.

## Patente.

### Austreiben der Emanation aus Radiumstoffen durch Kochen.

Lösliche, reine oder mit anderen Salzen gemischte Radiumsalze werden in einer Kochflasche in Wasser gelöst. Dann liefert das Wasser beim Erhitzen außer Dampf auch das vom Salz an das Wasser abgegebene Gas Emanation. Die Flasche nun ist oben in Verbindung mit einem Gefäß, das mit kaltem Wasser gekühlt wird, damit dort der Dampf sich kondensiert und als Wasser in die Flasche zurückfließt. Damit sich auch die Emanation kondensiert, müßte es viel kälter sein.

Der obere Raum des Kühlers ist durch ein gebogenes Rohr mit zwei nacheinander folgenden Gefäßen, einer sogenannten Durchgangs- und einer Endvorlage, verbunden, die mit flüssiger Luft von  $-190^{\circ}\text{C}$  gekältet werden. In das Innere der ersten Vorlage verbreitet sich vom Kühler her fast lauwarme Emanation und bei der Temperatur des Kühlers reichlich vorhandener Wasserdunst.

Letzterer gefriert hier zum größten Teil aus; aber dermaßen ist die Kühlung der Vorlage nicht gut möglich, daß aller warm ankommende Dunst mitsamt der Emanation kondensiert wird. Erst in der zweiten Vorlage wird die in der ersten bereits kalt gewordene Emanation vollends kondensiert. Dabei entstünden durch die Dunst- und Gasverflüssigung in den Vorlagen leere Räume, also mehr oder weniger hohes Vakuum, wenn nicht infolge hiervon sofort vom Kühler her Dunst und Emanation oder, wenn dort keine Emanation mehr vorhanden, nur Dunst nachströmen würde.

Auf dieses Verfahren wurde am 28. Februar 1905 von Dr. Peter Bergell und Dr. Adolf Bickel, beide in Berlin, ein Patent angemeldet und später DRP. 182394 erteilt. Seit dem 1. Dezember 1907 läuft darauf auch das österreichische Patent 32448. Ihr Schutzanspruch lautet: „Verfahren zur Gewinnung von Radiumemanation, dadurch gekennzeichnet, daß radiumhaltige Materialien mit Wasser erhitzt werden und die entweichende Emanation in der Weise abgetrennt wird, daß sie durch fraktionierte Kühlung von der Hauptmenge des Wassers befreit und zusammen mit dem Rest der Wasserdämpfe durch flüssige Luft kondensiert wird.“

Hierzu sei bemerkt: Außer von löslichen Radiumsalzen reden die Erfinder auch von gepulverten radiumhaltigen Mineralien (Uranpecherz), die sie ebenfalls mit Wasser auskochen wollen, um Emanation zu erhalten. Bei nicht in Wasser löslichen und dichten Mineralien wird das m. E. wohl kaum lohnen, auch wenn gut umgerührt wird. Bei ihnen kann das Wasser doch höchstens die Emanation absorbieren, die aus den unmittelbar an der Oberfläche der Pulverkörnchen liegenden radioaktiven Teilchen entsteht.

Hierfür nehme man einmal zwecks überschläglicher Rechnung eine Oberflächenschicht von der Dicke  $s$  an mit schätzungsweise  $s$  gleich dem zehnfachen Durchmesser theoretischer Gasmolekeln; also  $s = 0,000001$  mm. Wäre nun jedes Pulverkörnchen ein Kügelchen vom Durchmesser  $d$  und das Pulver so fein gemahlen, daß  $d = 0,01$  mm, und wären ferner die Körnchen durch und durch gleichmäßig beschaffen, so würde die vom Wasser absorbierte

Emanation der Oberflächenschicht  $d^2\pi \cdot s$  sich zu der in derselben Zeit gebildeten Emanation des ganzen Körnchens  $\frac{d^3\pi}{6}$  verhalten wie

$$\frac{d^2\pi \cdot s}{d^3\pi/6} = \frac{6s}{d} = 6 \cdot \frac{0,000001}{0,01} = \frac{1}{1666}$$

Das heißt: aus unlöslichen gepulverten Mineralien ist nach dem obigen Verfahren schätzungsweise nicht einmal der tausendste Teil der im Mineral stetig entstehenden Emanation zu gewinnen; allerdings etwas löslich in kochendem Wasser sind einzelne radioaktive Mineralien. Vollständig löslich sind sie nur in Säuren, deren Anwendung, außerhalb dieses Patentes liegend, einerseits gefährlicheren Betrieb, andererseits aber gründlichere Ausnutzung ohne jene feine Zerpulverung mit sich bringt.

Bei löslichen Radiumsalzen hingegen ist das Verfahren insofern vorteilhaft, als man bei ihm auch all die Emanation erhält, welche beim ungelösten Salz nicht austreten kann und daher im Innern des Präparates sich weiter umwandelt; diese Mehrausbeute an Emanation wird aber um so geringer sein, je dünner das ungelöste Salz ausgebreitet ist. Würde also das Trockenpräparat hergestellt als ein mit Radiumsalz ganz dünn bestrichenes Porzellan oder Hochglanzblech, so wird jene Mehrausbeute wohl kaum noch so groß sein, daß sich die Anwendung jener Apparatur mit Feuerung und flüssiger Luft lohnt. Jedoch kommt es auch darauf an, wozu man die Emanation benutzen will und wieviel man braucht.

Übrigens haben die Erfinder das Patent bei Anfang des sechsten Jahres verfallen lassen. Erich Schneckenberg.

### Austreiben der Emanation aus Radiumwässern durch Kochen.

Emanationshaltige Flüssigkeit gibt beim Erhitzen emanationshaltigen Dampf. Um aus ihm für therapeutische Zwecke geeignete, ziemlich trockene Emanation zu gewinnen, verbinden Dr. E. Sommer in Winterthur in der Schweiz und Dr. F. L. Kohlrausch in Charlottenburg das Kochgefäß oben mit einem wassergekühlten Gefäß, damit dort der Dampf sich kondensiert und als Wasser in den Kessel zurückfließt, während die Emanation gasförmig bleibt und nach Öffnen eines Kautschukhahnes, je nach der Kühlwassertemperatur mehr oder weniger trocken, in den Inhalationsraum oder den Mund geführt werden kann. Da der sich kondensierende Dampf nur wenig Emanation absorbiert, so gewinnt man auf diese Weise aus dem Wasser die Emanation ziemlich insgesamt.

Auf dieses Verfahren wurde am 24. März 1909 ein Patent angemeldet und später DRP. 226804 erteilt, dessen Schutzausspruch lautet: „Verfahren zur Gewinnung von gasförmigen Emanationen der Radioelemente, z. B. Radiumemanation für therapeutische Zwecke, durch Erwärmung von emanationshaltigen Flüssigkeiten, dadurch gekennzeichnet, daß die aus den Flüssigkeiten beim Erhitzen entbundenen Dämpfe einer mehr oder minder vollständigen Kondensation unter Rückfluß unterworfen werden, wobei die Emanationsgase mehr oder minder trocken entweichen.“

Hierzu sei bemerkt: Läßt man bei dem rund vier Jahre früher au-

gemeldeten Verfahren DRP. 182394 die beiden mit flüssiger Luft gekühlten Vorlagen fort, so sind beide Verfahren grundsätzlich gleich. Bei beiden wird 1. die im Wasser gelöste Emanation ausgetrieben durch Kochen, wie das im Falle anderer im Wasser gelöster Gase längst üblich ist, und 2. die Emanation vom Dampf befreit durch Kondensieren des Dampfes. Ein Unterschied besteht ausschließlich insofern, als a) das jüngere Patent die emanationshaltigen Flüssigkeiten als gegeben voraussetzt, also offenbar ausschließlich radioaktive Quellwässer ausnutzen will, während das ältere Patent sich emanationshaltiges Wasser erst selbst schafft, indem es radioaktive Materialien in gewöhnlichem Wasser löst oder fein verteilt, und b) das jüngere Patent auf die feinere Trennung von Dampf und Emanation verzichtet. Bei dem älteren Patent hat die Verflüssigung der Emanation durchaus nicht den Zweck, eine radioaktive Flüssigkeit zu gewinnen, sondern sie ist ausschließlich eine zweckentsprechende Maßnahme, um Dampf und Emanation so gut wie überhaupt möglich zu trennen. Selbstverständlich ist es bei dem älteren Patent, daß a) statt des künstlichen auch natürliches emanationshaltiges Wasser zwecks Emanationsgewinnung ausgekocht werden kann, und b) nach Belieben auch bereits bei Entdampfung der Emanation mittels einfachen Kühlers aufgehört werden kann. Alles in allem erscheint das ältere Patent dem jüngeren gleich, jedoch umfassender und weiterreichend. Erich Schneckenberg.

#### Metallfäden mit Radiumseele.

Zur Anfertigung von Schlingen, Geweben oder Apparaten beispielsweise für medizinische oder chirurgische Zwecke wollen Frédéric de Mare und Dr. Charles Jacobs in Brüssel Röhren von einigen Zehntelmillimetern Durchmesser mit Radiumsalzfällung dadurch herstellen, daß sie ein Metallrohr von geeigneter lichter Weite und mehr oder weniger dicker Wandung gut vollstopfen oder sonstwie füllen und dann in bekannter Weise wie Draht bis zur gewünschten Dünne ausziehen. Vom Verhältnis der Wandstärke zur Rohrweite vor dem Ziehen würde dann bei gegebener Metall- und Salzart und auch gleich dichter Fällung die nachherige Stärke der Strahlung solcher Fäden in ganz bestimmter Weise abhängen. Die fertigen Fäden sollen dann noch, falls nötig, mit Edelmetall, Gummi oder essigsaurer Zellulose überzogen werden.

Auf dieses Metallröhrenverfahren wurde am 16. Juni 1911 ein Patent angemeldet und im Februar 1912 das DRP. 243960 erteilt.

Hierzu sei bemerkt: Bei der Kleinheit der zu verwendenden Salzmenge und dem dementsprechend auch schon vor dem Ziehen nur sehr engen Rohr ist das Hineinstampfen des Salzes oder Salzpulvers nur mit einem verhältnismäßig sehr dünnen Draht, also nicht sehr fest ausführbar. Zwängt man nun aber solche natürlich ziemlich dünnwandige Röhre mit lockerer Packung in das Ziehkaliberloch (denn frei ausziehen wie heißes Glas oder kalter Sirup läßt sich kein Metall), so bewirkt dessen Druck, nicht ganz unähnlich wie ein Tritt auf einen Gartenschlauch, eine Einschnürung des Inhalts und somit beim Durchziehen der Röhre eine ungewünschte Verschiebung der Fällung.

Vollends aufplatzen an einer Stelle könnte das Rohr, wenn es mit einem schmiegsamen, fast unkomprimierbaren Stoff, mit Wasser, gefüllt wäre.

Wahrscheinlich auf Grund derartiger Erfahrungen reden die Erfinder davon, statt des Pulvers eine gesättigte Radiumsalzlösung in ein Kapillarrohr einzuführen und sie dann auszutrocknen in der Luftleere oder mittels eines das Metallrohr durchlaufenden und es somit erhaltenden elektrischen Stromes. Dann wird offenbar auf der inneren Rohrwand sich eine trockene Salzschiebt ansetzen. Wird dieses Rohr hernach dünner und enger gezogen, so blättert die Salzschiebt ganz wahrscheinlich sofort ab. Dann hat man also ganz lockeres Pulver in der Röhre. Ich empfehle darum, der Salzlösung Fischleim oder Gelatine zuzusetzen.

Übrigens das Trocknen der Salzlösung dauert auch im Vakuum sehr lange. Es sei beispielsweise ein Röhrchen von 0,5 mm lichter Weite und 5 cm Länge mit der Lösung gefüllt worden, und günstigerweise sei es infolge starker Flüssigkeitsadhäsion möglich, das Rohr beiderseits offen zu lassen (in wagerechter Lage), ohne daß die Lösung teilweise ausfließt. Dann müssen, ehe alles trocken ist, 25 mm lange Flüssigkeitssäulen verdunsten in einem für stete Abführung des Wasserdunstes außerordentlich ungünstigen, nur 0,5 mm weiten und zum Teil auch noch durch die Salzkruste verengten Schacht. Ganz ebenso ist es bei der Trocknung mittels Erwärmung durch den elektrischen Strom. Nur ist letzterer hier grundsätzlich unzweckmäßig: Man schicke ihn längs oder quer durch die Röhre; stets erteilt die berührende Rohrwand auch der Salzlösung einen elektrischen Spannungsgradienten, demzufolge die Radium-Ionen der Lösung nach der Minuspoleseite hin wandern, so daß die Füllung der Röhre axial oder diametral ungleichmäßig wird.

Schließlich ist auch vorauszusehen, daß beim Ziehen der Röhrchen eine ganze Anzahl durchreißen werden, und diese ungleich langen, roßhaardünnen Stücken oder Stückchen werden kaum anders zu verwerten sein, als daß man mit ihnen die chemische Darstellung des Radiumsalzes wieder von vorn anfängt.

Alles in allem: das Verfahren ist vielleicht unbequem. Es gibt bequemere. Beispielsweise die Imprägnierung von Katgutfäden nach dem DRP. 236801, das in dieser Zeitschrift, 1912, S. 242, beschrieben worden ist. Denn sollte es für irgend welche Zwecke auf metallene Fadenoberfläche und Steifigkeit ankommen, so empfehle ich, die durch Imprägnieren aktivierten Katgut- oder Seidenfäden nach dem Trocknen dünn mit Paraffin, darauf dünn mit Graphit und hernach galvanisch, beliebig dünn oder dick, mit Metall, Silber oder Gold überziehen zu lassen.

Erich Schneckenberg.

---

## Verschiedenes.

Wie der Zeitschrift für angewandte Chemie (1912, S. 109) aus Wien berichtet wurde, ist in Niederreuth in Osterreich eine stark radioaktive Quelle entdeckt worden. Das Wasser wurde von Prof. Dr. Mosler in Wien untersucht und 45 Macheinheiten festgestellt. Es ist eine kalte Quelle, die nur als Trinkwasser benutzt werden kann.

---



In Wien fand die konstituierende Generalversammlung der Radiumwerke Dr. Rudolf Sommer G. m. b. H. statt. Die Gesellschaft, mit 1,5 Millionen Kronen Stammkapital, hat die Radiumfabrik des Dr. Sommer in Neulengbach in Niederösterreich samt Radiumvorräten erworben, sowie dessen und Prof. Dr. Ferdinand Ulzers Verfahren zur Herstellung von Radium. In Zusammenhang mit dieser Gesellschaftsgründung steht die Erwerbung mehrerer Uranerz- und Pechblendenlager. Gegenstand des Unternehmens soll auch sein baldige Errichtung von Zweigniederlassungen und Verkaufsstellen für Radium und Radiumpräparate in allen größeren Städten des In- und Auslandes.

---

Im Reichshaushalt 1912 sind der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg auch Mittel behufs Beschaffung radioaktiver Präparate bereitgestellt worden.

---

Wie der Chemiker-Zeitung, 1912, S. 208 und 265, berichtet wurde, sind die Joachimsthaler Uranpecherzgruben Gewerkschaft „Sächsisch Edelleutstollen“ und Gewerkschaft „Hilfe-Gottes-Zeche“ für einen Kaufpreis von 2½ Millionen Kronen in den Besitz des österreichischen Staates übergegangen. Das bedeutet: nunmehr besitzt er neun Zehntel aller gegenwärtigen Urangrubenbetriebe der Erde. — Bereits 1911 stellte er in seiner Radiumfabrik in St. Joachimsthal für 800000 Kronen Radium her.

Der vierte Jahrgang der Radiologischen Mitteilungen des Kreuznacher Ärztevereins ist soeben erschienen und enthält folgende Arbeiten:

Dr. Eichholz (Bad Kreuznach): Kurzer Überblick über die klinischen Erfahrungen in der Radiotherapie im Jahre 1911.

Prof. Dr. Bickel (Berlin): Erfahrungen über die Anwendung des Kreuznacher Einzelinhalationsapparates für Radiumemanation (System Neumann) in der Therapie des chronischen Gelenkrheumatismus und der Arthritis deformans.

Dr. Kemen (Bad Kreuznach): Über chronischen Gelenkrheumatismus, Gicht und Ischias.

Dr. Karl Aschoff (Bad Kreuznach): Ein neues Radiuminhalatorium in Bad Kreuznach.

Dr. Karl Aschoff und Hch. Haase (Bad Kreuznach): Eine rationellere therapeutische Ausnutzung der Radiumemanation.

Dr. Engelmann (Bad Kreuznach): Über Dosierung und Dauer der Radiumemanation in der Therapie und im Experiment.

Prof. Dr. H. Kionka (Jena): Über Resorption und Elimination der Emanation.

Soweit der Vorrat reicht, ist die Broschüre gratis erhältlich durch den Vorsitzenden des Ärztevereins Dr. Eichholz in Kreuznach.

Dr. Eichholz.

---

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1912

Heft 11

## Begrüßungsrede zur Einweihung des Radiuminstituts der Kgl. Charité für biologisch-therapeutische Forschung zu Berlin.

Von Prof. Dr. Hls.

Meine Herren!

Freudigen und dankbaren Herzens habe ich die Ehre, Sie an dieser Stelle zu begrüßen zur Eröffnung eines Instituts, dessen Errichtung seit Jahren mehr und mehr zum Bedürfnis geworden war. Als die erstaunlichen Eigenschaften der radioaktiven Substanzen bekannt wurden, haben die ersten Kräfte der Chemie und Physik sich mit Eifer dem Gegenstand gewidmet, und es ist bekannt, welche Bereicherungen und Umwälzungen ihre Gebiete dadurch erfahren haben.

Die Medizin war zunächst auf tastende Versuche angewiesen, bei denen die Sucht nach raschen, epochemachenden Erfolgen über das Bestreben wissenschaftlicher Gründlichkeit und Tiefe oft recht deutlich überwog. Nachdem aber der erste Enthusiasmus überwunden, hat sie sich ernsthafter Arbeit zugewendet und in manchen Gebieten die erfreulichsten Erfolge erzielt. Die von den radioaktiven Substanzen ausgehenden Strahlungen sind von eingreifender Wirkung auf wichtige Lebensvorgänge der Pflanzen und der Tiere. Fermente, die im Stoffwechsel eine Rolle spielen, werden durch sie aktiviert, die Wachstumsvorgänge tiefgehend beeinflußt, und die ureigenste Kraft lebender Zellen, die Befruchtungs- und Fortpflanzungsfähigkeit, nach Hertwigs interessanten Entdeckungen in einer Weise abgeändert, welche tiefe Einblicke in das Wesen dieser geheimnisvollen Vorgänge vermittelt. Bei diesen Prozessen tritt die Erscheinung zutage, daß die radioaktiven Strahlungen je nach ihrer Art und Intensität bald fördernd, bald hemmend die Lebensvorgänge beeinflussen; die Medizin mußte an die Aufgabe herantreten, diese Kräfte ihren Zwecken dienstbar zu machen.

Zwei Pforten der Erkenntnis boten Eintritt. Becquerel hatte am eigenen Leibe die zerstörende Wirkung des Radiums erfahren: man suchte sie dienstbar zu machen zur Vernichtung der so sehr labilen Zellen gut- und bösartiger Geschwülste, zur Vernichtung lebensbedrohender Bakterien.

Die natürlichen Heilquellen, Sinter und Schlamm erweisen sich als mehr oder minder radioaktiv: was lag näher, als in dieser Eigenschaft den Grund ihrer Heilkraft zu suchen? Mit großen, mit übertriebenen Hoffnungen vielleicht trat man an die Aufgabe heran: welches Ärzteherz schlüge nicht stürmisch angesichts der Aussicht, einen neuen Bundesgenossen zu finden im Kampfe gegen die uralten Feinde des Menschengeschlechts? Nicht alle Träume sind in Erfüllung gegangen, aber bereits gehören die radioaktiven Substanzen zum sicheren Bestand des Heilschatzes: oberflächliche Geschwülste und Affektionen der Haut werden mit Glück behandelt; chronische Rheumatismen und Gicht oft mit überraschendem Erfolg bekämpft, und die neuesten Arbeiten der Krausschen und v. Noordenschen Klinik eröffnen eine vielversprechende Aussicht auf neue Indikationen im Bereiche der so schwer zugänglichen Blutkrankheiten. Gewiß ist damit der Kreis der Möglichkeiten noch nicht geschlossen. Wir stehen ja erst am Anfang der Forschung; tastend streben wir zu erkennen, was geschieht; aber wie und warum es geschieht, entzieht sich fast völlig der Kenntnis. Aber erst wenn die Vorgänge, welche der Wirkung zugrunde liegen, aufgedeckt sind, beherrschen wir die Kräfte völlig und schalten mit ihnen in Sicherheit und nach Belieben. Vere scire est per causas scire.

Viel Arbeit liegt vor uns. Schon steht fest, daß die Strahlungen mit ihren mannigfachen Abstufungen der Absorptionsfähigkeit und Durchdringbarkeit in ihren biologischen und therapeutischen Wirkungen voneinander abweichen. Diese Eigenschaften genauer festzustellen ist eine dringende Aufgabe. Nicht minder wichtig ist die Feststellung, auf welche Weise man die Substanzen am geeignetsten an den Ort gelangen läßt, an dem ihre Wirksamkeit erwünscht ist, und wie man die gesunden Teile vor unliebsamer Nebenwirkung schützt. Soviel darüber gearbeitet wurde, es ist noch nicht genug; noch sind lebhafte Debatten möglich, in denen von beiden Seiten mit guten Gründen gefochten werden kann. Eines geht aus allen Disputationen hervor: für die Medizin ist der Fortschritt untrennbar gebunden an die engste Berührung mit der Chemie und der Physik. Auch für diese exakten Disziplinen ist das Gebiet noch in steter Wandlung; fast jede Woche bringt neue Einsichten und Erkenntnisse. Diese nach ihrem Wert zu beurteilen ist nur der Fachmann imstande; bei ihm muß der Mediziner, der Biologe sich Rat erholen, mit ihm muß er die Probleme besprechen, die über den Kreis seines

Faches hinausgehen. Eine Zentralstelle für solchen Gedankenaustausch zu schaffen, war der hauptsächlichste Beweggrund zur Errichtung dieses Instituts. Ihm gesellten sich freilich Gründe anderer Art bei. Zahlreiche Einzeldisziplinen der Medizin sind aufs lebhafteste interessiert: innere Medizin und Chirurgie, Orthopädie, Dermatologie, vielleicht auch die Gynäkologie, von theoretischen Fächern die Anatomie und Physiologie, die experimentelle Pathologie und die Toxikologie, die Botanik in ihren theoretischen und praktischen Fächern, kurzum die Biologie in ihrem weitesten Sinne. Jede dieser Disziplinen kann in die Lage kommen, die verschiedensten strahlenden Elemente, und zuweilen in großen Mengen, benützen zu müssen. Es schien daher wünschenswert, das kostbare Material, das dem einzelnen oft schwer zugänglich ist, an einer Zentralstelle in genügender Menge vorrätig zur Disposition zu stellen. Der leidenden Menschheit, die von den neuen Heilkräften Genesung oder wenigstens Besserung erhofft, mußte ebenso eine Stelle geboten werden, an der ihr nicht allein die Heilmittel in geeigneter Form und Menge, sondern auch ärztliche Kräfte von spezialistischer Erfahrung zur Seite stehen konnten. So mußte eine Poliklinik angegliedert werden, in welcher Vertreter aller beteiligten praktischen Disziplinen gleichzeitig tätig sind und in gegenseitiger Beratung für jeden Einzelfall die zweckmäßigste Behandlungsmethode feststellen.

Von gleichen Beweggründen geleitet, hatte ein hochherziger Gönner der Universität Heidelberg die Errichtung eines Radiuminstituts ermöglicht. Indessen überschreitet das Maß des zu Leistenden die Kräfte einer einzelnen Anstalt, und gerade für Berlin, dem Sitz so vieler und bedeutender Forscher in dem Gebiet, war das Bedürfnis so offenkundig, daß wir seit zwei Jahren an dessen Verwirklichung zu arbeiten begannen. Zwei angesehene Firmen erklärten sich bereit, erhebliche Mittel beizusteuern. Indessen kamen die Verhandlungen ins Stocken, bis auf eine Eingabe unsererseits die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften dem Institut ihr Interesse schenkte und einen jährlichen Beitrag von 10000 M. zu geben beschloß. Se. Majestät der Kaiser und König hatte die Gnade, allerhöchstseine Genehmigung zu erteilen. Der Herr Minister der geistlichen und Unterrichtsangelegenheiten genehmigt auf Antrag der Kgl. Charitédirektion, daß das Institut der Titel „Radium-Institut der Kgl. Charité für biologisch-therapeutische Forschungen“ annahm.

Nachdem somit dessen Existenz gesichert war, erklärten sich

zwei Firmen, die Radiogengesellschaft Charlottenburg und die Allgemeine Radium-Aktiengesellschaft Amsterdam in hochherziger Weise bereit, zur Förderung der Wissenschaft ohne jede einschränkende Bedingung je einen Beitrag von 5000 M. jährlich zu leisten und das Institut mit dem erforderlichen Material und den Meßapparaten zu versehen.

Alle Unterstützungen wurden erbeten und gewährt auf die Zeit von drei Jahren. Möge das Institut zeigen, was es leisten kann. Es ist durchaus möglich, daß bis dahin ein gewisser Abschluß der Arbeiten erreicht wird. Ist aber nach Ablauf dieser Frist seine Aufgabe nicht erschöpft, hat es gehalten, was wir von ihm erhoffen, dann dürfen wir uns getrost der Zuversicht hingeben, daß es ihm an wohlwollenden Freunden nicht mangeln wird.

Die Leitung des Instituts ist dem Direktor unterstellt. Ihm zur Seite steht beratend und überwachend ein Kuratorium, in welches die Herren Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Bier, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Kraus, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Orth, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Hertwig, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Lesser, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Hildebrand, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Zuntz, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Markwald, Prof. Dr. Hahn einzutreten sich freundlichst bereit erklärt haben. Unterstützt wird der Direktor von einem Assistenten, Herr Dr. Gudzent; ein wohlerfahrener Chemiker, Dr. Neumann, leitet das Laboratorium, ihm zur Seite steht eine Laborantin. An Räumen sind vorhanden: ein Wartezimmer, ein größeres und ein kleineres Zimmer und ein Emanatorium zur Krankenbehandlung, ein Zimmer für physikalische Arbeiten, ein chemisches Laboratorium, ein Zimmer für Messungen, ein Dienerraum, ein photographisches Atelier nebst Dunkelzimmer. So ist alles zur Tätigkeit vorbereitet. Freudig gehen wir an die Arbeit, voll dankbarer Empfindung gegen alle, die das Unternehmen ermöglicht und gefördert haben.

Unser ehrerbietigster Dank gebührt vor allem dem Schirmherrn der Künste und Wissenschaften, unserm allergnädigsten Kaiser und König.

Wir schulden ihm ferner dem Herrn Minister, der die Angliederung an die Kgl. Charité genehmigte.

Er gebührt vor allem der Kaiser Wilhelmgesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, ihrem Präsidenten, Sr. Exzellenz dem Wirkl. Geh. Rat Prof. Harnack, und unserm Fürsprecher, Exzellenz Fischer. Mit warmer Herzlichkeit danken wir dem eifrigen

Förderer unserer Anstalt, Herrn Dr. Jordan. Wir danken der Kgl. Charitédirektion für ihr tatkräftiges Interesse; den Herren des Kuratoriums für ihre Bereitwilligkeit; und wir gedenken mit besonderer Anerkennung der wertvollen Unterstützung, welche uns Herr Bauführer Müller bei Umbau und Einrichtung des Instituts geleistet hat, und Herrn San.-Rat Behm, unserem Hausherrn, dessen geduldiges Entgegenkommen wir rühmend hervorheben wollen.

„Wissen ist Macht.“ Unter dem Zeichen dieses Baconischen Spruches möge die wissenschaftlich-humanitäre Doppelarbeit des Instituts blühen und gedeihen.

---

## Zur Radioaktivität der Mineralquellen.

Von **C. Engler** und **H. Sieveking**.

(Schluß.)

### Einheiten.

Wir kommen jetzt zu der Besprechung der üblichen Einheiten für die Radioaktivität der Quellwasser: Alle bisher besprochenen Apparate beruhen auf dem Ladungsverlust, den ein elektrostatisch einmal aufgeladener Konduktor erfährt in ionisierter Luft. Der Ladungsverlust in der Zeiteinheit ist ein Maß für die Stromstärke, der Proportionalitätsfaktor ist die Kapazität. Man erhält den Strom in elektrostatischen Einheiten, wenn man den Spannungsabfall pro Sekunde multipliziert mit der Kapazität, in den gleichen Einheiten gemessen; die elektrostatische Einheit der Spannung ist 300 Volt, die der Kapazität ein Zentimeter. Bei den bisher geschilderten Apparaten beträgt die Kapazität zwischen 10 und 20 cm, d. h. eine Kugel von jeweils entsprechendem Radius würde bei gleicher Ladung die gleiche Spannung zeigen.

Es muß die Bedingung der Sättigungsspannung erfüllt sein, d. h. die Stromstärke muß unabhängig sein von der angelegten Spannung, was im allgemeinen bei nicht zu hoher Ionisierung bei 200—300 Volt erreicht sein wird.

Würde man 1 Liter Quellwasser nehmen, es in der Elster-Geitel-Glocke oder im Fontaktoskop oder im Emanometer usw. messen, so würde der Wert der Stromstärke in elektrostatischen Einheiten selbst bei sehr beträchtlichem Emanationsgehalt durch eine sehr kleine Zahl dargestellt werden. So würde sich für die Gasteiner Grabenbäckerquelle 0,155 ergeben. Für schwache Quellen ergeben sich etwa 100 mal so kleine Zahlen; darum hat Maché in einer Arbeit über Aktivität von Quellen diesen so berechneten Wert stets mit 1000 multipliziert, wodurch einmal Brüche, andererseits aber auch zu hohe Werte vermieden werden.

Man hat sich diesem Vorgang angeschlossen und nennt die mit 1000 multiplizierte Einheit der elektrostatisch gemessenen Stromstärke eine Machéinheit, oft M.-E. abgekürzt.

Man sieht auf den ersten Blick, daß diese Einheit nicht allen Anforderungen entspricht, die an eine unabhängige, stets reproduzierbare Einheit gestellt werden können. Es geht in dieselbe eine Apparatenkonstante, die Kapazität, ein, und wenn auch alle Autoren sich tunlichst an gleiche Dimensionen gehalten haben, so liegt darin doch eine gewisse Willkür.

Die großen Bequemlichkeiten, die die Verwendung der Macheinheit gewährt, haben ihr zu einer großen Beliebtheit verholfen, und es wird trotz aller, besonders von englischer und amerikanischer Seite geäußerten Bedenken nicht leicht sein, sie durchweg zu verdrängen. In allen Prospekten und Übersichten in deutscher Sprache findet sich wohl ausnahmslos eine Angabe in Macheinheiten.

Einen brauchbaren Ersatz liefert die Angabe der in der Gewichtseinheit des Wassers enthaltenen Emanation in Kubikzentimetern oder des Quantums Radium, das mit dieser Menge Emanation im Gleichgewicht ist. Es ist auf dem letzten Internationalen Kongreß für Radiologie in Brüssel im Jahre 1910 eine Einheitenkommission ernannt worden, deren Aufgabe in erster Linie die Definition und Darstellung von Einheitswerten für radioaktive Messungen ist. Es ist denkbar, eine Radiumlösung herzustellen, die die Aktivität 1 besitzt, und alle zu untersuchenden darauf zu beziehen. Grundbedingung ist natürlich die unbegrenzte Haltbarkeit einer solchen Lösung oder zum mindesten eine genaue Kenntnis etwaiger Veränderungen. Wir werden bei der Besprechung künstlicher Radiumlösungen auf diese Frage nochmals zurückkommen.

Der nächstliegende Weg zur Fixierung einer Einheit ist folgender.

Nach Curie und Duane<sup>1)</sup> unterhält die mit 1 g Radium im Gleichgewicht befindliche Emanationsmenge einen Sättigungsstrom von  $5,3 \cdot 10^5$  E.-S.-E.; das entsprechende Volumen der Emanation ist 0,57 cmm. Auf Grund dieser Daten läßt sich aus dem Sättigungsstrom, den die in der Gewichtseinheit des Wassers enthaltene Emanation zu unterhalten vermag, ihr Betrag in Kubikmillimetern berechnen bzw. der Betrag von Radium, der zu ihrer dauernden Nachlieferung erforderlich sein würde.

Auf dem bereits zitierten Kongreß ist angeregt worden, daß der Menge Emanation, die im Gleichgewicht ist mit einem Gramm

---

<sup>1)</sup> Bei E. Ebler, Zeitschr. f. anorg. Ch., 1911, 72, S. 243.



reinen Radiums, ein bestimmter Name beigelegt werde. Als Name wurde vorgeschlagen „ein Curie“ zum ehrenden Andenken an Herrn P. Curie und Frau S. Curie. Unterteilungen sind dann das Milli-Curie ( $\frac{1}{1000}$ ) und das Mikro-Curie ( $\frac{1}{10^6}$ ). Hat man garantierte Standardlösungen, so kann man mit diesen sämtliche obigen Apparate eichen und dann ihre Angaben umrechnen von Macheeinheiten auf Curies.

Aber auch ohne solche kann bei bekannter Kapazität auf Grund obiger Daten eine Umrechnung erfolgen. Ein Beispiel dafür gibt Ebler in der eben zitierten Arbeit. Die Maxquelle zu Dürkheim hat eine Aktivität von 5,5 Macheeinheiten, ein Liter enthält  $103,8 \cdot 10^{-10}$  „Curie“.

So anerkennenswert auch die Wahl dieser Einheit aus Pietätsrücksichten ist, so ist es doch nicht ganz unbedenklich, einem Betrag, der sich auch ohnehin absolut ausdrücken läßt in Grammgewicht oder Kubikzentimeter Volumen noch einen besonderen Namen zu geben. Man sollte die Namen für solche Einheiten wählen, die sich nicht anders kurz benennen lassen, wie es für die sogenannten „abgeleiteten“ Einheiten des absoluten Maßsystems, beispielsweise das Ohm, das Ampere u. a. der Fall ist. Wir haben seinerzeit vorgeschlagen<sup>1)</sup>, das elektromagnetische Maß der Stromstärke als Einheit zu wählen und, um kleine Zahlen zu vermeiden, dasselbe mit  $10^{12}$  oder einer Billion zu vergrößern; auch diese Einheit läßt sich natürlich leicht in die obigen umrechnen.

Verwickelter wird die Einheitsfrage, wenn es sich nicht um radioaktive Wasser handelt, sondern um Gase; hier ist die oft angewandte Angabe in Macheeinheiten direkt zu verwerfen. Man sollte entweder die elektrostatisch oder elektromagnetisch definierte Sättigungsstromstärke angeben oder unter genauer Angabe des benutzten Apparates den Voltabfall pro Stunde, oder noch besser die Anzahl der Ionen, die in einem Kubikzentimeter enthalten sind. Zur Berechnung letzteren Wertes braucht man nur die Sättigungsstromstärke zu dividieren durch das Elementarquantum, d. h. den von einem Elektron transportierten Elektrizitätsbetrag. So erhält man die Anzahl der Träger. Wir wollen dies an der Hand eines Zahlenbeispiels erläutern.

Mit einem Elster-Geitel-Elektroskop sei eine Ionisierungskammer von 2 Liter verbunden. Die Kapazität des Elektroskops

<sup>1)</sup> C. Engler u. H. Sieveking, Zeitschr. f. anorg. Chemie, 1907, 53.

bei aufgesetztem Zerstreungszylinder, der in die geschlossene Ionisierungskammer isoliert eingeführt ist, beträgt 12 cm. Beobachtet wurde ein Abfall von 20 Volt pro Stunde.

Dann ist die Stromstärke

$$\frac{20}{300} \cdot \frac{12}{3600} \text{ oder } 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ elektrostat. Einheit}$$

$$\text{oder } 0,75 \cdot 10^{-13} \text{ Ampere.}$$

Ist  $g$  die Anzahl Ionen im Kubikzentimeter und  $1,55 \cdot 10^{-19}$  Coulomb die Elektrizitätsmenge eines Ions, so folgt aus der Gleichung

$$0,75 \cdot 10^{-13} = g \cdot 2000 \cdot 1,55 \cdot 10^{-19} \text{ für } g \text{ der Wert } 242.$$

Im Kubikzentimeter sind also 242 Ionen enthalten.

Die stets wieder auftauchende Angabe einer Luftzerstreuung von beispielsweise 200 oder 100 Volt hat nur Sinn, wenn der Apparat genau angegeben ist. Auch hierauf werden wir nochmals zurückkommen bei der Besprechung der radioaktiven Emanatorien. Verschiedene Messungen vereinigt man am besten miteinander dadurch, daß man sie mit der Ionisation vergleicht, die man im gleichen Apparat mit der Emanation erhält, welche in einer bekannten Zeit von einer titrierten Lösung eines reinen Radiumsalzes entbunden wird.

Auf Grund der Erwägung, daß die in einem Liter Wasser oder Gas einer stark radioaktiven Quelle enthaltene Emanation von der Größenordnung ist der von einem Milligramm Radium pro Minute erzeugten Menge, nehmen P. Curie und Laborde die Milligramm-minute als Einheit der Quellradioaktivität.

Nimmt man 10 Liter Wasser, so ergibt sich für die Grabenbäckerquelle in Gastein 10,6 Milligramm-Minuten, für die alt-römische Therme Lacco Ameno (Ischia) 26,4 Milligramm-Minuten, während sie in Mache (1 Liter) 149 bzw. 372 zeigen. Der Umrechnungsfaktor<sup>1)</sup> ist danach leicht zu berechnen.

Eine genaue Bestimmung der Emanation ist nicht nur als selbständige Messung, sondern auch zur Bestimmung des Gehalts an Radium unentbehrlich. Aus diesem Grunde hat Frau Curie<sup>2)</sup> die Bestimmungsmethode aufs genaueste ausgearbeitet.

<sup>1)</sup> Der durch Auswerten des Apparates bestimmte Umrechnungsfaktor beträgt 141; danach wäre 1 mg Ra-Minute 141 Mache, 1 mg Ra-Sekunde 2,6 Mache. Die gleiche Zahl gibt Löwenthal (Grundriß der Radiumtherapie, S. 37), während v. Weszelsky (Ph. Zeitschr., 1912, 13, S. 240) 1 mg Ra-Sekunde = 4,35 Mache angibt.

<sup>2)</sup> S. Curie, Radioaktivität, 1, 278 ff.

Bekanntlich geben feste Radiumverbindungen nur relativ wenig Emanation ab, und auch je nach den äußeren Bedingungen, unter denen namentlich die Feuchtigkeit und die Porösität der Substanz eine wichtige Rolle spielen, in verschiedenem Grade. Man bringt daher das Salz in zugeschmolzenen Gefäßen in Lösung und saugt nach genügender Anreicherungszeit die entwickelte Emanation mit einem Luftstrom in einen evakuierten Kondensator. Praktisch ist eine Lösung in 30 Tagen vollständig herangereift; die Anreicherungskurve ist aber genau bekannt; es genügt daher eine geringere Zeit, die freilich auch genau bekannt sein muß.

Als Maß der Emanation in Wassern haben wir sonach vier verschiedene Einheiten:

1. die Macheeinheit;
2. das Curie (Milli- und Mikro-Curie);
3. die Milligramm-Minute;
4. die Stromstärke in Billiampere.

Das Maß der entwickelten Emanation ist bekanntlich auch die bequemste Methode, die relative Radiummenge in verschiedenen Gesteinen zu prüfen. Hierüber sind eingehende Untersuchungen von Strutt ausgeführt mit dem Ergebnis, daß vulkanische granitische Gesteine die radiumreichsten sind. Sie enthalten im Mittel  $1,7 \cdot 10^{-12}$  Gramm Radium in 1 Gramm Gestein.

Der aus solchen Mittelwerten berechnete Gehalt der Erdoberfläche an radioaktiver Materie ist natürlich sehr unsicher, doch ist die Wahrscheinlichkeit gegeben, daß die stets vorhandene bereits oben besprochene Ionisation der Luft durch die radioaktiven Substanzen in der Erde und Luft befriedigend zu erklären ist.

### Ursprung der Aktivität.

Es liegt nahe, nach Beziehungen zwischen der Beschaffenheit des Erdreiches und der Stärke der Quellen zu suchen. Zur Klärung der Frage nach dem Ursprung der Aktivität sei auf die Quellen von Baden-Baden hingewiesen. Aus dem sehr ähnlichen Salzgehalt derselben ist zu schließen, daß sie aus einer gemeinschaftlichen Urquelle stammen, und daß letztere sich durch verschiedene Spalten und Risse in den Gesteinsschichten in die einzelnen Quellen teilt. Die Radioaktivität konnte dabei ebensowohl in der Tiefe der Urquelle aufgenommen werden, als auch, da die geteilten Quellarme im ganzen die gleichen Gesteinsschichten passieren,

in höheren Regionen. Die verschiedene Temperatur der Quellen des höheren Regionen. Die verschiedene Temperatur der Quellen des gleichen Komplexes ist wohl nur die Folge des verschieden weiten beziehungsweise raschen Laufes ihres Wassers in den oberen kälteren Schichten, wobei das auf Umwegen oder langsamer aufsteigende Wasser sich stärker abkühlt, als das rasch laufende. Andererseits kann das heiße Wasser weniger Radiumemanation gelöst halten, zumal wenn auch nach oben zu der Druck abnimmt, wodurch es sich erklären dürfte, daß die kühleren Quellen ein und desselben Thermalgebietes die radioaktivsten sind. Im ganzen halten wir es für wahrscheinlicher, daß die radioaktiven Stoffe der Badener Thermen nicht aus großen Tiefen der Erde heraufdringen, sondern den oberen Verwitterungsschichten entstammen.

Die Ansicht, wonach der hohe Gehalt mancher Thermalwasser damit zusammenhängen soll, daß diese aus tieferen Schichten, gewissermaßen dem Erdinnern, entstammen und aus diesen an Radium reicheren Massen reichlicher Emanation aufnehmen, läßt sich auf Grund unserer Wahrnehmungen hoher Radioaktivitätswerte bei ganz kalten Mineralquellen des Schwarzwaldes nicht aufrecht erhalten. Viel wahrscheinlicher ist es, daß auch da die Aufnahme in weiter nach oben liegenden Verwitterungsschichten erfolgt, und daß diese Aufnahme durch die aufschließende Wirkung des warmen Wassers der Thermen nur begünstigt wird.

So wie die Eruptivgesteine im Mittel den größten Radiumgehalt aufweisen, so zeigen auch die aus ihnen zutage tretenden Quellen in der Regel mehr Emanationsgehalt als die aus Sedimentgesteinen ausbrechenden. Es sei hier auf eine interessante Mitteilung von Mache<sup>1)</sup> hingewiesen, aus der hier das wichtigste wiedergegeben werden möge. Der Parallelismus zwischen Radioaktivität der durchflossenen Schicht und Emanationsgehalt des Wassers liegt auf der Hand für Quellen, die in ihrem Lauf nahe der Oberfläche bleiben. Aber auch bei Wassern, die aus größerer Tiefe stammen, ist dieser Zusammenhang zu erwarten, wenn man annimmt, daß auch hier das Wasser erst in den letzten Schichten, durch die es langsam aufsteigt, den größten Teil der Emanation erhält.

Für diese Annahme spricht der Umstand, daß die kalten Quelladern, die weit oder lange in den oberen Schichten verweilen,

---

<sup>1)</sup> H. Mache, C. R. Congr. Int. Radiol., Brüssel 1910, S. 540.

prozentisch reicher sind als naheliegende heiße. Bedingende Faktoren sind nach Mache:

1. Aktivität der letzten Schichten.
2. Laufzeit in denselben.
3. Berührungsfläche.
4. Die Temperatur.

Der letzte Faktor ist deswegen von Bedeutung, weil erhöhte Temperatur das Vermögen, Spuren des im Gestein enthaltenen Radiums selbst zu lösen, vergrößert. So erklärt sich die mehrfache Beobachtung, daß die heißesten Quellen einer Thermengruppe die radiumreichsten Sedimente absetzen. Auf den Ausfall der gelösten Radiumsalze durch Bildung von Peroxyden, auch anderer Oxydationsprodukte, oder durch kolloidale Substanzen ist oben bereits hingewiesen. Für die Löslichkeit der Emanation im Wasser ist die Temperatur nicht von großem Belang. Der Absorptionskoeffizient ist allerdings von der Temperatur abhängig in der Weise, daß kaltes Wasser mehr Gas aufzunehmen vermag als warmes.

Als Beleg für diese Angaben mögen die Verhältnisse der Baden-Badener Thermen in Erinnerung gebracht werden. Die kalte Büttquelle zeigt die höchste Aktivität (im Mittel zirka 100 Mache). Ihre Sedimente sind kaum aktiv.

Die heiße Ursprungs- und Hauptstollenquelle, deren Aktivität etwa vierzehnmal geringer ist, lagert aktive Substanzen als Sedimente ab, deren Aktivität von der Größenordnung des Urans ist.

Wir haben in den bereits zitierten früheren Arbeiten eine Übersicht über eine große Zahl von Quellen in Deutschland, Österreich und Italien gegeben. Dazu ist zu bemerken, daß die angeführten Werte, da bei deren Feststellung ein und derselbe Apparat und ein und dieselbe Untersuchungsmethode zur Anwendung kamen, einen zuverlässigen Vergleich der Stärke der Aktivität der verschiedenen Quellen zwar zulassen, daß jedoch auch diese Vergleichswerte nur einen relativen Wert besitzen können für die jeweiligen äußeren Bedingungen, unter denen sich die einzelnen Quellen bei der Probeentnahme befanden.

Nach unseren Erfahrungen, die mit denjenigen übereinstimmen, welche H. Mache an den Marienbader Quellen gemacht hat, zeigen viele Mineralquellen einen wechselnden Aktivitätsgrad. Abgesehen von tieferliegenden Ursachen, die wir vielleicht noch nicht kennen, dürften in vielen Fällen die sogenannten Tagewasser oder Niederschlagswasser von Regen, Schneeschmelze usw. einen Einfluß auf die Stärke der Aktivität ausüben, wenn sie,

was des öfteren an der Wasserzunahme bei starkem Regen offensichtlich ist, in den oberen Boden- oder porösen Gesteinschichten sich den Mineralquellen zugesellen. So ergab beispielsweise bei früheren Untersuchungen die Büttquelle bei andauerndem Regen relativ niedrige (82 Macheeinheiten), später bei Wasserklemme sehr hohe (über 120 Macheeinheiten) Werte. Auch der Gehalt der Murquelle und einer Anzahl anderer von uns untersuchten Quellen ist etwas schwankend, und ob überhaupt die Radioaktivität irgend einer Quelle völlig konstant bleibt, wissen wir keineswegs. Uns ist ein Fall bekannt, wo Ergiebigkeit, Temperatur und Aktivität einer Quelle sich in direkter Abhängigkeit von einer Wildwasserzuleitung durch eine über dem Austritt liegende Halde erweisen. Soviel aber kann aus den bis jetzt durchgeführten Untersuchungen geschlossen werden, daß bei gut und richtig gefaßten Quellen diese Schwankungen nicht groß sind und daß deshalb stark aktive Quellen stets stark aktiv bleiben und nie ins Gegenteil umschlagen, sondern nur innerhalb gewisser Grenzen schwanken. Desgleichen bleiben auch die schwachaktiven im allgemeinen als solche erhalten.

Hier können nur während längerer Zeit durchgeführte Kontrollbestimmungen entscheiden. Einrichtungen solcher Kontrollen, die an Ort und Stelle von Ärzten oder Apothekern mittels der jetzt vervollkommenen Apparate leicht durchgeführt werden könnten, sind dringend anzuraten.

#### Vergleichende Aktivitätswerte.

Eine kurze Betrachtung über die Größenordnung der Radioaktivität dürfte von allgemeinem Interesse sein. Wir bedienen uns dabei der Macheinheit; Quellen mit weniger als 10 Mache, die wir als „schwache“ bezeichnen wollen, sind so zahlreich, daß eine Wiedergabe unmöglich ist; aber auch Quellen von über 10 Mache, also stärkere sind nicht selten. Umfangreiche Untersuchungen der kalten Quellen Badens, die von uns und Herrn Lautenschläger ausgeführt wurden, ergaben auszugsweise:

Dollenquelle bei Oos-Scheuern . .	16,1	Mache	11,0°	Celsius
Gunzenbachquelle . . . . .	10	„	11°	„
Galgemattquelle bei Oos-Scheuern	12,3	„	13,3°	„
Badenweiler Markgrafenquelle . .	10,4	„	11°	„
Säckingen, Quellenaustritt . . .	13	„	kalt	
Sirnitz i. Schwarzwald . . . . .	12,1	„	„	
Antogast . . . . .	16	„	„	

Wie schon früher mitgeteilt, gibt es in Bad Griesbach 6 kalte Quellen zwischen 26 — 13 Macheeinheiten. Überhaupt zeigen die aus Granit oder Gneis austretenden Quellen des badischen Schwarzwaldes sehr oft erhebliche Radioaktivität. Das Maximum der Aktivität zeigen die sächsischen Quellen bei Brambach. Nach Mitteilungen, die wir der großen Freundlichkeit des Herrn Dr. Weidig, der mit Herrn Prof. Dr. Schiffner die Quellen des Königreichs Sachsen eingehend untersucht hat, verdanken, gibt es dort ganze Serien von Quellen mit 100 oder mehreren hundert Einheiten.

An der Spitze steht die „Neue Quelle“ von Brambach<sup>1)</sup> mit 1965, ein Eisensäuerling mit großem Gehalt von Glaubersalz; die dortige Grenzquelle hat 361 Macheeinheiten. Die hohe Radioaktivität dieser Quellen steht jedenfalls mit den dortigen Uranerzvorkommen in Verbindung. Sehr hohe Aktivitätswerte zeigen auch die Grubenwässer der böhmischen Uranerzlager bei Joachimstal. Nach Angaben der Bergwerksverwaltung hat das aus dem Gesteinsbarren zusammengeführte Wasser beim Austritt aus dem Mundloche des Sammelstollens, wo es zu Badezwecken entnommen wird, 600 Mache. Diese Angabe verdanken wir ebenfalls einer freundlichen brieflichen Mitteilung des Herrn Weidig.

#### Medizinisch-physiologische Einzelheiten.

Die Annahme, daß die bewährte Heilkraft gewisser Thermalquellen durch die Radioaktivität zu erklären sei, gewinnt immer mehr an Boden, zumal da für viele derselben eine andere Ursache heilkräftiger Wirkung, wie z. B. für die berühmten Thermen von Gastein, nicht aufgefunden werden kann. Es ist ja schon auf den ersten Blick einleuchtend, daß sich manche längst bekannten Charakterzüge der Bäderkuren unter diesem neuen Gesichtswinkel ungezwungen erklären lassen. In erster Linie ist hier der Verlust der Wirksamkeit zu nennen, den viele Quellwasser trotz sorgfältigster Behandlung beim Versand stets aufwiesen; die Emanation zerfällt in ungefähr vier Tagen auf die Hälfte, und es ist selbst bei stark aktiven Quellen nach einigen Wochen keine Aktivität mehr zu bemerken. Auch künstliche Imitationen der Quellwasser ließen bei sorgfältigster Zusammensetzung nicht die gleiche Wirksamkeit erkennen; es fehlte ein unbekanntes Agens, das man wohl den Brunnengeist nannte. Ganz indifferente Thermen, wie die Gasteiner

---

<sup>1)</sup> M. Weidig, Zeitschr. f. öff. Chemie, 1911, Heft 12.

Wasser, hatten bisher, da man ihren Gehalt an Emanation nicht kannte, zu den seltsamsten Hypothesen Veranlassung gegeben; man hatte magnetische und elektrische Kräfte im Wasser vermutet und glaubte durch anomales Verhalten bei der Elektrolyse oder bei der Temperaturleitung dafür eine Bestätigung zu finden.

Freilich glaubten viele das heilkräftige Agens auch ohne Radium erklären zu können; heiße Bäder, verbunden mit einem stärkenden Kuraufenthalt und veränderten Lebensbedingungen, sind ja sicher von einschneidender Wirkung auf den Organismus.

Wir sind nicht berufen, zu diesen mehr ärztlichen Fragen Stellung zu nehmen. Nur auf einige Punkte wollen wir hinweisen. Die physiologischen Wirkungen des Radiums sind nicht zu leugnen. Starke Präparate wirken auf organische Substanzen in einer Weise ein, die ähnlich ist der Wirkung der Röntgenstrahlen. Die tötende Wirkung der Radiumstrahlung auf Bakterien ist nachgewiesen, ebenso die Wirkung der Emanation auf Tiere, die in dem aktiven Wasser sich aufhalten.

Radiumemanation muß in konzentrierter Form nach alledem als Gift betrachtet werden, das in großer Verdünnung anregend wirken kann.

Die ärztliche Literatur über dies Thema ist mächtig angewachsen.

Es sind im wesentlichen drei Arten von Applikation zu unterscheiden:

1. lokale Anwendung von Radium, Radiumlösungen und hochaktivierten Lösungen zur Bekämpfung bösartiger Gebilde,
2. Trink- und Badekuren mit hochaktivem Wasser,
3. Einatmung emanationshaltiger Luft.

Die ersten systematischen Untersuchungen hierüber dürften diejenigen von Stegmann und Just<sup>1)</sup> mit den radioaktiven Thermen von Baden-Baden sein. Weiter sei hier hingewiesen auf eine Abhandlung von Eichholz<sup>2)</sup> über „Radium und Radiumtherapie“, in der über die zurzeit im Vordergrund des Interesses stehende Wirkung von Radium auf maligne Tumoren, über Erfolge bei Trink- und Badekuren mit emanationshaltigem Wasser, über Anwendung bei inneren Leiden, endlich über die Frage, wie die Radioaktivität in den Körper eindringt, wie sie resorbiert und aus-

---

<sup>1)</sup> Stegmann und Just, Wiener klin. Wochenschr., 1906, Bd. 19, Nr. 25.

<sup>2)</sup> Eichholz, Ärztl. Mitteil. über Radium in Bad Kreuznach.



geschieden wird, von fachmännischer Seite berichtet wird. Ferner auf das neuerdings erschienene Buch von Loewenthal<sup>1)</sup>, der um die Einführung des Radiums in die Therapie sich zuerst und in hervorragendem Maße verdient gemacht hat.

Unsere eigenen, lediglich am gesunden Organismus ausgeführten Versuche bestätigen die Anschauung, daß die Emanation in erster Linie durch Atmung in den Organismus eintritt, daß nur geringe, aber mit Sicherheit nachzuweisende Mengen durch den Urin den Körper wieder verlassen, daß große Mengen ohne Schädigung vertragen werden, sowohl bei längerer Einatmung im Quellstollen, wie auch bei Bädern in Wasser von 100 Macheinheiten, wobei sich höchstens Erscheinungen individueller Natur, wie leicht gesteigerte Erregbarkeit u. dgl., zeigte. Die schon erwähnten Versuche von Stegmann und Just<sup>1)</sup>, bei denen Wasser der Badener Büttenquelle durch den Mund und den Darm in den Körper eingeführt wurde, bei denen ferner Bäder in der Quelle genommen wurden, führten zu dem Ergebnis, daß die Emanation den Körper hauptsächlich auf dem Wege durch die Atmungsorgane wieder verläßt, daß beim Baden Emanation in den Körper eindringt und durch den Urin nur sehr geringe Mengen wieder ausgeschieden werden. Im kranken Organismus beruht die Wirkung der Emanation nach Gudzent auf der Umwandlung der schwer löslichen Form des Mononatriumurats in die leichter lösliche Form, wodurch etwaige Harnsäuredepots verhindert oder schon gebildete leichter resorbierbar werden.

Unsere eigenen Versuche über physiologische Wirkung der Emanation erfolgten anlässlich der Untersuchung in den Badeorten Baden-Baden und Badenweiler. Bei diesen Versuchen haben wir eine Reihe von Wahrnehmungen gemacht, die nicht ohne allgemeines Interesse sein dürften. Aus der Erkenntnis, daß der wirksame Bestandteil einer Quelle ein im Wasser gelöstes Gas sei, ergeben sich technisch eine Reihe naheliegender Fingerzeige.

Untersucht man die Stärke einer Quelle am Austritt und verfolgt die Aktivität längs des Weges über Reservoirs, Verteilungskästen, Leitungen bis in die Badewanne, so findet man naturgemäß einen um so erheblicheren Verlust, je ausgedehnter diese Teile der Badeeinrichtungen sind, je mehr eben dem gelösten Gas Gelegenheit gegeben ist, zu entweichen. Unnötige Stauungen sind also zu vermeiden.

<sup>1)</sup> Loewenthal, Grundriß der Radiumtherapie. Wiesbaden 1912.

Wir wollen davon absehen, dies durch die vielen uns zur Verfügung stehenden Zahlen zu belegen, die je nach der Anlage ganz verschieden sind und nur lokales Interesse haben; ganz allgemein aber läßt sich sagen, daß durch Verwendung vollkommen geschlossener Leitungen, nicht zu langes Ansammeln in Reservoirs und rationelles Einfüllen in die Wannen (Eintritt von unten, nicht in größerer Entfernung vom Wasserspiegel von oben) sich die Verluste sehr reduzieren lassen. Man kann auch auf größere Entfernungen Thermalwasser ohne erhebliche Verluste leiten, wie die erfolgreiche Anlage der Verbindung von Bad Gastein nach Hof-Gastein beweist; ebenso ist in Baden-Baden die Büttenquelle vom Austritt in die untere Stadt geleitet, um dort zu Trink- und Inhalationskuren verwandt zu werden, ohne daß ein nennenswerter Verlust an Emanation stattfindet.

In letzter Zeit hat sich das ärztliche Interesse den Inhalationskuren in erhöhtem Maße zugewendet. Zu diesem Behuf wird das emanationshaltige Wasser in einem mäßig großen, gut verschließbaren Raum verstäubt, derart, daß es den größten Teil seiner Emanation abgibt. In diesen Räumen halten sich die Patienten einige Stunden auf und atmen die Emanation ein. Um über das Maß der erzielten Ionisierung einen Überblick zu gewinnen, empfiehlt sich folgende Überlegung.

Man denke sich den Atmungsraum als eine Vergrößerung der oben beschriebenen Schüttelkanne; letztere hat ein Volumen von 10 Litern; durch Schütteln mit einem Liter Thermalwasser kann man der Luft in der Kanne ein erhöhtes Leitvermögen mitteilen, das aus dem Machegehalt des Wassers zu berechnen ist, umgekehrt wie bei dem Verfahren zur Bestimmung der Stärke des Wassers.

Nun nimmt man an, daß bei der Zerstäubung im Atmungsraum  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$  der Emanation im Wasser zurückbleibt und mit diesem den Raum ungenutzt verläßt. Der Verlust ist bei richtiger technischer Anlage geringer, doch muß auf Vermeidung zu hoher Feuchtigkeit gesehen werden, so daß eine vollständige Austreibung durch Verstäuben nicht angängig ist. Man kann auf diese Weise abschätzen, wie hoch die Ionisierung in einem Raum von beliebiger Dimension bei der zur Verfügung stehenden Wassermenge ausfallen wird.

Eine Leitfähigkeit z. B., die in dem von uns angegebenen Schüttelgefäß unter Anwendung des Fontaktoskops eine Erhöhung von 300—400 Volt gegenüber dem Normalverlust in normaler Luft

bewirkt, soll nach ärztlichen Angaben ein Optimum der Wirkung haben.

Wie schon oben gesagt, hat eine solche Angabe nur dann einen Sinn, wenn der Apparat genau angegeben ist nach Art und Größe. Aus dem Sättigungsstrom läßt sich genau wie oben der absolute Gehalt an Emanation berechnen oder die damit im Gleichgewicht stehende Radiummenge oder endlich die Anzahl der Ionen im Kubikzentimeter. Ist der Betrag höher, so hat man insofern günstige Verhältnisse, als man durch Öffnen der Türen und Fenster den hygienischen Anforderungen betreffend Gehalt der Luft an Kohlensäure und Wasserdampf oder anderen irrespirablen Beimengungen Rechnung tragen kann. Als wirksames Mittel zur Herabsetzung der Feuchtigkeit empfehlen wir das Hindurchleiten der aktiven Luft vor ihrer Verwendung im Emanatorium durch mit Leitungswasser gekühlte Röhren. Hat man stark aktive Luft von Quellstollen zur Verfügung und will an Wasser sparen, so empfiehlt es sich, durch eine Saugvorrichtung die aktive Stollenluft anzusaugen und mit zu verwerten. Dieses kombinierte Verfahren ist auf unsere Veranlassung zum erstenmal in Baden-Baden erfolgreich durchgeführt. Die Luft des Stollens der Büttenuelle in Baden, dessen Wasser im Mittel 100 Mache hat, zeigt einen Aktivitätswert im Fontaktoskop von 5000—8000 Voltstunden. In manchen Stollen der Badener Thermen geht aber die Aktivität der Stollenluft erheblich über den der Aktivität des betreffenden Wassers entsprechenden Wert, wie z. B. die Luft des Kirchenquellstollens eine Aktivität entsprechend 3000 Voltstunden (Fontaktoskop) aufweist, während das Wasser dieser Quelle die geringste Aktivität sämtlicher Quellen von Baden-Baden, 3,5 Mache, besitzt. Die Luft in diesem Stollen enthält auch mehr Helium als die der benachbarten Stollen. Ein Beispiel für die Berechnung eines Emanatoriums möge hier folgen.

Hat man beispielsweise 1500 Liter pro Tag und beträgt die Aktivität 120 Mache, so würden sich damit, da durch ein Liter dieses Wassers 10 Liter Luft im Fontaktoskop eine solche Leitfähigkeit erhalten, daß der Verlust pro Stunde ca. 10000 Voltstunde beträgt, 15 Kubikmeter entsprechend ionisieren lassen. Hat man ein Emanatorium von 60 Kubikmetern, so wäre die Ionisierung viermal kleiner, also gleich 2500 Volt, gemessen im Fontaktoskop, das zu diesem Behuf mit kaltem, neutralem Wasser gefüllt und im Emanatorium ausgeleert wird, um sich mit der dortigen Luft zu füllen.

Von dieser theoretisch berechneten Stärke ist ein Betrag von  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$  abzuziehen, da nicht alle Emanation aus dem Wasser entweicht. Da der von ärztlicher Seite vorgeschlagene Wert 300 bis 400 Volt weit unter obigem Wert liegt, so sieht man, daß man unter solchen Verhältnissen mit Sicherheit darauf rechnen kann, bei etwa fünfmaliger Lüftung und je zwei Stunden Ansammlungsdauer, was dem täglichen Betrieb entsprechen würde, eine genügende Wirkung zu erzielen, zumal wenn man das allnächtlich angesammelte Wasser in einem gut geschlossenen Behälter zur Verwendung am darauffolgenden Tage aufammelt.

Verwendet man neben Wasser auch noch Stollenluft zur Speisung des Emanatoriums, so muß die Zufuhr an solcher Luft nach ihrer Aktivität reguliert werden. Führt man z. B. in ein Emanatorium von 50 cbm Rauminhalt 10 cbm Stollenluft von 3000 Voltstunden ein, so wird die Luft im Emanatorium 600 Voltstunden aufweisen. Alles gemessen mit dem Fontoskop. Die Größe des Stollens und die Geschwindigkeit der Regeneration der Aktivität seiner Luft müssen bei Anlage von Emanatorien natürlich mit in Rechnung gezogen werden.

Es liegt nahe, solche Emanatorien auch dort einzurichten, wo man keine natürliche Emanation zur Verfügung hat oder nicht in genügend hohem Betrage.

Aber auch radioaktive Wasser lassen sich durch Verwendung von Radium künstlich aktivieren. Es ist dies der Ausgangspunkt einer ganz neuen Industrie geworden.

#### Künstliche Radiumwasser.

Zuerst hat man Wasser mit Emanation angereichert und dann, mit dem genauen Datum und Grad der Aktivierung versehen, in den Handel gebracht. Aus dem Alter läßt sich in solchen Fällen der jeweilige Gehalt nach einer bestimmten, nicht zu langen Zeit berechnen.

Dann aber hat man auch haltbare Wasser hergestellt, in denen die abklingende Emanation nachgebildet wurde aus dem in ihnen aufgelösten Radiumsalz.

Die wichtigsten Fragen, die sich hier ergeben, sind die nach der genauen Dosierung und der Haltbarkeit der Lösungen.

Die erste Frage ist nicht schwierig: eine genau bekannte Menge käuflichen Radiumbromids, dessen Aktivität durch seine  $\gamma$ -Strahlung kontrolliert werden kann, dient zur Herstellung

einer Normallösung, von der eine genau berechnete Verdünnung hergestellt wird. Von solchen Lösungen werden jetzt jeder der käuflichen Trink- oder Badeflaschen ein oder nach Bedarf mehrere Tropfen zugesetzt und die Flaschen einem Reifeprozess überlassen, der nach 30 Tagen beendet ist.

Läßt man die Lösung aus einem Glasröhrchen mit kapillarem Ausfluß austropfen, so kann das Gewicht jedes einzelnen Tropfens sehr genau bestimmt werden. Zur Einfüllung in des Tropfgefäß bedient man sich mit gutem Erfolg einer geeichten Injektions-spritze. Die Frage nach der Haltbarkeit ist nach unserer Meinung noch nicht vollständig geklärt. Selbst bei größerer Vorsicht scheint ein Ausfallen der aktiven Substanz und eine damit verbundene Abnahme der Emanationsabgabe nicht zu vermeiden. Unter die Vorsichtsmaßregeln gehören Zusatz von Salzsäure, Auskochen der Korkstopfen, peinlichste Sauberkeit. Für die Radiumindustrie sind diese Fragen natürlich von größter Wichtigkeit.

Frau Curie, die von der Internationalen Einheitenkommission mit der Herstellung von Radium-Standardlösungen beauftragt ist, äußert sich hierüber wie folgt<sup>1)</sup>:

„Die Herstellung verdünnter Vergleichslösungen ist eine schwierige Operation, die mit größter Sorgfalt ausgeführt werden muß, damit die Bildung unlöslicher Niederschläge vermieden wird. Die Aufbewahrung solcher Lösungen scheint ebenfalls auf Schwierigkeiten zu stoßen. Es hat den Anschein, daß eine völlig klare Lösung dennoch einen Verlust an Radiumsalz erleiden kann, indem dieses vielleicht vom Glas absorbiert wird. Die Haltbarkeit der Hilfslösungen wird erhöht, wenn man ihnen eine kleine Menge reinen Bariumsalzes zusetzt, da das Barium das Radium bei den Reaktionen vertreten kann, die dahin führen würden, das letztere unlöslich zu machen. Solche Hilfslösungen sind monatelang unverändert haltbar und zeigen eine konstante Emanationsentwicklung.“

Und auf Seite 164 desselben Bandes:

„Das Radiumsalz ist außerordentlich schwer löslich. Destilliertes Wasser und die reinen käuflichen Säuren enthalten Spuren von  $H_2SO_4$ , die genügen, Radium zu fällen. Das Vorhandensein solcher Spuren von  $H_2SO_4$  kann nicht direkt mit  $BaCl_2$  nachgewiesen werden, aber der Rückstand einer hinreichend großen Menge verdampften destillierten Wassers oder reiner käuflicher Säuren gibt mit  $BaCl_2$  einen Niederschlag.

<sup>1)</sup> S. Curie, Radioaktivität, I, 288.

Alle diese Reagenzien sind infolgedessen besonders bereitet worden. Das Wasser wurde zuerst aus Glasgefäßen destilliert, aber das erwies sich als ungenügend — vielleicht wegen des Vorhandenseins von Sulfaten im Glase. . . . Diese Vorsichtsmaßregeln haben wohl den Erfolg gehabt, die Bildung eines unlöslichen Rückstandes bedeutend zu verringern, aber gänzlich haben sie sie nicht verhindert. Die jetzt noch entstehenden sehr geringen unlöslichen Rückstände konnten nur darauf zurückgeführt werden, daß die Porzellan- und Glasschalen vom  $\text{RaCl}_2$  angegriffen wurden. . . . Die unlösliche Substanz bildet sich nach und nach bei oft wiederholtem Eindampfen einer Salzlösung. Möglicherweise ist es ein Silikat, aber ich habe mich darüber nicht vergewissert<sup>1)</sup>.“

E. Rutherford schreibt dagegen (Radium-Normalmaße, S. 38, Leipzig 1911):

„Für dieses Arbeitsgebiet liegt offenbar die Notwendigkeit vor, daß Normallösungen von kleinem, aber genau bekanntem Radiumgehalt zugänglich gemacht werden. Derartige Lösungen sind schon vor mehreren Jahren von Rutherford und Boltwood hergestellt worden. Sie enthalten pro Kubikzentimeter eine bestimmte Menge Radium, die in Einheiten des angewandten Normalpräparates angegeben ist.

Bei der Bereitung dieser Normallösungen ist man bestrebt gewesen, die vorkommende Ausscheidung von Radium aus der Lösung zu verhindern. Diese Neigung zeigen alle Radiumlösungen; sie kann aber durch einen genügenden Zusatz von  $\text{HCl}$  in bedeutendem Maße vermindert werden. Die von R. und B. hergestellten Lösungen sind kürzlich nachgeprüft worden und haben sich — nach fünf Jahren — als gänzlich unverändert erwiesen.

Solche Normallösungen würden aus der Lösung eines Quantums Radium zu bereiten sein, das genau nach der internationalen Einheit bestimmt worden ist.“

Ebenso hat uns Herr H. W. Schmidt mündlich seine Überzeugung ausgesprochen, daß es möglich sei, Radiumlösungen vollständig konstant in ihrer Stärke aufzubewahren, und bestätigt diese

---

<sup>1)</sup> Die Bildung kolloidaler Kieselsäure-Niederschläge ist auf Grund der oben zitierten Eblerschen Arbeiten hier anzunehmen. Es muß aber auch an die Möglichkeit der Bildung unlöslicher basischer Oxychloride oder -bromide gedacht werden. Nach unseren Erfahrungen sind anfänglich leicht lösliche Radiumsalze nach Jahren aus demselben Grunde stets teilweise unlöslich, werden aber dann durch Kochen mit der entsprechenden Säure ( $\text{HCl}$  oder  $\text{HBr}$ ) wieder löslich,

Angabe neuerdings<sup>1)</sup>. Wir glauben, daß dies sicher zutrifft für schwache Lösungen. Aus den angeführten Äußerungen der Frau Curie geht ja auch hervor, daß bei starken Lösungen ein Angriff auf das Glas erfolgt. Es wird dann durch im Glase enthaltene Bestandteile eine Ausfällung stattfinden. Besonders lebhaft aber wird diese Reaktion in der Hitze, und so halten wir es für wahrscheinlich, daß das in der üblichen Gebrauchsanweisung für die Messung angegebene Auskochverfahren nicht einwandfrei ist. Versuche hierüber sind zurzeit im Gange, doch noch nicht abgeschlossen. Nur so viel sei hier gesagt, daß alle untersuchten käuflichen Proben nach einiger Zeit eine Abnahme gezeigt haben. Es ist damit sicher eine Entwertung verbunden, doch möge dieselbe nicht zu hoch eingeschätzt werden. Natürlich muß der Aufdruck auf die Flaschen diesem Umstand Rechnung tragen; es empfiehlt sich, den Gehalt an Radium, der bei der Füllung zugesetzt wurde, anzugeben, nicht aber, wie dies üblich, in Mache oder Voltstunden die nach der Füllung gemessene Aktivität auszudrücken, da dieselbe nicht sicher konstant bleibt.

### Schluß.

Wenden wir uns zum Schluß unserer Betrachtung den natürlichen Heilquellen wieder zu, so sehen wir, daß ihnen von seiten der Radiumindustrie eine lebhafte Konkurrenz gemacht wird. Sie werden darum in ihrer Beliebtheit nicht verlieren. Diejenigen Quellen, die sich des größten Zuspruchs erfreuten, haben sich als besonders stark radioaktiv erwiesen. Antike Funde aus der Römerzeit weisen darauf hin, daß schon damals — wohl auf Grund traditioneller und statistischer Erfahrungen — ein Unterschied in der Bewertung der einzelnen Quellen eines Komplexes gemacht wurde.

Die Emanation jedes einzelnen Quellgebietes besitzt einen spezifischen Charakter, denn die Untersuchungen in Baden-Baden und an anderen Orten haben gezeigt, daß neben Radiumemanation auch Thoremation vorhanden sein kann, was sich aus der Abklingungsgeschwindigkeit ergibt. Bei genaueren Messungen sollte diese deshalb stets mit bestimmt sein, denn gerade auch die spezifische Natur der Emanation gehört zum Charakter einer Quelle.

---

<sup>1)</sup> H. W. Schmidt und H. Nick, Phys. Zeitschr. 1912, Bd. 18, S. 199.

Ganz kurz sei noch auf eine Erscheinung hingewiesen, die bei der Untersuchung radiumhaltiger Quellen nicht außer acht zu lassen ist; es ist dies die naheliegende Untersuchung der Quellgase auf Abbauprodukte der radioaktiven Umwandlung, speziell auf Helium.

Wie Untersuchungen, die wir gemeinschaftlich mit Herrn Lautenschläger ausgeführt haben, ergaben, läßt sich auch in den Badener Stollen das Helium nachweisen. Qualitativ gelingt dies leicht; die quantitative Bestimmung, die erheblich größere Schwierigkeiten macht, ist noch nicht ganz abgeschlossen.

Chemisches und Physikalisches Institut der Technischen Hochschule  
[Karlsruhe i. B., Februar 1912.]

---

## Referate.

### Kongreß für Chirurgie, Berlin 1912.

Herr Sticker (Berlin): Anwendung des Radiums in der Chirurgie.

Das Radium wurde von St. bei malignen Geschwüren angewendet. Bei flachen Hautkankroiden konnte eine günstige Beeinflussung konstatiert werden. Narbenrezidive wurden günstiger, Schleimhautkarzinome weniger durch Radium beeinflusst. Bei einem Falle von Sarkom des Pharynx wurde Heilung erzielt. Bisweilen können durch die Radiumbehandlung inoperable Tumoren operabel werden. Die Radiumstrahlen wirken nach Hertwigs Angaben vorzugsweise auf die Zellkerne ein.

Herr Werner (Heidelberg) hat in jüngster Zeit Mesothorium angewendet, weil es 300mal wirksamer ist als Radium, und weil es sowohl in die Tumoren als auch intravenös injiziert werden kann. E. Herzfeld.

---

### Röntgenkongreß, Berlin 1912.

Herr Grunmach (Berlin): Über die Heilwirkung des Thordioxyds unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen.

Das Thordioxyd wurde zusammen mit Griesbrei vom Patienten genossen und hierauf eine Röntgenbestrahlung des Magens angeschlossen. G. hat bei Magengeschwüren hiermit gute Erfolge erzielt, während in Kontrollversuchen bei Darreichung von Thordioxyd ohne Röntgenbestrahlung kein Effekt erzielt wurde. Er nimmt an, daß unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen das Thordioxyd in Radium-Thorium und Thorium X zerfällt und so eine therapeutische Wirkung entfalten kann. E. Herzfeld.

---



### Kongreß für innere Medizin, Wiesbaden 1912.

Herr K. Wessely (Würzburg): Über das Verhalten von Uraten in der vorderen Augenkammer unter der Einwirkung von Radiumemanation und ohne dieselbe.

Vortr. brachte in die vordere Augenkammer von normalen Versuchstieren Urate ein und beobachtete deren Resorption teils unter Anwendung von hohen Emanationsdosen, teils ohne Behandlung, und fand, daß nach Verlauf einer bestimmten Zeit die Urate fast vollständig verschwanden, ohne daß sich ein Unterschied in der Schnelligkeit der Resorption zwischen Emanations- und Kontrolltieren ergibt.

Herr W. Falta, A. Kriser und Zehner (Wien): Therapeutische Versuche mit Thorium X, mit besonderer Berücksichtigung der Leukämie.

Das von den Auerwerken in Berlin den Autoren zur Verfügung gestellte Thorium X besitzt eine Halbwertszeit von 3,64 Tagen und die Thoremation eine solche von nur 54 Sekunden. Nach Versuchen des Physikers Brill werden daher nach subkutaner Einverleibung von Thorium X beim Menschen innerhalb der ersten vier Tage ca. 24% durch den Kot und 4% durch den Harn ausgeschieden. Im Tierexperiment erscheint das Blut nach Einverleibung von Thorium X deutlich aktiv, besonders stark aber Milz und Nebennieren. Thorium X erzeugt einen auffallend raschen Abfall der Leukozytenzahl im strömenden Blut, sowohl bei normalen Tieren und Menschen, als auch insbesondere bei vermehrtem Leukozytengehalt. S. z. B. bei einem Kaninchen nach 500000 M.-E. Thorium X Abfall der Leukozyten von 5000 innerhalb von sieben Tagen auf 400. Bei einem normalen Menschen nach der gleichen Dosis von 10000 Leukozyten innerhalb von fünf Tagen auf 4500. Bei Kaninchen liegt die tödliche Dosis bei subkutaner Injektion zwischen 0,6—1,0 Millionen M.-E., bei Hunden von 6—8 kg bei 1,5—2 Millionen. Die Gerinnungszeit des Blutes ist in den Zeiten hochgradiger Leukopenie erhöht, der Blutdruck erniedrigt. Die pathologisch-anatomische Untersuchung von Tieren, die mit hohen Thoriumdosen behandelt wurden, ergibt hochgradige Zerstörung der Milzpulpa und Schwund des adenoiden Gewebes, bei noch höheren Dosen hochgradige degenerative Veränderungen in den chromaffinen Zellen. Beim Menschen wurde meist eine tägliche Trinkkur von 50000 bis 100000 M.-E. verwendet; bei höheren Dosen entstehen Übelkeit oder Aufstoßen, Erbrechen, Diarrhöen; in zwei Fällen verschwand die vorher bestehende Obstipation. Bei subkutaner bzw. intramuskulärer Applikation wurde zu Dosen von 15000 bis (in einzelnen Fällen) 800000 M.-E. gegriffen, bei Leukämie sogar bis 1,2 Millionen M.-E. Nekrosen der Haut wurden bei mehr als 200 Injektionen nie gesehen, höchstens vorübergehende Rötung und Schwellung oder Pigmentierungen. Unter 12 Fällen von chronischem Gelenkrheumatismus zeigten drei eine deutliche, einer darunter eine eklatante Besserung. Ein Fall von sekundär-chronischem Gelenkrheumatismus blieb unbeeinflusst und wurde später durch Radium wesentlich gebessert. Zwei Fälle von Tabes zeigten eine sehr gute Beeinflussung der lanzinierenden Schmerzen. Ein Fall von Osteomyelitis wurde auffallend gebessert. Am überraschendsten war der Erfolg bei Leukämie. In sechs Fällen, und zwar zwei lymphatischen und vier myeloischen Leukämien, wurden die Leukozyten,

deren Zahl zwischen 150000 und 1000000 schwankte, nahezu bis auf die Norm herabgedrückt, nur ein Fall besitzt noch 100000 Leukozyten bei einer ursprünglichen Zahl von 600000. Die Zahl der Erythrozyten ist bisweilen beträchtlich gestiegen. Die Milz wurde in allen Fällen bedeutend kleiner und weicher, der Leibesumfang in einzelnen Fällen um 10—13 cm kleiner. Die Drüsenpakete verkleinerten sich stets wesentlich oder verschwanden vollkommen. Zwei Fälle von leukämischen Veränderungen des Augenhintergrundes zeigen einen wesentlichen Rückgang. Das Körpergewicht ist in einzelnen Fällen beträchtlich angestiegen und das subjektive Befinden in vier Fällen ganz wesentlich gebessert worden. Bei zwei Fällen war eine erfolglose Röntgenbestrahlung der Thorium X-Behandlung vorausgegangen. Über die Dauer der Erfolge läßt sich allerdings noch nichts aussagen. Karzinome verschiedener Lokalisation wurden auch bei höheren Dosen nicht beeinflußt. Bemerkenswerterweise wurden bei einem Falle von Lymphosarkom die Drüsenpakete im Abdomen deutlich weicher und kleiner.

Herr Plesch und Karczag (Berlin): Über die Wirkung radioaktiver Stoffe.

Nach intravenöser Einverleibung von Thorium X werden 2,19% durch den Urin ausgeschieden, derart, daß dieser nach 43 Stunden bereits inaktiv erscheint, die Hauptmenge im Kot. Addieren wir alle Ausscheidungen, so bleiben immer noch 80% im Organismus zurück, von denen wir 38% in den Knochen wiederfinden. Vergleichsweise lassen sich 24 Stunden nach Radiumverabreichung 75% in den Knochen nachweisen. Fermente werden durch Thorium X absolut nicht beeinflußt, wie Versuche mit Traubenzucker, Galaktose, Rohrzucker und proteolytische Versuche mit Trypsin ergeben. Sowohl am isolierten Froschherz als bei Suspensionsversuchen läßt sich eine günstige Einwirkung von Thorium X auf die Herztätigkeit zeigen. Der Blutdruck sinkt in vielen Fällen beim Menschen, besonders bei Hypertonien, wie ein Fall beweist, der von 234 auf 150, 140, 136 und schließlich 132 mm sank und bis heute, nach langer Zeit, ganz langsam auf 198 wieder angestiegen ist. Die Sauerstoffsättigung des Blutes erhebt sich von 50 auf 58, die Kohlensäurespannung von 38 auf 40. Das Minutenvolumen steigt von 4300 auf 6000. Dabei handelt es sich jedenfalls nicht um reine vasomotorische Wirkungen, sondern um Elastizitätsänderungen, wofür auch die Änderung der Totalkapazität der Lunge, besonders aber der Residualluft und der respiratorischen Mittellage spricht. Der Sauerstoffverbrauch steigt nach Thorium X-Injektion (intravenös) von 196,5 in einem Versuch auf 219. Desgleichen wird die Kohlensäureproduktion bedeutend vergrößert, und es läßt sich sogar ein Anwachsen des respiratorischen Quotienten von 0,7 auf 1,3 nachweisen. Dies erklärt auch die guten Erfolge mit Thorium X bei Adipositas, wobei in 14 Tagen unter Steigerung der Diurese von 500 auf über 3000 cmm eine Gewichtsabnahme um 8 kg erzielt wurde. Sehr interessant ist auch die Beeinflussung der Ausscheidungskurve von Harnsäure und Purinbasen bei Gicht. In einem Falle trat bei einem jahrelang anfallsfrei gebliebenen Manne vier Stunden nach der Thoriuminjektion ein typischer Gichtanfall auf. Ganz auffallend ist die Beeinflussung des Blutbildes bei der Leukämie und bei Anwendung von kleinen Dosen, bei denen die Reizung die Zerstörung überwiegt, bei der perniziösen Anämie. So wurde bei letzterer innerhalb von vier Tagen

ein Anstieg der roten Blutkörperchen von 340000 auf fast zwei Millionen erzielt. Plesch plädiert für die intravenöse und verurteilt die subkutane Injektion, da letztere nekrotische Geschwüre erzeugen kann. Die Darmerscheinungen sind als reine Strahlenwirkungen anzusehen; sie lassen sich daher vermeiden, wenn man bei geeigneter Kost für ausgiebige Stuhlentleerung sorgt. Ein Fall von Sarkom wurde ebenfalls günstig beeinflusst.

Herr F. Gudzent (Berlin): Chemische und biologische Versuche mit Thorium und seinen Zerfallsprodukten.

Die Resultate der verschiedenen Autoren sind vorläufig wegen der verschiedenen Meßmethodik oft schwierig zu vergleichen; nach dem Rate der Physiker wäre vielleicht die Messung der  $\gamma$ -Strahlen vorzuschlagen. Vortragender hat schon vor zwei Jahren eine Thoriumkompressen bei Pleuritis und Gelenkaffektionen versucht, sowie Thoriumbestrahlungen bei Karzinom und Hautaffektionen und hat schon damals eine gewisse Identität zwischen den Radium- und Thoriumwirkungen feststellen können. Der innerlichen Anwendung lag der Plan zugrunde, tastend von kleinen zu mittleren und schließlich zu großen Dosen überzugehen. Benutzt wurden zwei Inhalationsapparate von Dr. Kethmann, von denen einer 500 und einer 9000 M.-E. pro Sekunde lieferte. Es wurde dreimal täglich inhaliert; von 8 Patienten zeigten 6 keine Beeinflussung, 2 Reaktionen und Besserung. Von 10 mit Trinkkuren behandelten Patienten blieben 7 unbeeinflusst, bei 2 trat Reaktion und Besserung auf, bei 1 Reaktion ohne Besserung. Von den 7 unbeeinflussten wurde nachträglich Radium bei 2 mit Erfolg verwendet. Frl. Dr. Löwy erzielte durch Injektion von kleinen Radiumdosen Leukozytosen bis zu 18000 Leukozyten mit nebenhergehender Lymphozytose. Dieselben Effekte erzielten 2,5—5,1 Macheeinheiten im Inhalatorium. Thorium X, in kleinen Dosen, erzeugte ebenfalls Leukozytosen, dagegen bei mittleren Dosen bis zu 3 Millionen ein schwankendes Blutbild und bei sehr hohen Dosen von 3 Millionen an unter unangenehmen Nebenerscheinungen fortschreitende Leukopenie unter Verringerung der Lymphozyten und Vermehrung der Polynukleären. Eine Patientin wurde sehr elend, der Blutdruck ging auf 100 herunter, doch besserte sich endlich ihr Zustand. Ein Patient mit Bleigewicht bekam nach Verabreichung von 4 Millionen Macheeinheiten unter Herabsetzung des Blutdruckes von 160 auf 125 einen Gichtanfall. Eine Leukosarkomatose wurde einmal mit 4 und einmal mit 2 Millionen M.-E. behandelt und die Leukozyten bis auf 1000 vermindert. Therapeutische Wirkungen sind also sowohl bei kleinen als bei großen Dosen gesehen worden, bei letzteren stand aber die Schädigung so sehr im Vordergrund, daß bei der Verwendung von Thorium X noch große Vorsicht geboten erscheint. (Fortsetzung folgt.)

---

**Falta, W. und Freund, E.,** Über die Behandlung innerer Krankheiten mit Radiumemanation. (Münchener med. Wochenschr., 1912, Nr. 14, S. 742.)

An der v. Noordenschen Klinik in Wien wird die Emanationsbehandlung seit einem Jahre angewandt. Die Dosierung war zum Teil wesentlich höher als sonst üblich; die Bäder enthielten 30000—60000 M.-E., bei der Trinkkur wurde bis zu 90000 M.-E. pro die gegeben, das Emanatorium

enthielt 22—220 M.-E. pro Liter. Daneben wurde auch mit den üblichen geringeren Dosen behandelt. Üble Nebenwirkungen wurden auch bei den größten Mengen in keinem Falle beobachtet. Besonderen Wert legen die Autoren auf die Behandlung im Emanatorium, die oft noch Erfolge brachte, wenn die Trinkkur im Stiche gelassen hatte. Die Emanationsbehandlung des akuten Gelenkrheumatismus (Emanatorium, hohe Dosen) wird empfohlen, besonders in Fällen, in denen Salizyl schlecht vertragen wird. Primärer chronischer Gelenkrheumatismus wurde in 60 Fällen behandelt. Von 16 Fällen der exsudativen Form wurden 7 wesentlich, 5 deutlich gebessert; von 30 Fällen der trockenen Form zeigten 14 einen guten Erfolg der Behandlung, teils schon bei Trinkkur, teils erst bei Behandlung im Emanatorium. Von 13 Fällen des primären chronischen Rheumatismus einzelner großer Gelenke zeigten 2 wesentlich (Trinkkur bis 45000 M.-E. pro die), 4 leichte Besserung. Auch ein Fall von Bechterewscher Krankheit wurde gebessert. Besonderes Interesse erfordern die Beobachtungen an drei Patienten mit krupöser Pneumonie, die im Emanatorium mit hohen Dosen behandelt wurden. Alle drei zeigten eine deutliche Besserung, verfrühten lytischen Abfall der Temperatur, rasche Lösung des Exsudates. Die Hyperleukozytose wurde zunächst gesteigert, sank dann rasch ab. Auch Einwirkung auf die generative Funktion der Keimdrüsen wurde festgestellt (Besserung der Potenz). Unbeeinflusst blieben Fälle von Asthma bronchiale, Morbus basedowii, ungünstig beeinflusst werden Neurosen des vegetativen Nervensystems. H. Tachau (Berlin).

---

**Meldner, S.,** Die Behandlung bösartiger Geschwülste mit radioaktiven Substanzen. (Therapie der Gegenwart, 1912, Bd. 14, S. 63.)

Zusammenfassende Übersicht über die Wirkung des Radiums und seine Anwendungsformen bei der Geschwulsttherapie. Bei der Behandlung oberflächlicher Hautgeschwülste leistet die Radiumbestrahlung ebenso wie die Röntgenbestrahlung oft Gutes, sie ist derselben durch die größere Handlichkeit der Applikation, nach einigen Autoren auch durch die Schönheit der Narbe überlegen. Im übrigen sind die Resultate sehr wenig befriedigend.

H. Tachau (Berlin).

---

**Strasburger, J.,** Über den Emanationsgehalt des arteriellen Blutes bei Einatmung von Radiumemanation und bei Einführung derselben in den Darm. (Berliner klin. Wochenschr., 1912, Nr. 9, S. 387.)

Die Angabe Gudzents, daß sich bei der Einatmung von Emanation im geschlossenen Raume die Emanationsmenge im Blute anreichert, so daß nach drei Stunden im Blute die 6—7fache Menge zu finden ist wie in der gleichen Menge Luft, wird durch Versuche an Kaninchen nachgeprüft. Als Inhalationsraum dienten Glasgefäße von 16 Liter Fassungsvermögen, in deren obere Öffnung der Kopf des Tieres hineingesteckt wurde. Die mit Urethan narkotisierten Kaninchen befanden sich in einem Gummisack, der mit einem Ringe fest über dem Glasgefäß befestigt wurde. Nach je 30 Minuten wurde das Glasgefäß schnell gewechselt; Gesamtdauer des Versuches war 1½ Stunden. Das Tier wurde dann laparotomiert und Blut aus der Aorta entnommen, dessen Emanationsgehalt sofort und nach vier Stunden festgestellt wurde.

Eine Anreicherung der Emanation im Blute über den Wert hinaus, der dem Partiärdruck und Absorptionskoeffizienten entspricht, konnte nicht festgestellt werden.

Weiter wurden Versuche mit der Einführung von Emanation in den Darm ausgeführt. Da sich die wechselnde Füllung des Magens als störend erwies, wurde sie direkt in das operativ freigelegte Duodenum hereingebracht. Die Untersuchung des Blutes ergibt, daß die Emanation nicht gleich bei der ersten Passage der Lunge quantitativ ausgeschieden wird, sondern das über  $\frac{1}{2}$  Stunde lang erhebliche Mengen Emanation im arteriellen Blute nachweisbar sind. Der Verlust beim Durchgang des Blutes durch die Lungen betrug 63,3%; es gelangten also 36,7% in den arteriellen Kreislauf. Durch verteilte, kleine Dosen läßt sich der Emanationsgehalt des Blutes beliebig lange auf gleichmäßiger Höhe halten; durch Trinken von 1000 M.-E. in kleinen Portionen z. B. für die Zeit von 70 Minuten auf der Höhe von fast 2 M.-E.

H. Tachau (Berlin).

**Schnee, Ad.,** Über Emanationskuren und deren Kombination unter besonderer Berücksichtigung der Emanationsinhalation. (Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie, 1911, S. 513.)

Bei der Behandlung mit Radiumemanation kommt es darauf an, eine möglichst langdauernde Beeinflussung des Körpers zu erreichen. Verf. wendet deshalb zur Trinkkur nicht die Emanation selbst an, sondern führt radioaktive Stoffe in den Körper ein, in der Annahme, daß die aus diesen sich allmählich bildende Emanation länger im Blute zirkuliere. Er bedient sich der Radium-Keil-Tabletten. Für die Inhalationsbehandlung benutzt Verf. den Zerstäubungsapparat „Nebulor“, als „Nebulat“ in Wasser gelöste Radium-Keil-Tabletten.

H. Tachau (Berlin).

**Lachmann,** Die Bedeutung der hochradioaktiven Quellen im Lichte der modernen Emanationstherapie. (Medizinische Klinik, 1911, H. 33, S. 1271.)

Verf. weist auf die therapeutischen Einwirkungen hin, die durch das Radiumemanatorium erzielt sind. Er fordert, daß in Kurorten mit stark radioaktiven Quellen große, luftige Räume als Emanatorien eingerichtet werden, die ihre Emanation von der Quelle erhalten. Die in dem Wasser vorhandene Menge Emanation würde ausreichen, wenn man eine intensivste Berührung der Wasseroberfläche mit der Luft herbeiführte, wie sie z. B. bei der Zerstäubung des Wassers einträte. Die Quellen mit gleichzeitigem hohem Gehalt an Kohlensäure sind ungeeignet, da hier wieder auf künstlichem Wege eine Absorption der Kohlensäure herbeigeführt werden müßte. Dagegen würden die gasarmen Quellen mit hohem Radiumgehalt, wie die Gasteiner Grabenbäckerquelle, die Landecker Georgquelle und die Baden-Badener Büttquelle, wohl imstande sein, einen 100 Kubikmeter großen Raum auf einen Emanationsgehalt von 5 M.-E. pro Kubikmeter zu bringen.

H. Tachau (Berlin).

**Mesernitzky, P. G.,** Über den zerstörenden Einfluß der Radium-Emanation auf die Haut. (Münch. med. Wochenschr., 1912, Nr. 6, S. 309.)

An der Hand von drei Beobachtungen wird auf die zerstörende Einwirkung der Radiumemanation hingewiesen. Es handelte sich um Personen, die im Laboratorium Madame Curies in Paris arbeiteten. In dem ersten Falle trat 14 Tage nach der kurzen Berührung eines Glasröhrchens, das Radiumemanation in einer Quantität von 130 mg Curie enthielt, eine Rötung der Endphalangen haben Daumen, Tags darauf auch der beiden Zeige- und Mittelfinger ein. Die Epidermis wurde zerstört; es bildeten sich Eiteransammlungen aus, die eine Inzision notwendig machten. Drei Wochen nach Beginn des Prozesses war die Erkrankung beendet. Die beiden anderen Fälle zeigten ähnliche Symptome in leichterem Grade. Man darf demnach die Radiumemanation nicht zu den „indifferenten Gasen“ zählen, und es ist dringend geboten, möglichst rasch eine genaue Dosierung der Emanation, namentlich bei innerer Anwendung, auszuarbeiten.

H. Tachau (Berlin).

**Minani, D.,** Über die biologische Wirkung des Mesothoriums. II. Strahlenwirkung auf Verdauungsfermente. (Berliner klin. Wochenschr., 1911, Nr. 40, S. 1798.)

Die vom Verf. gemeinsam mit Bickel ausgeführten Untersuchungen (Berl. klin. Wochenschr., 1911, Nr. 31) über die Einwirkung des Mesothoriums auf die Autolyse, sowie auf das diastatische und peptische Ferment waren langdauernde (24—240stündige) Versuche gewesen. Verf. hat dieselben durch Untersuchungen darüber ergänzt, ob bei kurzdauernden Versuche eine Einwirkung der Thoriumstrahlen auf das peptische, tryptische und amyolytische Ferment festzustellen sei. Zu den Bestimmungen wurden die Methoden von Fuld (Kaseinmethode zur Trypsin-, Edestinmethode zur Pepsinbestimmung) und Wohlgemuth (Diastase) benutzt. Zunächst wurde in einer Reihe der Grad der Aktivität der Fermentlösung bestimmt. Dann wurde in zwei Röhrchen mit Fermentmengen, die gerade nicht mehr zur Verdauung der Edestin-, Stärke- und Kaseinlösung genügten, ein zugeschmolzenes Glasrohr mit 30 mg und 52 mg Mesothorium hineingehängt und während der Dauer des Versuches darin gelassen.

Bei dem diastatischen Ferment war bei kurzdauernden Versuchen ein Einfluß nicht festzustellen, bei 18stündiger Dauer trat eine geringe Hemmung in den bestrahlten Röhrchen ein. Beim Pepsin wurde sowohl beim kurzdauernden als auch bei längeren (bis 24stündigen) Versuchen eine geringe Zunahme der verdauenden Kraft durch die Bestrahlung beobachtet. Beim Trypsin trat in einem Teil der Fälle ebenfalls eine geringe Beschleunigung auf, bei anderen war aber gar kein Einfluß zu erkennen.

Aus allen Beobachtungen geht hervor, daß die Wirkung der  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen des Mesothoriums auf die Verdauungsfermente nur gering ist.

H. Tachau (Berlin).

**Baumm, G.,** Vorläufige Mitteilung über die therapeutische Verwendbarkeit des Mesothoriums. (Berl. klin. Wochenschr., 1911, Nr. 35, S. 1594.)

Verf. stellte zunächst Bestrahlungen von Meerschweinchen an. Diese ergaben keinen Unterschied in der Wirkung des Mesothoriums und des

Radiumbromids; es trat in gleicher Weise nach wechselnder Zeit Erythem, Haarausfall, schließlich Ulzeration mit Borkenbildung ein. Für die Anwendung auf die menschliche Haut wurde zunächst mit großer Vorsicht die Bestrahlungsdauer ermittelt, die eine lebhafte Reaktion auslöst, ohne schädlich zu sein. Für die mitgeteilten Versuche wurden gewöhnlich 60 Minuten als Expositionszeit gewählt, um gleiche Bedingungen für die Beurteilung zu bekommen. Das Präparat war auf eine 10—20 cm große Platte aufgeklebt, mit einer Glimmerplatte bedeckt. Die Menge Mesothorium entsprach 5 mg Radiumbromid. Behandelt wurden Patienten mit Naevus teleangiectaticus, Naevus pigmentosus, Naevus flammeus, Kankroid und Lupus vulgaris. Bei fünf Patienten, die wegen bestehender Nävi bestrahlt wurden, führte zum Teil schon eine einmalige Behandlung eine wesentliche Besserung oder völlige Heilung herbei. Von den fünf Fällen von Lupus blieb einer völlig unbeeinflusst, einer entzog sich der weiteren Beobachtung. Bei einem weiteren Falle fehlte eine Besserung nach der ersten Bestrahlung, die keine Reaktion hervorgerufen hatte, trat dagegen nach einer nochmaligen, länger dauernden Exposition ein. Die beiden letzten Fälle wurden gebessert. Besonderes Interesse erfordert der Fall von Kankroid. Die Patientin war ein Jahr lang mit Röntgenstrahlen behandelt, ohne daß eine Besserung eingetreten war. Es wurde eine einmalige Bestrahlung vorgenommen; nach Abheilung des kräftigen Erythems zeigte sich eine glatte, weiche, weiße Narbe, das Geschwür war geheilt. Verf. glaubt, daß die verwandten Mesothoriumpräparate den Radiumbromidpräparaten an Wirksamkeit nicht nachstehen.

H. Tachau (Berlin).

---

**Benezúr, J. v.,** Über Heilerfolge mit Radiumemanationskuren. (Berliner klin. Wochenschr., 1912, Nr. 3, S. 108.)

Bericht über 60 Fälle, die mit Trinkkur und Injektionen behandelt wurden. Erfolge wurden erzielt bei Tabeskranken, bei Neuralgien, Ischias, Lumbago, Polyneuritis, chronischer Polyarthrit. Bei Patienten mit Achylia gastrica war die Emanationsbehandlung subjektiv und objektiv ohne Einfluß. Dagegen wurden drei Patienten mit Sklerodermie gebessert. Kontraindikation der Anwendung von Radiumemanation ist Neigung zu Blutungen. Verf. sah bei zwei Kranken Nasenbluten auftreten, in zwei Fällen Hämoptoe bei Patienten, die vorher nie Blut gehustet hatten. Bei zwei Patientinnen trat die Menstruation während der Kur verfrüht und in höherem Grade ein.

H. Tachau (Berlin).

---

**Reicher, K. und Lenz, E.,** Weitere Mitteilungen zur Verwendung der Adrenalinanämie als Hautschutz in der Röntgen- und Radiumtherapie. (Deutsche med. Wochenschr., 1912, S. 9.)

Die Verf. haben gezeigt, daß mit Adrenalin anämisierte Haut gegen Röntgenstrahlen widerstandsfähiger ist als die normal durchblutete Haut. Auch für die Therapie mit Radiumstrahlen verspricht die Adrenalin-Hautschutzmethode aussichtsreich zu werden. Es werden Versuche in dieser Hinsicht angeregt.

H. Tachau (Berlin).

**Darms, Hans,** Über Radium und seinen Einfluß auf die Körpertemperatur. (Zeitschr. f. experiment. Pathologie u. Therapie, 1912, Bd. 10, S. 168.)

Versuche mit Inhalation im Emanatorium und nach Trinken radiumhaltigen Wassers. Bei der Inhalation stieg die Temperatur bei der größeren Zahl der Patienten etwas an, erreichte in der ersten halben Stunde ihr Maximum und sank dann wieder. Die größte beobachtete Differenz war 0,65°. Bei der Trinkkur wurde fünf Minuten nach Aufnahme der Emanation in 80% der Fälle ein Temperaturabfall festgestellt, der bis zu 0,55° betrug; nach weiteren fünf Minuten erfolgte ein Wiederanstiegen der Temperatur.

H. Tachau (Berlin).

---

**Knaffe-Lenz, E. v.,** Über die Wirkungen der Radiumemanation. (Vorläufige Mitteilung.) (Wiener klin. Rundschau, 1912, S. 441.)

Bringt man Ratten in eine emanationsreiche Atmosphäre (4000 bis 40000 M.-E. pro Liter Luft), so zeigen sie nach kurzem Erregungsstadium schon nach mehreren Stunden frequentes Atmen und inspiratorische Dyspnoe. Nach zwölfstündigem Aufenthalt sitzen die Tiere eingerollt, mit struppigem Haar und geschlossenen Augen und reagieren nur wenig auf Geräusche. Von zwei Ratten starb die eine nach 40stündigem Aufenthalt im Emanatorium; die andere lebte noch fünf Tage außerhalb desselben. Die Obduktion zeigte eine Hyperämie sämtlicher Organe, besonders der Lunge. Die Untersuchung des Gehirns ergab schwere Veränderungen an den Ganglienzellen. Die Einwirkungen der Emanation stehen im Einklang mit den von Obersteiner bei direkter Bestrahlung mit Radium beobachteten.

H. Tachau (Berlin).

---

## Patente.

### Radioaktive Gummihütchen.

Die bei der Behandlung krebsartiger Krankheiten zu benutzenden ärztlichen Instrumente wie Schlundsonden, Katheter u. dgl. oder die von Lupuskranken zu tragenden Masken wollte Dr. Eduard Nottebohm in Piestertitz bei Halle an der Saale, statt wie sonst mit einem radioaktiven Anstrich, mit dünnen Kautschukhütchen überziehen, die vorher mit radioaktiver Salzlösung durchtränkt oder durch Bestrahlung radioaktiv gemacht werden und dank ihrer Dehnbarkeit eine einfache Regelung der Stärke der von der Flächeneinheit ausgehenden Strahlung gestatten sollten; mit einer Lösung von Radiumchlorid oder radioaktiven Solsalzen aus Kreuznach oder anderen Orten sollten die Gummihütchen bestrichen werden, wenn sie ringsum so straff und dünn ausgespannt waren, daß sie sich möglichst ganz durchtränken ließen.

Auf solche Überzüge wurde am 10. Mai 1908 ein Patent angemeldet und später DRP 211 245 erteilt.

Hierzu sei bemerkt: Es ist schwierig, Kautschuk gut zu durchtränken; gelingt es, so macht ihn die Salzlösung wahrscheinlich unelastisch oder



brüchig; voraussichtlich noch schlechter wird der Kautschuk bei Aktivierung durch Bestrahlung. Andererseits die Stärke seiner Ausstrahlung durch Dehnung des Häutchens zu regeln, ist praktisch wohl kaum angängig; denn entweder ist die strahlende Fläche nachher größer als der zu bestrahlende Fleck, für den sie vorher paßte, oder ringsum von Wulsten fortgezerrten Gummis berändert. Vollends in der Maske lassen sich die Häutchchen überhaupt nicht nachspannbar machen; man wird froh sein, wenn man sie überhaupt irgendwie formgerecht hineinbringen kann.

Also obgleich grundsätzlich mit gutem Kautschuk, der eine Längsdehnung bis aufs Doppelte seiner Länge verträgt, durch Dehnung der Fläche eine weitgehende Regelung der Stärke der Strahlung der Flächeneinheit bis herab zu etwa  $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$  derjenigen der ungespannten Flächeneinheit so bequem und einfach und obendrein, im Gegensatz zum sonst üblichen Abschirmen, ohne Änderung des Strahlungsgemisches möglich sein müßte, hat dieses Verfahren praktisch erhebliche Schwierigkeiten.

Übrigens hat der Erfinder das Patent bereits im zweiten Jahre verfallen lassen.  
Erich Schneckenberg.

## Verschiedenes.

Das von Prof. Stefan Meyer geleitete Institut für Radiumforschung in Wien, Waisenhausgasse 1, ist ein Forschungsinstitut, das international allen denjenigen offen steht, die den Nachweis erbracht haben, daß sie selbständig wissenschaftlich arbeiten können. Das Institut besitzt rund 4 Gramm Radiumchlorid (aus St. Joachimsthal) und größere Mengen von Ionium, Radioblei, Polonium, Aktinium, Mesothor usw. Das Institut gehört der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien und wird vom Unterrichtsministerium auf Staatskosten erhalten. Medizinische Untersuchungen werden daselbst nicht ausgeführt.

Wie verlautet, wird das Nutzungsrecht radioaktiver Quellen in der Gegend von Brambach seitens der sächsischen Regierung einer Privatgesellschaft, der bereits das Gebiet der Quellen gehört, überlassen werden, um dort ein Bad zu gründen.

Die im Auftrag der internationalen Kommission Brüssel 1910 von Frau Curie hergestellten 22 mg reinen Radiumchlorats in einem Glasröhrchen sind jüngst mit dem Wiener 31 mg-Präparat Hoenigschmidts verglichen worden, um nunmehr vom Internationalen Bureau für Maße und Gewichte in Paris als Radiumnormalmaß aufbewahrt zu werden.

Erich Schneckenberg.

# Radium in Biologie und Heilkunde

Band I

1912

Heft 12

## Die Radiumtherapie in der Praxis.

Von Sanitätsrat **Dr. Carl Mayer**, Wiesbaden.

Den hochgespannten Erwartungen, welche die Einführung der Radiumemanation in die Heilkunde mit sich brachte, ist gegenwärtig ein bedeutendes Abflauen, ja beinahe Skepsis von gewissen Seiten entgegengesetzt worden. Während die ersten Veröffentlichungen nur Mitteilungen über die Erfolge brachten, die die neue Methode aufzuweisen hatte, lesen wir jetzt in den Fachzeitschriften und leider auch in den Tagesblättern von heftigen Kämpfen, die sich um die Materie entwickeln. Es liegt mir ferne, eine Kritik an den sachlichen Verhandlungen ausüben zu wollen, bedauere aber, daß fernerstehende Kreise aus den Mitteilungen der Presse Dinge herauslesen, welche nur zu sehr geeignet sind, das ganze Heilverfahren herabzusetzen. Nach den Erörterungen bei dem diesjährigen Kongresse für innere Medizin in Wiesbaden mußte ich von einer Anzahl meiner Patienten sowohl, als auch sonstiger Laien die Ansicht hören, daß das Radium als Heilmittel den Ruhm nicht verdiene, den man ihm gerne geben möchte. Seit einer Reihe von Jahren habe ich nun die Radiumtherapie zur Anwendung gebracht und neben Mißerfolgen doch eine solch große Reihe von tatsächlichen Erfolgen aufzuweisen gehabt, daß ich an dieser Stelle über die Erfahrungen berichten möchte, die ich sowohl in bezug auf Anwendungsform, als auch auf Anwendungsbedingung bei einer großen Anzahl meiner Patienten gesammelt habe. Ich will nicht in die biologischen Streitfragen eintreten, sondern das betonen, was mich die Praxis gelehrt hat.

Schon vom Jahre 1908 ab hatte ich eine Anzahl von Patienten mit Radiumemanation behandelt, und zwar benutzte ich damals ein Verfahren, das zwar etwas umständlich war, aber doch positive Resultate ergab. In eine mit Wiesbadener Thermalwasser gefüllte Marmorwanne, die besonders eingerichtet war, leitete ich einen galvanischen Strom von 4—5tausend Milliampere, und fand bei der Untersuchung des nach dem Bade abgesonderten Urins, daß dieser radioaktiv geworden war, daß also durch dieses System ein Durchdringen der radioaktiven Substanzen durch den Körper vermittels Kataphorese entstanden war. Ohne Benützung des galvanischen

schen Stromes oder bei geringeren Stromstärken war eine radioaktive Reaktion nicht zu konstatieren. Bei dieser Art der Anwendung der Radiumemanation hatte ich allerdings eine gleichzeitige Einwirkung von Wiesbadener Thermen, Radium und galvanischem Strom. Indessen ermunterten mich die Erfolge, die sich besonders dadurch kennzeichneten, daß sie, wenn überhaupt, viel rascher auftraten als bei der bloßen Verwendung von Wiesbadener Thermen, diese Methode weiter anzuwenden und außer den bereits veröffentlichten Fällen<sup>1)</sup> konnte ich noch bei einer Anzahl von Patienten die Erfahrung machen, daß unter gleicher Schwere der Erkrankung, die Heilung bzw. Besserung einen rascheren Verlauf nahm. Ich mußte diese Tatsache der Verwendung von Radiumemanation zuschreiben, da ich bereits vorher in derselben Wanne gleiche Versuche ohne Verwendung von Emanation gemacht hatte, ohne zu gleich günstigen Resultaten zu gelangen. Bei dieser Art der Einverleibung der Emanation wurden jedoch nur relativ geringe Teile derselben dem Körper mitgeteilt, und diese waren bereits nach nicht zu langer Zeit verschwunden. Größere Mengen von Emanation dem Körper zuzuführen, verbot sich schon dadurch, daß ein zu langes Verweilen des Patienten in dem Wasser unter dem Einfluß des galvanischen Stromes ausgeschlossen ist, auch würde die Verwendung von noch größeren Emanationslösungen, wie ich sie damals in einer Quantität von 400 000—500 000 Volt aus den Emanatorien der Radiogengesellschaft verwandte, sich als allzu kostspielig herausgestellt haben. Die Einführung der Emanationsinhalationsapparate war mir deshalb sehr erwünscht, und der Umstand, daß die Allgemeine Radium-Akt.-Ges. in Amsterdam mir die ärztliche Leitung ihres Instituts für Radiumtherapie in Wiesbaden übertrug, ermöglichte es durch tägliche Beobachtung der Patienten, mir ein Urteil sowohl bei Verwendung der Inhalatorien, als auch bei der Trink- und Injektionskur zu bilden. Bevor ich nun auf die von mir behandelten Fälle näher eingehe, möchte ich in wenigen Worten auf die zweckmäßige Einrichtung der Inhalationsräume und auf die durchaus notwendigen Beobachtungen von Messungen hinweisen.

Da es erforderlich ist, daß die Patienten mehrere Stunden,

<sup>1)</sup> Dr. F. L. Kohlrausch und Sanitätsrat Dr. C. Mayer, *Über Radium-Kataphorese*. Berl. klin. Wochenschr., 1909, Nr. 4. Dies. Autoren. *Über Radium-Kataphorese*. Zeitschr. f. experiment. Pathologie u. Therapie, 1909, Bd. 6.

gewöhnlich 2, im geschlossenen Inhalationsraume verbringen, so ist eine gefällige, dem Auge wohltuende Einrichtung desselben sehr am Platze. Ein hermethisches Verschließen der Fenster und Türen, das namentlich bei nervös angelegten Menschen ein unbehagliches Gefühl des Gefangenseins mit sich bringt, ist zu vermeiden. Es ist dies um so leichter möglich, als auch bei gewöhnlichem Verschlusse der Verlust an Emanation nicht so bedeutend ist, daß er allzu sehr ins Gewicht fällt. Das Radiumgas ist schwerer als die atmosphärische Luft und hat das Bestreben, zu Boden zu sinken, von wo es durch einen in Tätigkeit gesetzten Ventilator erst im ganzen Raume zerstreut wird. Die Sitz- und Liegegelegenheiten sollen bequem, gewissermaßen einladend sein, die Patienten sollen sich nach Willkür unterhalten können, sei es, daß sie schreiben oder lesen oder ruhen. Für die Verbesserung und anhaltende Reinhaltung der Luft ist am besten dadurch zu sorgen, daß eine größere Anzahl von Pflanzen oder nur diskret duftenden Blumen in den Räumen aufgestellt sind. Von diesem natürlichen Aufsaugen der überschüssigen Kohlensäure habe ich mehr Erfolg gesehen als durch das Aufstellen von Apparaten, die diesen Zweck verfolgen sollen. Hinzufügen möchte ich noch, daß kahle Wände gleichfalls deprimierend auf die Patienten einwirken und auch zur Schmückung derselben durch gute Bilder oder gute Reproduktionen von solchen zu sorgen ist.

Das notwendigste Erfordernis ist, genau zu kontrollieren, ob in den Räumen die gewünschte Menge von Radiumemanation vorhanden ist. Zu diesem Behufe müssen andauernd Kontrollmessungen mit dem Elektrometer vorgenommen werden. Die erste Messung muß 10 Minuten nach dem Auslassen der Emanation aus den Apparaten gemacht werden. Da nun nicht sämtliche Patienten zu gleicher Zeit die Räume benützen, sondern in den Inhalationsräumen im Laufe von einer größeren Anzahl von Stunden (für gewöhnlich 4), ein Wechsel der Insassen stattfindet, so muß alle  $1\frac{1}{2}$  Stunden eine fernere Messung gemacht werden, um bei zu geringer Menge von Emanation im Raume noch ein weiteres Gefäß in Anwendung bringen zu können. Die Meßresultate werden genau aufnotiert und so kann jederzeit beobachtet werden, ob die Apparate in der gewünschten Weise funktionieren. Entgegen anderer Ansicht, halte ich das Vorhandensein von 3—4 Macheeinheiten pro Liter Luft für vollständig ausreichend. Ich habe oft beobachtet, daß namentlich bei blutarmen Patienten ein größeres

Maß allgemeines Unbehagen, Kopfschmerzen oder Schlaflosigkeit im Gefolge hatte.

In dem Institut für Radiumtherapie habe ich innerhalb 283 Tagen 1086 Sitzungen in den Inhalationsräumen abgeben lassen, welche sich je nach der Schwierigkeit und Lage der Fälle in einer größeren oder kleineren Anzahl auf 77 Patienten verteilen. Den Indikationen Wiesbadens entsprechend waren weitaus die meisten der Patienten Rheumatiker und Gichtkranke, dann solche, welche von Neuralgien bzw. Ischias befallen waren. Unter 2 Stunden verweilt kein Patient bei jeder Sitzung, auch konnten bei einer großen Anzahl der Patienten die Sitzungen nicht jeden Tag genommen werden. Die Behandlung bestand nicht ausschließlich in Radiuminhalation, sondern Hand in Hand damit ließ ich bei fast sämtlichen Patienten Wiesbadener Quellbäder nehmen, und ich will bereits vorwegnehmen, daß ich gerade diesem Umstande der gleichzeitigen Benützung der Wiesbadener Thermen und der Radiumtherapie einen großen Teil des vorhandenen Erfolges zuschreiben muß. Dem Einwurf, daß es dann ungewiß sein kann, welchem Faktor der Heilerfolg beizumessen sei, begegne ich von vornherein damit, daß bei dieser Art der Behandlung die Resultate viel rascher und sicherer eintraten, als bei der von mir in früheren Jahren geübten Behandlung lediglich mit Thermalbädern. Außerdem hatte ich einige Fälle von schwerer Arthritis darunter, auf die ich noch zurückkommen werde, welche erst bei der so geübten Behandlungsweise eklatante Erfolge aufwiesen, während sie bei der bloßen Badebehandlung und Massage nur wenig in früheren Jahren, in denen ich sie bereits behandelte, sich besserten. Gewöhnlich lasse ich der Inhalationskur noch eine Radiumtrinkkur folgen, und es gelingt mir so, die Besserung oder Heilung, wie mir dies eine Anzahl meiner Patienten schriftlich mitteilten, zu erhalten. Wenn ich nun auf die Einzelheiten eingehe, so verteilen sich die Beobachtungen der Fälle folgendermaßen:

An Rheumatismus articulorum behandelte ich 5, von denen alle einen abgelaufenen Prozeß darstellten. Die Gelenke waren noch geschwollen, schmerzhaft bei der Bewegung, Fieber war nicht mehr vorhanden. 3 dieser Fälle verließen mich vollständig geheilt, bei 2 derselben war bei der Entlassung noch ein gewisser Grad von Bewegungsschwierigkeit vorhanden, der sich nach schriftlicher Mitteilung bei einem im weiteren Verlaufe verlor. In allen diesen Fällen verwandte ich während deren Anwesenheit

in Wiesbaden Radiuminhalation, Thermalbäder und Massage, verordnete ihnen dann zu Hause noch eine 3—4 wöchentliche Radiumtrinkkur.

24 Patienten wurden an akutem und chronischem Muskelrheumatismus in gleicher Weise behandelt. Von diesen verließen mich 14 vollständig geheilt, 6 gebessert, bei 4 war die Behandlung erfolglos; eine Besserung des Zustandes dieser letzten 4 würde meines Erachtens auch wohl noch eingetreten sein, wenn sie nicht aus äußerlichen Gründen die Kur zu früh abgebrochen hätten.

Au Diathesis urica und Polyarthritus chronica behandelte ich 18. Einen vollständigen Heilerfolg hatte ich hier nur bei 5 Patienten, während 8 eine deutliche Besserung aufwiesen; bei 5 blieb die Behandlung ohne Erfolg. Auch hier war die Behandlung eine gemischte.

Von den Fällen mit Polyarthritus chronica lösten unter den 9 behandelten 6 nach einigen Tagen heftige akute Anfälle aus, so daß die Behandlung häufiger unterbrochen werden mußte.

Eines Falles muß ich besonders erwähnen, da er mir deutlich den Erfolg der Radiumbehandlung erwies. Es handelt sich um einen seit 5 Jahren erkrankten Herrn, der bereits seit 3 Jahren regelmäßig sich meiner Behandlung anvertraute. Kuren in anderen Badeorten hatten sein Leiden nicht zu bessern vermocht, beinahe alle Gelenke, namentlich aber die der Hand und der Finger, die Knie- und Fußgelenke waren derartig angeschwollen und verdickt, daß der Patient nicht mehr imstande war, seine Hände zu benützen, meistens in einem Wägelchen gefahren werden mußte oder sich nur mühsam mit Hilfe von Krücken vorwärts bewegte. Im ersten Jahre behandelte ich ihn mit Wiesbadener Thermalbädern, Heißluftapplikation und Massage, konnte aber kaum eine Besserung erzielen. Diese trat erst ein, nachdem ich ihn mit Radiumkataphorese behandelt hatte. Im Herbst 1911 benützte er dann neben dem Wiesbadener Quellbädern Radiuminhalation, und es wurde eine derartige Besserung erreicht, daß nach einer dreiwöchentlichen Kur Patient auf einen Stock gestützt kurze Wege gehen und seine Hände bereits wieder benützen konnte. Der darauffolgende Winter war für ihn ein sehr guter, die Besserung hielt stand, und als er im Frühjahr 1912 eine nochmalige dreiwöchentliche Kur gebraucht hatte, waren die Gelenke vollständig abgeschwollen und sowohl aktiv wie passiv bewegungsfähig.

Von den 21 Fällen von Neuralgien und Ischias wurden 7 geheilt, 9 gebessert, 5 blieben bisher ohne Erfolg.

Daß die Einwirkung der Radiumemanation auf die Harnsäure eine unmittelbare und zweifellose ist, zeigt mir folgender Fall:

Herr E. aus Frankfurt, 49 Jahre alt, kam zu mir mit einer Affektion der Haut, die ihn schon seit über 2 Jahren außerordentlich belästigte. Die Epidermis war verdickt, rissig, besonders an den Handrücken und auch in der Handfläche, und aus den Rissen wurde eine gräuliche glasige Flüssigkeit abgesondert. Der Reiz war ein derartig lästiger, daß Patient kaum mehr imstande war, irgend welche Arbeit zu verrichten. Eine große Anzahl von Kuren, hauptsächlich Einreibungen, waren bisher erfolglos geblieben. Die mikroskopische Untersuchung der Hautausscheidung zeigte Harnsäurekristalle in großer Menge. Ich verordnete dem Patienten nur Sitzungen in dem Radiuminhalatorium, und bereits nach der vierten Sitzung zeigte sich eine wesentliche Besserung; die Risse in der Haut waren verheilt, und die rauhe Oberfläche begann glatter zu werden. Nach 20 Sitzungen von je 2 Stunden war die außerordentlich lästige Affektion geschwunden, so daß ich ihn in seine Heimat abreisen lassen konnte. Dieser gute Zustand verharrete noch längere Zeit, aber nach 3 Monaten stellten sich von neuem die ursprünglichen Symptome ein. Geschäftliche Rücksichten verhinderten ihn wieder zu mir zu kommen, er besuchte aber in unregelmäßigen Zwischenräumen ein Radiuminhalatorium in seiner Heimatstadt und erzielte dort jedesmal eine, wenn auch nur vorübergehende Besserung seines Zustandes. Zu einer regelmäßigen Benützung dieser Kur in seiner Heimat fehlt ihm die Zeit, so daß immer wieder neue Exazerbationen auftreten, die aber nach meinem Dafürhalten ausbleiben würden, wenn in genügender Menge das Blut mit Radiumemanation gesättigt werden könnte. Einem vor kurzem erhaltenen Berichte gemäß hat die Krankheit nie mehr wieder den früheren Höhepunkt erreicht. Eine andere Therapie als die mit Radium hat in diesem Falle sowohl während seines Aufenthaltes bei mir, als auch seitdem nicht mehr stattgefunden, so daß eine günstige Einwirkung durch andere Medikamente nicht in Frage kommt.

Ein Zufall ließ mich die Radiuminhalation mit günstigem Erfolg bei Furunkulose in Anwendung bringen. Einer meiner Patienten, Herr K. P. aus London, war wegen eines chronischen

Muskelrheumatismus zu mir gekommen. Seit Monaten litt er außerdem an Furunkulose. Die Furunkel nahmen immer eine beträchtliche Tiefe an, und eine völlige Ausrottung war nicht möglich gewesen. Während der Radiumsitzungen heilte ein vorhandener Furunkel innerhalb weniger Tage ab, ohne die Dimensionen anzunehmen, die bei den früheren vorhanden waren. Während der ganzen vierwöchentlichen Kur traten neue Furunkel nicht auf, und nach den erhaltenen Berichten, deren letzten ich 6 Monate nach dieser Behandlung erhielt, waren neue Erscheinungen von dieser Seite nicht mehr aufgetreten. Da ich immerhin mit der Möglichkeit eines Zufalles rechnen mußte, bot sich mir eine willkommene Gelegenheit, die Erscheinungen auf ihre Richtigkeit zu prüfen, dadurch, daß im Spätherbst 1911 Herr C. aus Lübeck sich in meine Behandlung begab, der schon über 2 Jahre andauernd an schwerer Furunkulose litt. In keinem der beiden Fälle war übrigens Diabetes vorhanden. Bei Herrn C. konnte ich dieselbe rasche Abheilung eines gerade vorhandenen Furunkels beobachten, neue traten nicht mehr auf und sind auch bis jetzt (Mai 1912) nicht mehr aufgetreten. Noch bei zwei anderen Patienten habe ich dann das Verfahren angewandt, und zwar immer mit denselben Resultaten.

	Fälle	Geheilt	Gebessert	Erfolglos
Rheumatismus articolorum . . . . .	5	3	2	—
Rheumat. muscul. acut. et chron. . . . .	24	14	6	4
Diathesis urica . . . . . 9 )	18	5	8	5
Polyarthrit. chronica . . . . . 9 )				
Neuralgien (Ischias) . . . . .	21	7	9	5
Furunkulosis . . . . .	4	4	—	—
Diabetes . . . . .	4	—	4	—
Dermatitis urica . . . . .	1	—	1	—
Sa.	77	33 = 43,37%	30 = 38,96%	14 = 18,18%

Eine Besserung der Erscheinungen bei Diabetes konnte ich in 4 Fällen konstatieren. In dem einen Falle handelte es sich um einen Herrn K. aus Folkestone, der an gichtischen Erscheinungen leidet, einen Zuckergehalt von 0,7 hatte, der während der Behandlungsdauer innerhalb 3 Wochen auf 0,3 fiel. Als er etwa 8 Monate später wieder in meine Behandlung trat, war der Zuckergehalt 0,5 und fiel wiederum auf 0,1. Bei zwei anderen Patienten, Herrn S. und Frau Sch., waren 3,7 bzw. 3,2% Zucker vorhanden,



die sich auf 1,8 bzw. 1,6 verminderten. Diese Resultate beweisen, daß während der Behandlung mit Radium wohl eine Herabsetzung des Zuckergehalts stattfindet. Ein dauerndes Verschwinden des Zuckers durch Radiumbehandlung halte ich nicht für wahrscheinlich.

Die Resultate, die ich innerhalb der 282 angegebenen Tage hatte, sind aus umstehender Tabelle ersichtlich.

Während der Behandlung im Inhalationsraum konnte ich bei einem großen Prozentsatze aller Patienten die Erfahrung machen, daß sich deutlich drei Phasen erkennen ließen. Die erste innerhalb der ersten zwei bis fünf Sitzungen zeigten eine gewisse Unsicherheit der Erscheinungen, die sich verschiedenartig kennzeichneten, sei es, daß bei Rheumatikern sich an bisher unberührt gewesenen Stellen oder an solchen, die lange Zeit hindurch keine Erscheinungen mehr gemacht hatten, mehr oder weniger heftige Beschwerden fühlbar machten, bei Arthritikern akute Anfälle eintraten, sei es, daß die Patienten über eine allgemeine vorübergehende Unruhe klagten. Dann trat als zweite Phase eine länger dauernde Euphorie ein, die sich besonders durch relative Schmerzlosigkeit und guten Schlaf kennzeichnete. Die dritte Phase möchte ich als eine solche der Übersättigung bezeichnen, die erst nach dem Verlauf von einer Reihe von Sitzungen eintritt. Vermehrte Schmerzen, Schlaflosigkeit, allgemeine Unruhe, Symptome, die aber alle rasch schwinden, wenn man 1—2 Tage Pause zwischen den Sitzungen machen läßt. Die geringste Anzahl der notwendigen Sitzungen war 10, die höchste 30.

Wie ich bereits früher erwähnte, halte ich eine Trinkkur, direkt an die Inhalationskur während 3—4 Wochen sich anschließend, für äußerst zweckmäßig.

Lokale Anwendungen sind nur bei Gelenkschwellungen angebracht, und zwar habe ich da bei Injektionen bessere Erfolge zu verzeichnen, als bei Kompressen, deren Wirkung keine lang anhaltende ist, und die infolgedessen während eines großen Zeitraumes gebraucht werden müssen. Ich lasse dahingestellt, ob gehabte Erfolge nicht zum großen Teil der Wirkung des feucht-warmen Umschlages, als welchen man die Kompresseneinwirkung doch zum Teil ansehen muß, zu verdanken sind.

Im ganzen komme ich zu dem Schlusse, daß wir in der Radiumbehandlung ein Heilmittel besitzen, das einen ganz hervorragenden Rang in der Therapie einnimmt. Neben diesem Heil-

mittel sind die altbewährten Prozeduren, wie Bäder, Massage, Heißluft zu gebrauchen. Die Anwendung des Radiums scheint zunächst eine gewisse Loslösung der Harnsäure zu bewirken, deren weitere Entfernung zum guten Teil durch die Mineralbäder von entsprechendem Rufe und durch die übrigen physikalischen Heilmittel besorgt wird.

Noch ein Wort möchte ich über die Apparatur bei der Inhalationsmethode sagen. Die in dem hiesigen Institut gebrauchten Apparate der Allgemeinen Radium-Aktien-Gesellschaft haben sich in jeder Weise als zuverlässig bewährt. Indessen dürfte wohl jeder Apparat, der die genügende Anzahl von Emanation in gewünschter Weise abgibt, zu einer Emanationskur zu gebrauchen sein, und zwar wiederhole ich, daß ich die allgemein zuträgliche Menge auf 3—4 Macheinheiten im Liter als die richtige bezeichnen möchte.

---

## Notiz über die Maßeinheiten der Radiumemanation.

Von **H. Mache** und **St. Meyer**.

Der Artikel der Herren C. Engler und H. Sieveking, „Zur Radioaktivität der Mineralquellen“ (diese Zeitschrift 1912, Heft 10 und 11,) enthält einige durch die Arbeiten der letzten Jahre überholte Angaben und Bemerkungen, so daß wir uns veranlaßt sehen, denselben durch eine kurze Notiz zu ergänzen.

Man kann Emanation entweder durch den Sättigungsstrom messen, den sie ohne Zerfallsprodukte, in Luft zu unterhalten vermag, und der an sich, in genügend großem Meßgefäß bestimmt, ein absolutes, von Temperatur und Druck unabhängiges Maß der Emanation ist, oder durch das Radiumäquivalent, d. h. durch die Angabe derjenigen Radiummenge, welche das gleiche Quantum Emanation entgegen ihrem spontanen Zerfall nach sehr langer Zeit anzuhäufen und dauernd zu unterhalten vermag.

Nach einem Beschlusse des internationalen Kongresses für Radiologie und Elektrizität in Brüssel vom Jahre 1910 nennt man ein „Curie“ diejenige Emanationsmenge, die mit 1 g Radiumelement im Gleichgewicht steht (analog ein „Milli-Curie“ usw.).

Das erstere Verfahren wurde 1904<sup>1)</sup> eingeführt und ist seither besonders in Deutschland und Österreich sehr verbreitet. Speziell nennt man häufig diejenige Emanationsmenge eine „Mache-Einheit“ (M.-E.), die allein (ohne ihre Zerfallsprodukte) bei vollständiger Ausnützung ihrer Strahlung einen Sättigungsstrom von einem Tausendstel der elektrostatischen Stromeinheit zu unterhalten vermag.

Man sollte diese Einheit, wenn man sie trotz der uns nicht verständlichen Bedenken von Engler und Sieveking<sup>2)</sup> aus Be-

<sup>1)</sup> Wiener Sitzungsberichte, 1904, Bd. 113, S. 1329; 1905, Bd. 114, S. 355, 545.

<sup>2)</sup> Es betrifft dies vor allem die Bemerkung auf S. 315 oben: „Man sieht auf den ersten Blick, daß diese Einheit nicht allen Anforderungen entspricht, die an eine unabhängige, stets reproduzierbare Einheit gestellt werden können. Es geht in dieselbe eine Apparatenkonstante, die Kapazität, ein, und wenn auch alle Autoren sich tunlichst an gleiche Dimensionen gehalten haben, so liegt doch darin eine gewisse Willkür.“ Eben durch die Einführung des Strommaßes wird ja die Kapazität eliminiert und das Meßresultat unabhängig von den Dimensionen des Apparates.

quemlichkeitsgründen beibehalten will, stets auf ein Liter beziehen und hauptsächlich dort anwenden, wo es sich um einen akzessorischen Emanationsgehalt handelt, wie in den Quellwässern oder Quellgasen, in der Luft von Emanatorien und dgl. Handelt es sich nicht um die Bezeichnung einer Konzentration, sondern um die Angabe beliebiger Emanationsmengen, so ist es wohl eigentlich entbehrlich, die Emanationsmenge, die dem tausendsten Teil der statischen Einheit des Stromes entspricht, mit einem eigenen Namen zu bezeichnen, da die Angabe des Stromwertes (Stromäquivalentes) allein völlig ausreicht.

Unbedingt zu vermeiden ist aber diese Bezeichnung (M.-E.) bei der Angabe der Aktivität fester strahlender Körper im Strommaß, wie z. B. für Thorium-X usw., da es doch nicht angeht, der Stromeinheit als solcher einen neuen Namen zu geben.

Selbstverständlich könnte man den Strom statt in elektrostatischen Einheiten auch in elektromagnetischen oder praktischen (Ampère, Milliampère oder Billiampère) ausdrücken, doch enthält ein solcher Vorschlag keine besonderen Vorteile, da die Zahlen mittels der bekannten Umrechnungskonstanten jederzeit umgewertet werden können.

Der große Vorteil des Strommaßes für Emanationsmessungen, welche Einheit man ihm immer zugrunde legt, besteht darin, daß es von den heiklen Normallösungen unabhängig ist und alle Angaben, die in diesem Maß gemacht wurden oder werden, jederzeit mit dem jeweils genauesten Wert für das Stromäquivalent des „Curie“ auf diese internationale Einheit reduziert werden können.

Nach den neuesten Messungen vermag ein „Curie“ bei voller Ausnützung der ionisierenden Wirkung seiner  $\alpha$ -Strahlen einen Sättigungsstrom von etwa 2,7 Millionen elektrostatischen Einheiten (= 0,9 Milliampère) zu unterhalten<sup>1)</sup>. Dieser Wert wurde mittels einer Radiumlösung erhalten<sup>2)</sup>, die aus demselben von der Atomgewichtsbestimmung O. Hönigschmids herrührenden Präparat hergestellt worden war, wie der jüngst von der internationalen Radium-Standard-Kommission mit dem Pariser als gleichwertig anerkannte Wiener Radiumétalon<sup>3)</sup>.

Diejenige Emanationsmenge, im Liter einer Quelle, die 1 M. E. entspricht, beträgt demnach etwa  $3,7 \cdot 10^{-10}$  Curie<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> Nicht, wie l. c. Seite 315 steht:  $5,3 \cdot 10^6$  E. st. E.

<sup>2)</sup> Wiener Sitzber. 1912. Bd. 121, S. 227, 603.

<sup>3)</sup> Vgl. Phys. Zeitschr. 1912, Bd. 13, S. 524.

<sup>4)</sup> L. c. auf Seite 316 ist demnach statt  $103,8 \cdot 10^{-10}$  dort  $203,5 \cdot 10^{-10}$  zu setzen.

Zur Berechnung der Einheit „Milligramm-Sekunde“ (gleich der von 1 mg Radium pro Sekunde entwickelten Emanationsmenge), die auch ein Radiumäquivalentmaß darstellt und somit durch die Einführung des „Curie“ eigentlich überflüssig geworden ist, hat man die Gleichung  $Q = q \cdot \tau$  heranzuziehen. Darin bedeutet  $q$  die gesuchte Einheit, wenn  $Q$  gleich ein „Millicurie“ gesetzt wird und man  $\tau$ , die mittlere Lebensdauer der Radiumemanation, in Sekunden rechnet ( $\tau = 480000$  Sek.). Setzt man also den Stromwert eines Millicurie, nach obigem, gleich 2700 statischen Einheiten, so ist das Stromäquivalent von einer „Milligrammsekunde“ Radiumemanation gleich 5,6 Tausendsteln der statischen Einheit<sup>1)</sup>.

Bezüglich der Art der Messungen scheint es uns nicht angebracht, auf die Diskussion der verschiedenen Glockenapparate und Fontaktometer näher einzugehen, da die betreffenden Überlegungen in physikalischen Blättern ausführlich genug auseinandergesetzt sind.

Wir möchten nur darauf hinweisen, daß in einem begrenzten Volumen naturgemäß die Emanation nie völlig zur Wirkung gelangen kann, da die den Wänden benachbarten  $\alpha$ -Partikel nicht in ihrer ganzen Reichweite ionisierend zu wirken vermögen. Andererseits muß auch bei schnellstem Arbeiten der aktive Niederschlag  $RaA - RaC$  einen Beitrag zum Strome liefern.

Für die Praxis mag daher die Angabe genügen, daß in einem hermetisch geschlossenen Zylinder (Elster-Geitel'sche Glocke oder Fontaktometer) von 15 Liter Inhalt, man nach Abwarten des Maximalwertes, also nach ca.  $3\frac{1}{2}$  Stunden, für die Emanation allein 49% des im Gefäß gemessenen Gesamtwertes zu rechnen hat. Diese Korrektur setzt sich zusammen aus der abzuziehenden Wirkung des aktiven Niederschlages (induzierte Aktivität) und aus der Addition der Korrektur für die nicht voll ausgenutzte Reichweite der  $\alpha$ -Strahlen (gemäß der Formel von Duane und Laborde<sup>2)</sup>), sowie endlich der Korrektur für das natürliche Abklingen der Emanation innerhalb der Wartezeit von  $3\frac{1}{2}$  Stunden.

Für Apparate, deren Meßraum mit Außenluft kommuniziert, sind wegen der nicht quantitativ angebbaren Korrektur für die induzierte Aktivität exakte Angaben unmöglich.

Für Bestimmungen, welche einen höheren Grad von Genauigkeit anstreben, kann das Schüttelverfahren mit unmittelbar anschließender Messung überhaupt nicht genügen, da die beim heftigen Schütteln

<sup>1)</sup> Wonach die l. c. Seite 317. Anm. 1 angegebenen Zahlen zu rektifizieren sind.

<sup>2)</sup> C. R. 1910, Bd. 150, S. 1421.

von Wasser oder gar Salzlösungen durch den Lenardeffekt erzeugten Ionen eine sehr große Lebensdauer besitzen. Man hat dann den Maximalwert des Stromes abzuwarten und weiter währenddem oder wenigstens eine halbe Stunde vor der Messung im Meßraum ein elektrisches Feld zu unterhalten (das Elektroskop immer im gleichen Sinne geladen zu halten), damit nicht bei der Messung selbst eine Umlagerung des aktiven Niederschlages eintritt, da eine solche nicht unerhebliche Änderungen des Stromwertes bedingt.

---

## Bericht über die Versammlung der internationalen Radiumstandardkommission in Paris vom 25. bis 28. März 1912.

Von **O. Hahn**, **St. Meyer** und **E. v. Schweidler**.

In den Tagen vom 25. bis 28. März 1912 war die internationale Radiumstandardkommission (gewählt September 1910 auf dem Kongreß in Brüssel) in Paris versammelt. Von den zehn Mitgliedern waren sieben erschienen (Mme. Curie, A. Debierne, O. Hahn, St. Meyer, E. Rutherford, E. v. Schweidler, F. Soddy)<sup>1)</sup>. Die Zusammenkünfte fanden im Institut von M. Curie und in deren Wohnung, sowie im Laboratorium von Professor Lippmann statt, in welchem dieser in entgegenkommender Weise einen nicht „radioaktiven“ Raum zu Meßzwecken zur Verfügung gestellt hatte.

Entsprechend den im September 1910 gefaßten Beschlüssen hatte Frau Curie im August 1911 ein Radiumstandardpräparat aus reinstem wasserfreiem Chlorid hergestellt. Es enthält 21,99 mg  $\text{RaCl}_2$ , eingeschmolzen in einem Glasröhrchen von der Wandstärke 0,27 mm, von 1,45 mm Weite und der Länge von 32 mm.

Gleichzeitig waren im Institut für Radiumforschung der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien durch O. Hoenigschmid drei Standardpräparate hergestellt worden, die in zugeschmolzenen Glasröhrchen von der Wandstärke 0,27 mm, der Weite von 3,2 mm und Längen von ca. 30 mm, 10, 11 bzw. 31, 17 und 40,43 mg reinstes wasserfreies  $\text{RaCl}_2$  enthalten<sup>2)</sup>.

Alle diese Präparate stammten aus St. Joachimsthaler Pechblende, und waren daher praktisch frei von Mesothorium<sup>3)</sup>. Das Radioblei war in allen Fällen zuletzt im Juni und Juli 1911 entfernt worden.

Da eine große Zahl von für die Erkenntnis der Konstitution der Materie wichtigen Grundzahlen, die Beziehungen auf vollkommen genau definierte Standardpräparate zur Voraussetzung hat

<sup>1)</sup> Entschuldigt waren: B. Boltwood, A. S. Eve, H. Geitel.

<sup>2)</sup> Vgl. Mitt. des Inst. für Radiumforschung VIII, Wiener Sitzungsbericht 1911.

<sup>3)</sup> Vgl. Mitt. des Inst. für Radiumforschung XVII, Wiener Sitzungsber. 1912.

hatte die Kommission beschlossen, ehe an die Herstellung sekundärer Standardpräparate geschritten werden sollte, das Pariser und die Wiener Präparate offiziell zu vergleichen.

Diese Vergleichen wurden nach zwei verschiedenen  $\gamma$ -Strahlenmethoden durchgeführt, und zwar nach einer Kompensationsmethode E. Rutherfords<sup>1)</sup> und mittels eines sehr großen Plattenkondensators nach Angaben Mme Curies.

Die Übereinstimmung aller der genannten voneinander unabhängigen Standardpräparate war im Rahmen der Meßgenauigkeit von ca. 2 Promille eine vollständige. Die Basis für die Weiterarbeit kann demnach jetzt als durchaus gesichert gelten, und es wird der nicht nur in wissenschaftlicher, sondern auch in kommerzieller Hinsicht sehr störenden Unsicherheit bezüglich des Radiumgehaltes von Präparaten ein Ende gemacht werden können<sup>2)</sup>.

Die wichtigsten von der Kommission am 28. März 1912 gefaßten Beschlüsse sind die folgenden:

1. Das von M. Curie im August 1911 hergestellte Präparat von 21,99 mg  $\text{RaCl}_2$  wird zum offiziellen internationalen Radiumstandard erklärt. Es soll in Paris (Sèvres) im Internationalen Bureau des poids et mesures aufbewahrt werden.

2. Die Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien ist zu ersuchen, daß eines der Wiener Standardpräparate, die in Paris von der Kommission untersucht und von gleicher Reinheit befunden wurden, wie das Pariser (und zwar dasjenige von 31,17 mg  $\text{RaCl}_2$ ) als Ersatz-Standard in Wien aufbewahrt werde.

3. Das internationale Standardpräparat soll nur zu Vergleichszwecken — Standardisierungen sekundärer Standards — dienen und nur den Kommissionsmitgliedern unter geregelten Bedingungen zugänglich sein.

4. Gleiche Bedingungen sind für das Wiener Standardpräparat erwünscht.

5. Sekundäre Standards, die mit den primären offiziell verglichen werden sollen, werden den verschiedenen Regierungen auf

---

<sup>1)</sup> Proc. phys. Soc., März 1912.

<sup>2)</sup> Die Kommission hatte auch Gelegenheit, das Standardpräparat Sir W. Ramsays, das er freundlichst zu diesem Anlasse zur Verfügung gestellt hatte, zu vergleichen. Doch ist seine Art der Einschließung von derjenigen der anderen einigermaßen verschieden, und es enthält eine zu kleine Menge von Radium, als daß eine unmittelbare absolut genaue Relation in der kurzen Zeit der Versammlung möglich gewesen wäre.



Wunsch vermittelt werden. Die Bedingungen hierfür wurden in der Kommission festgelegt <sup>1)</sup>).

Die Kommission hat Fürsorge getroffen, daß die Bestimmungen an zwei Orten unabhängig von einander vorgenommen werden können und garantiert dann den Angaben eine Genauigkeit von mindestens 0,5 Proz.

Die Notwendigkeit, den Betrag zum Ankauf der Radiummenge aufzubringen, um Frau Curie das im „internationalen Radiumstandard“ enthaltene Material zu ersetzen, bot für die Kommission naturgemäß einige Schwierigkeiten, da sie als solche kein Vermögen besitzt.

Es ist daher sehr erfreulich, mitteilen zu können, daß, sobald dieses Bedürfnis bekannt wurde, Herr und Frau Dr. G. T. Beilby sich in hochherziger Weise bereit erklärt haben, als Zeichen ihrer persönlichen Wertschätzung für Frau Curie und ihre Arbeit die nötige Summe zur Verfügung zu stellen.

---

<sup>1)</sup> Auskunft hierüber zu erteilen ist der Sekretär der Kommission, Professor St. Meyer, Wien, bereit.

## Referate.

### Kongreß für innere Medizin, Wiesbaden 1912.

(Schluß.)

Herr P. Lazarus (Berlin): Die experimentellen Grundlagen der Radiumtherapie.

Bakterienabtötung, Fermentaktivierung, Stoffwechselsteigerung, Zellschädigung, Urikolyse sind nicht spezifisch für die radioaktiven Substanzen, sondern auch die anderen chemisch wirksamen Strahlen, insbesondere die ultravioletten, können qualitativ ähnliche biologische Wirkungen entfalten, mögen sie vom Sonnenlicht, der Bogen-Finsen-Quecksilberlampe, der Röntgenröhre oder deren Sekundärstrahlungen entstammen. Die Radiumwirkung ist teils nur vorübergehend, teils wegen der Erforderlichkeit zu großer Dosen nicht anwendbar. Den Abbau von Laktimurat in Laktamurat und weiter in  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_3$  durch Radiumemanation konnte Votr. nicht bestätigen. Sie ist vielmehr ein Zeichen einer bakteriellen Verunreinigung (Schimmelpilze). Die kräftigste Wirkung entfalten die Radiumsalze auf dem Wege der Einspritzung.

Herr Glaessgen jr. (Münster a. St.): Die Wirkung der natürlichen Radiumbäder und ihre Anwendung.

Votr. empfiehlt auf Grund ausgedehnter und exakt angestellter Versuche für rheumatische Erkrankungen, Myalgien, Ischias und Neuralgien die Kombination von natürlichen Radiumbädern mit Emanatoriumbehandlung, verwirft dagegen bei Myokarditis, Herzneurosen und Arteriosklerose die künstlichen Radiumbäder und Emanatorien, hält vielmehr für diese Gruppe die natürlichen Radiumbäder für indiziert. Bei letzteren ist angesichts des starken Hautreizes eine niedrige Temperatur zu wählen und eine Dauer von 40 Minuten zur Vermeidung allzugroßer Ermüdung nicht zu überschreiten.

### Diskussion.

Herr Gerke (Gastein) lenkt die Aufmerksamkeit auf die Wirkung der negativen Luftelektrizität in der Nähe des Gasteiner Wasserfalles.

Herr Kemen (Kreuznach) verweist auf seinen Vortrag über Blutuntersuchungen bei der Radiumtrink- und Inhalationskur auf dem Balneologenkongreß. Bei weiteren Blutuntersuchungen fand sich ein Emanationsgehalt von 40 M.-E. in 1000 g Blut bei 80 M.-E. pro Liter Luft im Inhalatorium, also ein Quotient von Blut zu Luft von  $\frac{1}{2}$ . Bei der Blutentnahme muß das Blut behufs Vermeidung von Entgasung des bereits angesogenen Blutes mit dem Kolben des Stempels in inniger Berührung bleiben. Umgekehrt kann bei Benutzung eines evakuierten Glaskolbens ein so hoher Emanationsgehalt des Blutes vorgetäuscht werden. Blutuntersuchungen bei Emanationsbädern mit 100 M.-E. pro Liter Wasser ergaben nach einem

viertelstündigen Bad in 1000 g Blut etwa 4 M.-E., nach einstündigem Bad  $9\frac{1}{2}$  M.-E., also eine ganz unerwartet hohe Zahl, wie sie bei der Trink- oder Inhalationsmethode nur bei sehr hohen Dosen zu erzielen ist.

Herr van den Velden (Düsseldorf): Durch jede Gasinhalation wird die Gerinnungsfähigkeit des Blutes verringert. Die Radiumwirkung hat also in dieser Beziehung nichts Spezifisches an sich.

Herr Strassburger (Breslau): Man kann auf den verschiedensten Wegen genügende Emanation in den Körper bringen, muß sich aber von der unbewiesenen Hypothese freimachen, daß es nur im Radiumemanatorium zur Blutanreicherung kommt. Auch die äußere Applikation sollte man nicht vernachlässigen.

Herr F. Kraus (Berlin): Die Gefahren der Thoriumtherapie haben uns veranlaßt nur von biologischen, allerdings sehr überraschenden Wirkungen zu sprechen, die wir aber zu untersuchen verpflichtet sind, nicht von therapeutischen. Man soll jedoch aus dem vorgetragenen Material nicht den Eindruck gewinnen, daß das Thorium X nur eine zerstörende Wirkung entfalte. Den Leukämikern geht es sehr gut, und daß auch eine Reizung vorhanden, beweist das Verhalten der perniziösen Anämie.

Herr Rumpel (Hamburg) hat weder bei Gicht, noch bei chronischem Gelenkrheumatismus besondere Erfolge von der Radiumbehandlung gesehen.

Herr Plesch (Berlin) (Schlußwort): Die  $\gamma$ -Strahlenmessung würde zu niedrige Werte ergeben; auch ist das Verhältnis der  $\gamma$ - zu den  $\alpha$ -Strahlen zwar beim Radium, dagegen nicht beim Thorium bekannt. Man bleibt daher vorläufig besser bei der Messung der  $\alpha$ -Strahlen. Die unangenehmen Nebenwirkungen sind nicht auf das Radiothorium zurückzuführen.

Herr Gudzent (Berlin) (Schlußwort): Die Anreicherung im Blute ist im Nernstschen Institut von Markwaldt und Bennowitz wiedergefunden worden und ebenso von Kionka in Jena bei Versuchen außerhalb des Körpers.

Herr Falta (Schlußwort) hat bei einer großen Zahl von Injektionen niemals Nekrosen der Haut gesehen und glaubt mit einer Höchstdosis von 1,2 Millionen M.-E. in Zukunft auskommen zu können.

Herr Lazarus (Schlußwort): Strassburger und Kemen haben meine Untersuchungen über die Anreicherung im Blute bestätigt, ebenso neuerdings Wiechowsky und Knaffel, welche durch Radiumemanation selbst in großen Mengen weder eine Löslichkeitsvermehrung noch eine Zersetzung des Mononatriumurats hervorrufen konnten. Reicher (Bad Mergentheim).

**Satterly, John**, Die Radioaktivität von Sumpfgas. (Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, 1. Dez. 1911, Bd. 16, Teil 4, S. 356—59, mitgeteilt von Prof. J. J. Thomson.)

Rührt man in Tümpeln oder Sümpfen auf dem Boden zwischen verfaulenden Pflanzen, so perlt Sumpfgas, vorwiegend  $\text{CH}_4$ , nach oben. Nachdem Satterly 1910 bei Cambridge den Emanationsgehalt der Luft im Freien, sowie in Erde und in Wässern gemessen hatte, bestimmte er im August 1911, als fast 7 Wochen lang kein Regen gefallen war, die Radioaktivität des Sumpfgases.

Mit einer Stange tauchte er eine wassergefüllte Flasche mit angebundenem breiten Trichter umgekehrt in den Sumpf, rührte darunter den Schlamm auf, fing innerhalb 30 Minuten 3—4 Liter Gas auf, korkte sie dann unmittelbar vor dem Herausnehmen noch unter Wasser zu, füllte damit nachher im Laboratorium das 3 Liter große Prüfgefäß, und beobachtete dann den elektrischen Spannungsabfall innerhalb 10 Minuten. Um zu prüfen, ob es Radiumemanation sei, ließ er sie nachher noch 3 Stunden im Gefäß und bestimmte auch dann den Spannungsabfall. Er war 50% größer als vorher, was bei dem von ihm benutzten Gefäß ein sicherer Beweis für Radiumemanation ist. Wäre übrigens auch Thoriumemanation im Sumpfgas enthalten gewesen, so wäre sie bereits auf dem Rückweg zum Laboratorium längst zerfallen. Das Gas brannte fahlblau, eben wie  $\text{CH}_4$ .

Bei dem benutzten Elektrometer war 1 Volt gleich 90 cm Ausschlag. Der Normalverlust war 1 cm/Minute. Der Spannungsverlust bei Wirkung von 3 Litern Gas aus verschiedenen Sümpfen durchschnittlich 65 cm/Minute; im Höchsthalle einmal 91. Da nun, wie eine Eichung ergeben hatte, bei jenem Prüfgefäß 120 cm/Minute derjenigen Emanationsmenge entsprach, die im Gleichgewicht ist mit  $1,57 \cdot 10^{-9}$  g Radium, so war der Emanationsgehalt  $\epsilon$  von 1 Liter Sumpfgas durchschnittlich gleich derjenigen Emanationsmenge, die im Gleichgewicht ist mit  $\frac{1}{3} \cdot \frac{65}{120} \cdot 1,57 \cdot 10^{-9} = 3 \cdot 10^{-10}$  g Radium, wofür man zu sagen beliebt, der Emanationsgehalt  $\epsilon$  war  $3 \cdot 10^{-10}$  Curie.

Das ist fast derselbe Wert, wie ihn Satterly bei Luft aus 1 bis 1,5 m in die Erde getriebenen Röhren in und bei Cambridge gefunden hatte. Die Aktivität von Sumpfgas von einer und derselben Stelle, etliche Tage später, war im Verhältnis 48:39 stärker, weil stärker gerührt worden war und die Emanation des Gases doch offenbar vom Radium im Schlamm herrührt.

Erich Schneckenberg.

**Chalupecky, H.**, Die Wirkung des Mesothoriums auf den Sehapparat. (Casopis lékařů českých, 1912; Zeitschrift böhm. Ärzte.)

Im Anschluß an die Arbeit über die Wirkung des Radiums und der Radiumemanation (ref. im 10. Heft d. Zeitschr., S. 298) berichtet derselbe Autor in einer vorläufigen Mitteilung über die Wirkung des Mesothoriums. Nach kurzer Einleitung über das Wesen und die Wirkungen des Mesothoriums im allgemeinen, besonders über die Arbeiten von Czerny-Caan, beschreibt Ch. die Ergebnisse seiner Versuche: 10 mg Mesothorium (von der Firma Knöfler & Co. in Plötzensee bei Berlin) wurden einigen Kaninchen auf die Augenlider befestigt, und zwar auf 1—2 Stunden täglich. Nach 8 Stunden entwickelte sich regelmäßig eine Bindehautentzündung mit reichlicher Eiterung, nach 19 Stunden fallen die Haare aus, die Hornhaut ist diffus getrübt, ihre Oberfläche gestipfelt, auf der Haut bilden sich dicke Krusten. Nach 20 Stunden Exposition wurde das Tier getötet. Mikroskopischer Befund unterscheidet sich nur graduell von jenem bei Radiumwirkung: in der Lidhaut mächtige entzündliche Infiltration und ziemlich tiefe Ulzeration; Nekrose der Lidbindehaut; Hornhautepithel unregelmäßig, teilweise abgeschält, in der Hornhautsubstanz deutliche Rarefizierung (Vakuolen), mäßige kleinzellige Infiltration. Descemetische Membran und die übrigen Augenbestandteile normal. — Also die Ähnlichkeit der Radium- und Mesothoriumwirkung wird auch durch diese Versuche bestätigt, nur konnte nicht eine intensivere Mesothoriumwirkung

konstatiert werden (wie von anderen berichtet wurde) — wenigstens was die Hornhaut und Bindehaut anbelangt — eher umgekehrt. Mikroskopische Bilder der Hornhautschädigung durch verschiedene Strahlungen zeigen, daß die Röntgenstrahlen am intensivsten wirken, dann kommt das Radium und schließlich Mesothorium an die Reihe. Für therapeutische Anwendung (— z. B. bei Neubildungen in der Nachbarschaft des Auges —) wird dieser weniger schädliche Einfluß auf den Sehapparat angenehm sein. Direkte Bestrahlung des Auges (sei es mit ultravioletten, Röntgen- oder Radiumstrahlen) zum therapeutischen Zwecke bei wirklichen, selbständigen Augenkrankheiten (z. B. Trachom, Hornhautentzündung usw.) scheint nach bisherigen, ziemlich zahlreichen Versuchen keine besonderen Vorteile zu zeigen; dieselben Erfolge konnten immer mit gewöhnlichen, billigeren und einfacheren Mitteln erzielt werden. Autoreferat.

**Pinkus, A.**, Zur Mesothoriumtherapie bei Krebskranken. (Berliner klin. Wochenschr., 1912, S. 935.)

Versuche mit Trinkkur, Injektionen und Bestrahlung. Trinkkur und Injektionen ohne Einfluß. Interessant ist, daß Verf. bei Darreichung großer Dosen per os (über 600000 M.-E.) unangenehme Nebenwirkungen hatte (Erbrechen, Diarrhöen), bei intravenösen Injektionen (bis 2¼ Millionen M.-E.) wurden keine unangenehmen Einwirkungen beobachtet. Die lokale Bestrahlung mit Mesothorium hat ähnliche Einwirkungen wie die mit Radium. In gewissen Fällen, in denen eine direkte Wirkung auf die Oberfläche erwünscht ist, dürfte das Mesothorium wegen seiner weichen  $\beta$ -Strahlung sogar geeigneter sein. Bei einer Patientin mit einem Mammakarzinom konnte die Zuheilung einer isolierten Exulzerationsstelle beobachtet werden. Verf. glaubt, daß die Mesothoriumbestrahlung einen sicheren Wert als Unterstützungs- und Ersatzbehandlung bei resp. nach chirurgischen Eingriffen hat.

Tachau (Berlin).

**Körösy, K. v.**, Radioaktivität und Fermentwirkung. (Archiv f. d. ges. Physiologie, 1911, Bd. 137, S. 123.)

Nach eingehender Zusammenstellung der früheren Arbeit über die Wirkung des Radiums auf Fermente werden eigene Versuche über die Einwirkung auf Wasserstoffsuperoxyd mitgeteilt. Wird in einer Lösung desselben eine Spur eines Radiumsalzes aufgelöst, oder wird dasselbe in Emanationswasser gelöst, so tritt eine starke Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds ein.

Tachau (Berlin).

**Minami**, Über die biologische Wirkung des Mesothoriums. (Berliner klin. Wochenschr., 1912, S. 781.)

Diastase und Trypsin werden bei länger dauerndem Versuch durch Zusatz von Thoriumemanation in ihrer Wirkung teils gehemmt, teils gefördert. Beim Pepsin trat lediglich eine geringe Begünstigung in Erscheinung. Die Autolyse wird bei ausschließlicher Benutzung von Mesothoriumbestrahlung ( $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen) nicht beeinflusst, dagegen durch die Emanation deutlich

verstärkt. Der Einfluß auf die Autolyse steht also in erster Linie der Emanation mit ihren  $\alpha$ -Strahlen zu, während sich die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen indifferent verhalten.

Tachau (Berlin).

**Stein, E.**, Über die perkutane Anwendung radioaktiver Substanzen, speziell des Aktiniums. (Berliner klin. Wochenschr., 1912, S. 784.)

Therapeutische Versuche mit radioaktiven Kompressen, die Aktinium enthielten (Radiofirnikompressen der Firma Leopold Marcus-Berlin). Erfolge wurden erzielt bei rheumatischen, gichtischen und neuralgischen Erkrankungen, auch bei nervösem Kopfschmerz, Ohrensausen u. dgl.

Tachau (Berlin).

**Albanus**, Die Methodik der Radiumbestrahlung in der Nasen-, Mund- und Rachenhöhle, im Kehlkopf, in der Luftröhre, im Schlund. (Deutsche med. Wochenschr., 1912, S. 805.)

Angabe geeigneter Applikationsarten für Radium- und Thoriumpräparate.

Tachau (Berlin).

**Kenji-Kojo**, Über die biologische Wirkung des Mesothoriums. (Berliner klin. Wochenschr., 1912, S. 779.)

Verf. hat das Verhalten des Thorium X und der Thoriumemanation im menschlichen Körper verfolgt, einmal nach dem Trinken von Thorium X enthaltendem Wasser, dann nach Einatmung von Thoriumemanation. Nach der Aufnahme von 1—2 ccm des Wassers, entsprechend 1900 M.-E., wurden keine unangenehmen Nebenwirkungen beobachtet, dagegen traten nach 10 ccm (19000 M.-E.) Gefühl von Völle im Epigastrium und Appetitlosigkeit auf. Nach dem Genuß von 1900 M.-E. Thorium X steht der Körper fünf bis sechs Stunden unter Emanationswirkung. In Harn und Expirationsluft läßt sich Emanation nachweisen. Daß im Harn Thorium X oder aktiver Niederschlag ausgeschieden wird, wird daraus geschlossen, daß die Aktivität des Harnes auch nach längerem Stehen erhalten bleibt. Wäre nur Emanation vorhanden gewesen, so müßte sie verschwunden sein, da dieselbe rasch zerstört wird. Nach der einstündigen Inhalation der Emanation ließ sich weder im Harn noch in der Expirationsluft Emanation nachweisen.

Tachau (Berlin).

**Jansen, H. und Strandberg, O.**, Untersuchungen darüber, ob die Bakterizidität der Radiumemanation auf Ozonentwicklung zurückzuführen ist. (Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh., 1912, Bd. 71, S. 223.)

Jansen hat in einer früheren Arbeit untersucht, wieviel Radiumemanation dazu gehört, um bakterizid zu wirken, und wie lange die Einwirkung dauern soll (Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh., 1910, Bd. 67). Gegen diese Versuche ist geltend gemacht, daß bei der gewählten Anordnung Ozon auftritt, welchem bekanntlich eine bakterizide Wirkung zukommt. Die Verf. haben daher weitere Versuche in ganz derselben Aufstellung wie früher angestellt und nachgesehen, ob Ozon nachweisbar ist. Als Reagens auf Ozon diente Jodkaliumstärkepapier, das sich bekanntlich bei Anwesenheit von Ozon blau färbt. Es zeigte sich nun einmal, daß bei der gewählten Versuchsanord-

nung nicht so viel Ozon gebildet wurde, daß eine positive Reaktion mit Jodkaliumstärkepapiert auftrat, andererseits ergab sich, daß die Ozonmengen, die auf Bakterien einwirken, unendlich viel größer sind als die, welche eine positive Reaktion mit dem Reagenzpapier geben. Es läßt sich also hiernach mit Sicherheit in den früheren Versuchen von Jansen eine Ozonwirkung ausschließen

Tachau (Berlin).

**Gudzent, F.,** Zur Frage der Vergiftung mit Thorium X. (Berliner klin. Wochenschr., 1912, S. 933.)

Die 58jährige Patientin litt seit fünf Jahren an einem chronischen Rheumatismus, das in den Gelenken der linken Hand begann, bald auf andere Gelenke übergang. Bei der Untersuchung ergab sich außer einer mäßigen Adipositas und den Veränderungen an den Gelenken kein wesentlicher Befund. Die Patientin erhielt nach anfänglicher erfolgloser Behandlung mit Eisenarsenchinin und Radiumkompressen im Verlauf von 16 Tagen drei Injektionen von Thorium X in Mengen von 900000, 550000 und 3000000 M.-E., außerdem eine Injektion von Thorium A von 10000 M.-E. Nach den ersten drei Injektionen keine wesentlichen Beschwerden, die Leukozytenzahl blieb etwa auf gleicher Höhe. Nach der vierten Injektion (Thorium X) erhebliche Senkung der Leukozyten (auf 2600), an den ersten drei Tagen nach der Injektion Wohlbefinden, am vierten Tage Klagen über leichte Übelkeit und Leibschmerzen. Auf ihren Wunsch wird die Patientin entlassen, kommt vier Tage später wieder zur Aufnahme mit Kräftezerfall, starken Leibschmerzen, Durchfällen, welche am zehnten Tage nach der letzten Injektion blutig werden. Es tritt blutiges Erbrechen auf, hohes Fieber, und unter zunehmender Herzschwäche erfolgt der Exitus. Bei der Übereinstimmung der Erscheinungen mit den von Orth und Bickel bei Vergiftung von Hunden mit Thorium X beobachteten, ist der Fall wohl als Thorium X-Vergiftung aufzufassen.

Im Anschluß an diesen Fall werden zwei andere Fälle mitgeteilt, die ähnlich hohe und selbst höhere Dosen Thorium X (4000000 M.-E.) erhalten haben, ohne daß bedrohliche Erscheinungen eingetreten sind. Es wird weiter hingewiesen auf die Versuche von Plesch, der feststellte, daß eine weiße Maus 2 Mill. M.-E., ein Meerschweinchen 5 Mill. M.-E., ein Kaninchen 10 Mill. M.-E. bei intravenöser Injektion vertrugen. Plesch wie auch Falta haben ähnlich hohe Dosen ohne gefahrdrohende Neben- und Nachwirkungen gegeben. Es scheint demnach, daß in der Giftigkeit große individuelle Differenzen bestehen.

Tachau (Berlin).

**Czerny, Vinzenz und Caan, Albert,** Über die Behandlung bösartiger Geschwülste mit Mesothorium und Thorium X. (Münchener med. Wochenschrift, 1912, Nr. 14, S. 737.)

Den Verff. standen in letzter Zeit erhebliche Mengen von Radium und Mesothorium zur Verfügung, die zur Behandlung von Tumoren benutzt werden konnten. Bei der lokalen äußeren Applikation leisten die Mesothoriumpräparate mindestens das gleiche wie die Radiumpräparate. Die Ober-

flächenwirkung des Mesothoriums ist sogar stärker; für oberflächliche Geschwüre, Lupus, Keloid dürfte das M. dem R. überlegen sein. Für die Tiefenwirkung kommen fast ausschließlich die  $\gamma$ -Strahlen in Betracht, so daß hier ein Unterschied in der Wirkung von R. und M. nicht zu erwarten war. Bei mikroskopischer Untersuchung bestrahlter Tumoren zeigte sich bei den Präparaten in gleicher Weise zunächst lymphoide Infiltration, dann Bindegewebswucherung auf Kosten des Karzinomgewebes, nach einiger Zeit nur noch spärliche Karzinominseln, schließlich bindegewebige Induration. Im Gegensatz zum Lupus und Angiom, die sich nach der Bestrahlung rasch zurückbilden, verhielt sich Karzinom und Sarkom mehr refraktär. Das Mesothorium ist kein Spezifikum gegen Krebs, sondern lediglich ein außerordentlich intensiv wirkendes lokales Mittel.

Behandelt wurden im ganzen 120 Fälle, 85 Karzinome, 12 Sarkome, 8 Lymphosarkome, 1 Endotheliom, 6 Angiome, 8 Fälle von Tuberkulose. Von 32 mit Bestrahlung behandelten Fällen von Mammakarzinom zeigten 19 eine deutliche subjektive und objektive Besserung. Die Mesothoriumkapseln wurden mit 4—8fachem Stanniol- oder 1—3 mm dickem Bleifilter mehrere Stunden (bisweilen 12—24 Stunden) auf die Knoten aufgelegt. Die Knoten verschwanden relativ spät, in der Regel erst 2—3 Monate nach der Applikation. Ösophaguskarzinome wurden mit eigens dazu angefertigten Sonden behandelt, die das Liegenbleiben eines 20 mg Mesothorium enthaltenden Silberröhrchens bis zu zwei Stunden gestatteten. In vier Fällen wurde eine bemerkenswerte Besserung beobachtet. Von neun Zungenkarzinomen wurden zwei gebessert entlassen.

Injektionen von Thorium X (in physiologischer Kochsalzlösung) wurden in 36 Fällen ausgeführt, entweder intratumoral oder intravenös. Bei der intratumoralen Injektion (1—3 Millionen M.-E.) kam es gewöhnlich nach 24 Stunden zu einer lokalen, schmerzhaften, geröteten Schwellung, die etwa nach drei Tagen abklang. Sonst wurden keine Nebenwirkungen beobachtet. Dagegen traten nach intravenöser Einspritzung (1—3 Millionen M.-E.) bei einer Reihe von Patienten 24 Stunden nach der Einspritzung Brechreiz und Appetitlosigkeit auf, die einige Tage anhielten. Auch nach der intravenösen Einspritzung erfolgte oft eine vorübergehende, mit Rötung und Schmerzhaftigkeit verbundene Anschwellung des Tumors. Wiederholt wurde im Anschluß an diese Reaktion Verkleinerung der Tumoren beobachtet, doch lassen sich bisher noch keine sicheren Angaben machen.

H. Tachau (Berlin).

---

**Loewy, A.**, Versuche über die Wirkung der Radiumemanation auf das Blutgefäßsystem. (Berliner klin. Wochenschr., 1912, S. 109.)

Der Einfluß der Radiumemanation auf Blutdruck und Blutverteilung wurde an Kaninchen untersucht, denen Emanation durch Inhalation, teils durch Injektion zugeführt wurde. Der Blutdruck der Versuchstiere zeigte, entsprechend den Beobachtungen von Loewi und Plesch, keine gleichsinnige Änderung. Der systolische Druck wurde einmal erhöht, viermal erniedrigt, viermal blieb er unverändert. Der diastolische Druck wurde siebenmal erniedrigt, zweimal nicht verändert. Auch da, wo der Blutdruck nicht beeinflußt



wurde, ergaben sich Änderungen in der Blutverteilung. Untersucht wurde auf pletysmographischem Wege das Verhalten der Lungen- und der Gehirngefäße. Das Volumen der Lungengefäße nahm stets ab; die Abnahme ist eine Folge der stärkeren Entleerung des Organs während der Herzdiastole. Die Gehirngefäße nahmen an Volumen zu; schon  $\frac{3}{4}$  Minuten nach Beginn der Inhalation war ein Einfluß deutlich erkennbar. Auch diese Veränderung erklärt sich durch die Vergrößerung der Pulsamplitude und Erschlaffung der Gefäße. Eine direkte Wirkung der Emanation auf das Herz konnte nicht nachgewiesen werden.

H. Tachau (Berlin).

**Benedikt, W.,** Zur Frage der Anwendung großer oder kleiner Dosen von Radiumemanation. (Medizinische Klinik, 1912, S. 143.)

Durch die Versuche von v. Noorden und Falta, die weit größere Radiummengen anwandten als in Deutschland üblich sind, ist die Frage aktuell geworden, ob man zu therapeutischen Zwecken kleine oder große Dosen verwenden soll. Verf. tritt für die kleinen Dosen ein. Besonders fürchtet er schädliche Einwirkungen bei Einführung großer Emanationsmengen in den Körper. Diese könnten eventuell erst nach langer Zeit auftreten, indem sie nicht von der Emanation selbst, sondern von deren Zerfallsprodukten ausgehen, von denen das Radium D z. B. eine Halbwertszeit von 16 Jahren hat, also sehr lange im Körper wirksam bleiben kann. Bessere Heilerfolge werden durch die hohen Dosen nicht erzielt. Oft hat man von ganz geringen homöopathischen Mengen schon gute Besserungen. Hingewiesen wird weiter auf die „Spät- und Nachwirkungen“, die in vielen Fällen erst lange nach Beendigung der Kur eintreten, so daß man während der Behandlung noch gar nichts Sichereres über den Endeffekt aussagen kann, also auch nicht entscheiden kann, ob die angewandte Emanationsmenge zu gering ist, um einen Erfolg zu haben. Schließlich scheidet die Behandlung mit hohen Dosen in praxi an dem Preis.

H. Tachau (Berlin).

**Kablé,** Radiumemanationskuren in Bad Münster a. St.

**Kridg,** Das Büttenquell-Emanatorium Baden-Baden.

**Aschoff,** Die Radioaktivität der Kreuznacher Solquellen.

**Kolarz,** Die Emanationseinrichtungen in Teplitz-Schönau. (Zeitschr. für Balneologie, 1912, Bd. IV, S. 616 ff.)

Beschreibung der in den betreffenden Badeorten vorhandenen Einrichtungen usw.

H. Tachau (Berlin).

**Knauff-Lenz, E. v. und Wiechowsky, W.,** Über die Wirkung von Radiumemanation auf Mononatriumurat. (Zeitschr. f. physiol. Chemie, 1912, Bd. 77, S. 303.)

Die Verff. haben die Angabe Gudzents, daß das Mononatriumurat unter dem Einfluß der Radiumemanation bzw. deren Spaltungsprodukten (Radium D) zu leichter löslichen Stoffen, schließlich zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_3$  abgebaut wird, einer eingehenden Nachprüfung unterzogen. Für diese Versuche

ist es von Wichtigkeit, absolut reine, gut kristallisierte Präparate zu benutzen. Ein Präparat, das analytisch einwandfrei war, aber keine gute Kristallisation gab, das alkalisch reagierte und einen ammoniakalischen Geruch aufwies, zeigte im Versuch mit Radiumemanation eine Zersetzung, die aber nach den Verff. nicht durch die Emanation, sondern von den Verunreinigungen bedingt war. Reine, gut kristallisierte Präparate wurden nach den Angaben von His und Paul und von Gudzent erhalten. Wurden diese längere Zeit mit Radiumemanation zusammengebracht, so ergab sich, im Gegensatz zu den erwähnten Beobachtungen Gudzents, keine Zersetzung der Harnsäure. Auch große Emanationsmengen, die mit 86 mg Radiumchlorid im Gleichgewicht standen, waren ohne Einfluß, ebenso Lösungen von Radium D. Demgegenüber zeigte sich in einem Versuch bei langdauerndem Stehen des Präparates ohne Emanation eine Zersetzung, die nach 12 Tagen begann und bis zu 21% der Harnsäuremenge betrug; diese Erscheinung kann vielleicht durch das von dem Glase abgegebene Alkali erklärt werden. H. Tachau (Berlin).

---

**Falta, W., Kriser und Zehner, L.,** Über die Behandlung der Leukämie mit Thorium X.

Im Tierexperiment sowie beim Menschen zeigte sich nach Injektionen von Thorium X in physiologischer Kochsalzlösung, die bis zu einer Dosis von 500000 M.-E. beim Menschen keine schädlichen Nebenwirkungen hervorriefen, eine elektive Beeinflussung der Leukozyten. Dieselben fielen meist nach kurzwährender mäßiger Steigerung rasch ab und blieben lange Zeit auf niedrigem Niveau. Auf Grund dieser Beobachtungen wurde eine Behandlung von Leukämien mit Thoriuminjektionen versucht. Vier Fälle, die mit Dosen von 50000—100000 M.-E. behandelt wurden, zeigten sämtlich eine starke Abnahme der Leukozytenzahl, Verkleinerung der Milz und Lymphdrüsen. Ein Patient starb an einer Pneumonie, die anderen wurden auch subjektiv erheblich gebessert. Es muß abgewartet werden, wie sich der weitere Verlauf gestaltet. H. Tachau (Berlin).

---

**P. Mesernitzky,** Contribution à l'étude de décomposition des purines par l'action du radium. (Beitrag zum Studium des Abbaus der Purine unter der Einwirkung von Radium.) (Le Radium, 9. Jahrgang, 4. Heft.)

Die Untersuchungen betreffen den Einfluß der Radiumemanation auf einige Purinkörper — Hypoxanthin, Xanthin und Mononatriumurat — und den Mechanismus dieser Einwirkung. Gesättigte wäßrige Lösungen, die einen Überschuß der betreffenden Substanz enthielten, wurden unter fortwährendem Schütteln bei einer Temperatur von 15—17°C der Einwirkung von Radiumemanation unterworfen. In bestimmten Zeitabständen wurde die Löslichkeitszunahme bzw. Zersetzung der Substanz durch Bestimmung des N-Gehalts der Lösung nach der Kjeldahlmethode verfolgt. Von Mononatriumurat wurde nur die stabile Laktimform verwendet. Am stärksten war die Einwirkung der Emanation auf die sauerstoffreichste Verbindung, das Mononatriumurat, das unter Bildung von nicht faßbaren Zwischenprodukten bis zum Ammoniak aufgespalten wurde. Je sauerstoffärmer der verwendete Purinkörper, desto geringer war der Einfluß der Ema-

nation. So wurde beim Xanthin nur eine unerhebliche, beim Hypoxanthin gar keine Zunahme des Stickstoffgehaltes der Lösung gefunden. Die zerstörende Wirkung ist nicht durch die durchdringenden  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen, sondern durch die nicht penetrierenden  $\alpha$ -Strahlen bedingt. Der Sauerstoff spielt bei der Zersetzung keine Rolle. Der Abbau des Mononatriumurats erfolgt auch unter anaeroben Bedingungen, während Zufuhr von Sauerstoff keine erkennbare Wirkung ausübt.

C. Maase.

**Markwald, W.**, Über die Technik des Nachweises der Anreicherung der Radiumemanation im Blute bei deren Einatmung. (Berliner klinische Wochenschrift, 1912, S. 942.)

Anknüpfend an die Debatte in der Berliner Medizinischen Gesellschaft (Ref. in Nr. 9, S. 267), in der der Befund Gudzents, daß nach Einatmen von Radiumemanation eine Anreicherung derselben im Blute zustande käme, von Lazarus bestritten wurde, teilt Verf. die Resultate seiner gemeinsam mit den beiden Autoren ausgeführten Untersuchungen mit. In der Ausführung der Versuche besteht insofern eine Verschiedenheit, als Gudzent das Blut in ein evakuiertes Kölbchen einlaufen ließ, ohne das es mit der Luft in Berührung kommen konnte, während Lazarus das Blut durch eine Kanüle in ein gewöhnliches Meßkölbchen einfließen ließ. Der gemeinsam mit Lazarus ausgeführte Versuch ergab nach dreistündigem Aufenthalt des Patientén im Emanatorium bei einem Gehalt von 52 M.-E. 46.8 M.-E. im Liter Blut. Mit Gudzent wurden zwei Versuche angestellt, einer mit der von ihm angewandten Technik der Blutentnahme, der andere mit der von Lazarus benutzten. Der erste Versuch ergab nach dreistündigem Aufenthalt in dem 11,7 M.-E. pro Liter enthaltenden Emanatorium 103 M.-E. im Liter Blut, der zweite nur 39.9 M.-E. Bei der Versuchsordnung von Lazarus wurde also erheblich weniger Emanation im Blute gefunden. Sowohl in dem Versuche, der mit Lazarus angestellt wurde, als auch in dem Gudzentschen Versuche mit der von Lazarus angewandten Technik ist der Wert der im Blute gefundenen Emanationsmenge um ein Vielfaches höher, als deren Löslichkeit im Wasser entsprechen würde. Weit größere Emanationsmengen wurden noch bei Anwendung der Gudzentschen Methode im Blute nachgewiesen. Jedenfalls wird die Behauptung Gudzents, daß beim Einatmen von Emanation eine Anreicherung derselben im Blute stattfindet, durch alle drei Versuche bestätigt. Tachau (Berlin).

**Mollsch, H.**, Über Heliotropismus im Radiumlichte. (Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, April 1911, Bd. 120, Abt. I.)

M. hat schon vor 6 Jahren Versuche darüber angestellt, ob das von den Radiumpräparaten ausgehende schwache Licht imstande ist, Heliotropismus bei Pflanzen hervorzurufen. Er hatte damals jedoch nur schwache Präparate zur Verfügung (0,1 g Radium). Heliotropismus wurde damit nicht festgestellt. Die Versuche sind jetzt mit stärkeren Präparaten wiederholt (im ganzen 3 g Radium). Die stark leuchtenden Präparate riefen an Hafer- und Wickenkeimlingen positiven Heliotropismus hervor, die Pflanzen krümmen sich nach dem leuchtenden Radiumpräparate hin. Bei der Wicke tritt gleichzeitig eine starke Hemmung des Längenwachstums hervor. Heliotropisch weniger empfindliche Pflanzen, Gerste, Sonnenblume, wurden durch die Präparate nicht heliotropisch beeinflusst. Isolierte

$\alpha$ -Strahlen (Polonium) erzeugten keinen Tropismus, hatten aber bei der Wicke eine auffallende Hemmung des Längenwachstums zur Folge. Tachau (Berlin).

**Klonka, H.**, Über Resorption und Elimination der Emanation. (Balneologische Zeitung, 1912, Bd. 23, S. 97.)

Vorläufige Mitteilung von Versuchen über die Wirkung der Radiumemanation. Die Versuche wurden mit Kreuznacher Präparaten angestellt, das Wasser zur Trinkkur enthielt durchschnittlich 11000 M.-E., der Inhalationsraum 5 M.-E. — Nach den Untersuchungen von Plesch verhält sich die Emanation dem Blute und den Körperflüssigkeiten gegenüber wie ein indifferentes Gas, d. h. sie wird von denselben genau so aufgenommen und wieder abgegeben wie vom Wasser. Verf. hat diese Frage nachgeprüft, indem er Luft von bestimmten Emanationsgehalte mit bestimmter Geschwindigkeit durch gemessene Mengen Wasser und Blut strömen ließ. Dabei ergab sich, daß im Blute von Tieren unter bestimmten Bedingungen eine Anreicherung von Emanation möglich ist. — An Kaninchen, denen Emanation in den Magen gebracht war, wurde festgestellt, daß nach 4 Stunden über 7 M.-E. im Blute nachweisbar waren. Auch in den Harn geht die Emanation über, sie war hier nach Aufnahme per os, besonders wenn diese auf gefüllten Magen erfolgte, länger nachweisbar als nach der Inhalation. Verf. hält deshalb die Trinkkur neben der Inhalationstherapie für zweckentsprechend.

Tachau (Berlin).

## Verschiedenes.

Das k. k. österreichische Ministerium des Innern hat mit Erlaß vom 28. Sept. 1911, Z. 49622 auf Grund eines Gutachtens des österreichischen Obersten Sanitätsrates einem Radiumwerke gestattet, die daselbst erzeugten Radiumemanations-Präparate in rein wässrigen Lösungen zu Bade- und Trinkkuren gegen ärztliche Anweisung an Parteien unmittelbar abzugeben.

Radioaktive Dauerpräparate zu innerlichem Gebrauch dürfen jedoch nur auf ärztliche Verschreibung und nur von Apotheken verabreicht werden.

Die Abgabe bariumhaltiger radioaktiver Lösungen zu innerem Gebrauch ist verboten. Unzulässig ist außerdem die marktschreierische Anpreisung der Präparate auf den Etiketten und in öffentlichen Tagesblättern als Heilmittel gegen bestimmte Krankheiten.

Die vor drei Jahren in Paris mit einem Kapital von 1500000 Fr. gegründete Radiumausleihe, la Banque de Radium, hat hiervon in den beiden ersten Jahren 121288 und im unlängst abgeschlossenen Geschäftsjahr 1911 58135 Fr. zugesetzt.

In angereichertem Monazitsand aus Madagaskar fand G. Chesneau 5,5% Thoriumoxyd  $\text{ThO}_2$ ; 25,0 Lanthan- und Didymoxyde; 23,5  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 22,6  $\text{CeO}_2$ ; 8,8  $\text{SiO}_2$ ; 6,7  $\text{TiO}_2$ ; 3,7  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 1,6  $\text{ZrO}_2$ ; 0,8  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0,8 Yttererde; 0,5  $\text{CaO}$ ; 0,4  $\text{MgO}$ . Insgesamt 99,9%. Also offenbar kein Uran. Hingegen der für Thoriumgewinnung

sonst benutzte Monazitsand aus Brasilien enthält durchschnittlich etwa 0,3% Uran, was, wie Prof. Hahn auf S. 192 und 193 dieser Zeitschrift dargelegt hat, die Radioaktivität der Mesothorpräparate stark beeinflusst.

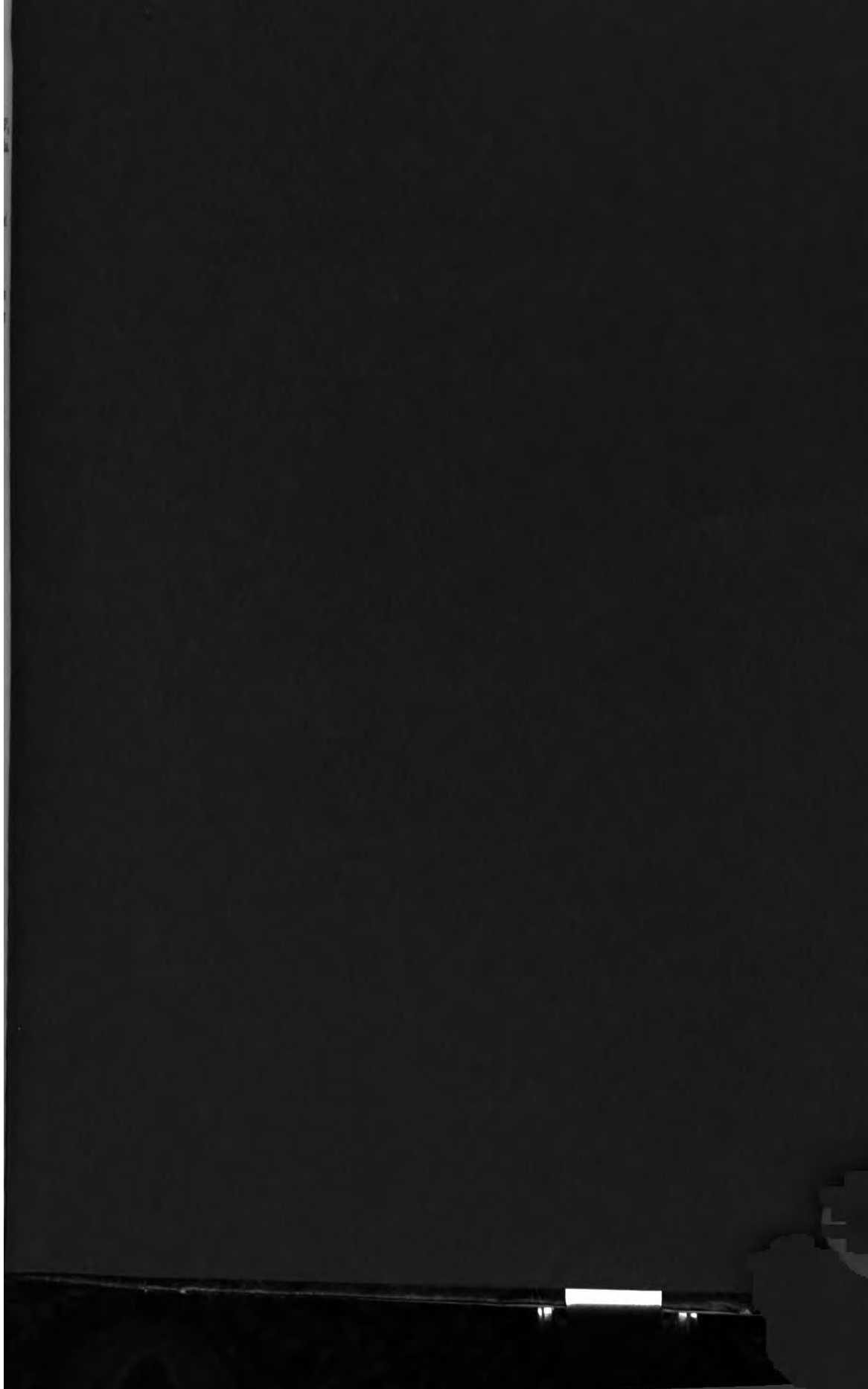
---

Die Akademie der Wissenschaften in Berlin bestimmte 800 M. zu Prof. W. Markwalds Untersuchungen über das Verhältnis von Radium zu Uran.

---

Das Laboratorium Curie in Paris liefert jetzt Normalpräparate von 10 bis 40 mg Radiumchlorid, die mit dem seitens der internationalen Kommission genehmigten Radiumnormalmaß unmittelbar verglichen sind.

---



**DATE DUE SLIP**

UNIVERSITY OF CALIFORNIA MEDICAL SCHOOL LIBRARY

**THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE  
STAMPED BELOW**

2m-5,'30

v.1 Radium in Biologie und  
1912 Heilkunde 24511

245

RY



