

Radioaktive Schwachtherapie

Autor(en): **Hirschi Braunwald, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Der Heilmasseur-Physiopraktiker : Zeitschrift des Schweizerischen Verbandes staatlich geprüfter Masseur, Heilgymnasten und Physiopraktiker = Le praticien en massophysiothérapie : bulletin de la Fédération suisse des praticiens en massophysiothérapie**

Band (Jahr): - **(1953)**

Heft 132

PDF erstellt am: **17.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-930903>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Radioaktive Schwachtherapie

das unentbehrliche Rüstzeug in der physikalischen Therapie.

Von P.-D. Dr. H. Hirschi Braunwald

Nachfolgend erscheint eine Abhandlung über ein Gebiet der physikalischen Therapie, das für uns Physiopraktiker zum Teil noch sehr unbekannt ist. Es liegt uns aber sehr daran, unsere Mitglieder auf alle Gebiete der physikalischen Therapie aufmerksam zu machen, um so unser Wissen zu erweitern und unsere Kenntnisse zu vertiefen.

Die Redaktion.

Motto: Die Quelle allen Lebens ist Licht,
ist Strahlung

Hier soll in möglichst gedrängter, gemeinverständlicher Fassung auf eine Therapie eingetreten werden, die leider und besonders auch in der Schweiz, noch immer zu wenig Beachtung gefunden hat. Es ist die *unspezifische Therapie* mit schwachdosierten radioaktiven Strahlen, auch Radium-Schwachtherapie genannt. Was als besonders wichtig hervorzuheben ist, liegt in der Tatsache, *dass mit dieser Therapie in zahlreichen Fällen auf einfachste Weise geholfen werden kann, wo alle andern Behandlungen von Leiden bisher versagten.* Die Literatur über das vorliegende Gebiet ist in den letzten 40 Jahren so gewaltig angewachsen, dass es kaum mehr möglich ist, diese zu überblicken und die darin gemeldeten Resultate auch nur annähernd befriedigend zusammenzufassen.

Diese Arbeit ist vor allem für den Leserkreis dieser Zeitschrift bestimmt, speziell für die *Praktiker* in der physikalischen Therapie, *denen in der radioaktiven Schwachtherapie ein äusserst wichtiges, zusätzliches Rüstzeug, in der Erfüllung ihrer Aufgabe, in die Hand gelegt wird.*

Unser Thema zerfällt in folgende Abschnitte:

- A. Physik der radioaktiven Strahlen
- B. Die radioaktiven Substanzen, Anwendung, Apparaturen
- C. Biologie der radioaktiven Strahlen, Dosimetrie und Indikationen der radioaktiven Schwachtherapie
- D. Schlussbetrachtungen und Literatur.

A. Die Physik der radioaktiven Strahlen

Unter radioaktiven Strahlen versteht man die beim Uebergang eines (radioaktiven) Elementes in ein anderes vom zerfallenden Atomkern ausgesandten Strahlen. Es sind dies die drei Strahlenarten Alpha, Beta, Gamma, die abgekürzt mit den griechischen Buchstaben α , β , γ bezeichnet werden. Die zwei ersten sind Strahlen korpuskularer Natur, die letzte dagegen ist wesensverwandt mit den Röntgenstrahlen (kurzwelliges Licht), von denen sie sich nur durch die noch kleinere Wellenlänge unterscheidet. Der α -Strahl ist ein Heliumatom(kern) entblösst von seinen 2 negativ geladenen, im normalen Heliumatom den Kern umkreisenden Elektronen. Durch den Verlust dieser gewinnt der Heliumkern (α -Strahl) seine doppelt positive Ladung. Der α -Strahl wird mit Geschwindigkeiten von 15000 bis 20000 Kilometer/Sekunde vom zerfallenden Atomkern weggeschleudert. Der β -Strahl entspricht einem negativ geladenen Elektron, das bei den härtesten β -Strahlen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit den radioaktiven Atomkern verlässt. Die Ruhemasse eines Elektrons ist 9×10^{-28} g (1 Gramm dividiert durch eine 28-stellige Zahl) oder 1/1800tel der Masse eines Wasserstoffatoms. Während das Atomgewicht eines Elements durch Abgabe eines α -Strahls (Heliumkern) um 4 vermindert, wird (Helium hat das Atomgewicht 4), wird das Atomgewicht eines nur β - und γ -strahlenden Elements praktisch nicht verändert, wohl aber dessen Ordnungszahl (Kernladung). Auch die Bahn der Korpuskularstrahlen erscheint wellenförmig. Den γ -Strahl haben wir schon definiert als kurzwelliges Röntgenlicht. Die weichsten primären γ -Strahlen sind immer noch härter, durchdringender, wie die in der Medizin bis anhin verwendeten Röntgenstrahlen. Nach den neuesten Theorien in der

Kernphysik ist der Atomkern aller Elemente nur aus Protonen und Neutronen aufgebaut. Die α - und β -Teilchen müssten also erst im Moment ihrer Ausstossung aus dem Kern sich bilden. Vielleicht ist das gerade die Ursache ihrer Ausstrahlung. Die γ -Strahlung wird, aber nur bei den natürlichen radioaktiven Elementen, mit der β -Emission in Zusammenhang gebracht. Proton und Neutron sind Wasserstoffkerne, ersteres mit einer positiven Ladung, letzteres ohne Ladung.

In einem radioaktiven Atomkern von nur einem Billionstel Zentimeter Durchmesser müssen ausserordentlich hohe Spannungsfelder (Kernkräfte bis an die Milliarden Volt) vorhanden sein, um dort freiwerdende Kräfte in solch energiereiche Strahlenausendung überzuführen. Die Strahlenenergie kann nur einen geringen Teil der Spannungen im Kern anzeigen. Die hohe Frequenz, mit denen die Elektronen um den Kern kreisen (billionenmal pro Sekunde), weisen ebenfalls auf die unvorstellbare Kraft / Stoffkonzentration im Kern hin. Bisher haben Theorien über diese Kernkräfte noch keine quantitative Uebereinstimmung mit den tatsächlichen Erfahrungen gebracht.

Je nach dem Element, von dessen Kern die radioaktive Strahlung ausgesandt wird, hat diese ihre besondere Härte, d. h. ihr Durchdringungsvermögen und zwar gilt die Regel, dass die Strahlenenergie umso grösser wird, je kurzlebiger das Element ist, d. h. je rascher es zerfällt. Manche radioaktiven Elemente senden gleichzeitig verschieden harte Strahlen derselben Strahlenart aus. Auf der hier beigefügten Tafel sind die uns besonders interessierenden Elemente, deren ausgesandte Strahlung, wie auch deren mittlere Lebensdauer, genannt Halbwertzeit, eingetragen. Während der Halbwertzeit zerfällt die Hälfte eines für sich isolierten radioaktiven Elements. Für reines Radium ist die Halbwertzeit 1620 Jahre. Soll die Zeit des praktisch vollständigen Zerfalls eines isolierten radioaktiven Elements annähernd bestimmt werden, ist die Halbwertzeit mit zehn zu multiplizieren. In 16200 würde irgend eine Menge reinen Radiums unter

Abgabe von Strahlen bis auf weniger als 1 Tausendstel in seine Folgeprodukte übergegangen sein, deren stabiles Endprodukt das RaG (Uranblei) ist. Ein Gramm Radium (= 1 Curie) sendet pro Sekunde $3,6 \times 10^{10}$ d. h. 36 Milliarden α -Teilchen aus.

Das erste Folgeprodukt, in das Radium übergeht, ist die Radiumemanation (Ra-Em), die wir im Nachfolgenden stets mit *Radon* bezeichnen, um die vielen schon vorgekommenen Missverständnisse und Verwirrungen zu vermeiden, weil in der Bezeichnung Radiumemanation das Wort Radium enthalten ist. Wir werden darauf noch zurückzukommen haben. Dass in der Uran-Radiumreihe (wie übrigens auch in Thorium- und Protaktiniumreihe) ein gasförmiges, *chemisch völlig inaktives Edelgas*, das Radon, sich einschaltet, ist von grösster Bedeutung, denn ohne dieses gasförmige, chemisch neutrale Zwischenelement würden wichtigste therapeutische Anwendungen und messtechnische Ermittlungen ausgeschlossen sein.

Die therapeutisch wichtigste Manifestation der radioaktiven Strahlen ist die *Ionisation*, d. h. sie spalten neutrale Moleküle und Atome in positive und negative Elementarladungen tragende Teile, also in positive Atom- oder Molekülionen und negative Elektronen (Elektronen). Eine Elementarladung entspricht einem Elementarquantum, das mit e bezeichnet wird. Energetisch ist dieses e definiert durch $4,8 \times 10^{-10}$ abs. elektrostatische Einheit (ESE). Diese Einheit lässt sich leicht in jede andere elektrische Einheit umrechnen. Beim Auftreffen der korpuskularen Strahlen wird noch Wärme erzeugt, die insbesondere als Punktwärme physiologisch von grösserer Bedeutung zu sein scheint. Beim α -Strahl muss diese in situ sehr gross sein. Als Wärmelieferanten spielen die in der Erdrinde vorkommenden radioaktiven Elemente eine äusserst wichtige Rolle, indem sie den Wärmeverlust der Erde ausgleichen.

Die *Ionisation durch α -Strahlen* ist je nach deren Energieinhalt und dem Medium, in dem sie zur Auslösung gelangt, verschieden. In Gasen erreicht die Ioni-

sation ein Maximum, indem sich hier beinahe die gesamte Energie des α -Strahls durch Ionenbildung erschöpft. In flüssigen Medien werden neben der Ionisation (z. B. Zersetzung des Wassers in Sauerstoff und Wasserstoff) chemische Reaktionen bewirkt, denen wohl meist ein kurzer Ionisationszustand vorangeht. In festen Medien können sich die gebildeten Ionen länger halten wie in Gasen und Flüssigkeiten. Zudem werden besonders in den festen Stoffen sekundäre β - und γ -Strahlen ausgelöst, die, wenn genügend energiereich, weitere Strahlung (Tertiärstrahlung) anregen. Sekundär erzeugte α -Strahlen sind in der Natur nicht bekannt. Begreiflicherweise sind die sekundär erzeugten Strahlen stets energieärmer (weicher) wie die sie erzeugenden Strahlen. Weiter unten wird die therapeutische Bedeutung dieser weichern Sekundärstrahlen noch hervorzuheben sein. Charakteristisch für den α -Strahl (weniger deutlich für die β -Strahlen) ist die Auslösung einzeln *sichtbarer* Lichterscheinungen auf Leuchtschirmen, was besonders effektiv in einem sog. Spintariskop, auf dessen Zinksulfidschirm, zu beobachten ist. Jeder auf diesem Schirm auftreffende α -Strahl erzeugt einen Lichtfunken. Ein über dem Schirm angebrachtes Radiumpräparat von kaum ein Millionstel Gramm Radium genügt, um auf dem Schirm ein Gefunkel hervorzurufen, das an den Sternenhimmel erinnern könnte. In einer «Wilson-Nebelkammer» werden insbesondere die α -Strahlen in den durch sie erzeugten Nebelbahnen (Ionisationsbahnen) als scharfe, nadelartige Linien sichtbar, die auch photographisch festgehalten werden können. Lässt man die α -Strahlen auf eine lichtempfindliche Schicht fallen, erzeugen sie, je nach der Inzidenz, mit der sie auftreffen, Punkte oder Linien aus Punkten. Bei senkrecht auftreffendem Strahl erscheint das Punktbild durch die sekundär angeregten Strahlen sternförmig ausstrahlend. In normaler Luft beträgt z. B. die Reichweite des α -Strahls des Radiums 3,8 Zentimeter. Auf dieser Wegstrecke werden durch diesen Strahl rund 150 000 Ionenpaare, mithin 300 000 Ele-

mentarladungen frei gemacht. Der α -Strahl von RaC', mit einer maximalen Reichweite von 6,6 cm, erzeugt 440 000 Elementarladungen. Im letzten Viertel seiner Bahn erreicht die ionisierende Wirkung eines α -Strahls, infolge einer die Ionisation begünstigende Geschwindigkeitsabnahme, ein Maximum. In schweren Gasen als Luft kann die Ionisation bis zu 30% höher sein als in der letzteren. Die *Ionisation durch die β -Strahlen* ist ähnlicher Art wie die der α -Strahlen, wegen ihrem geringern Energieinhalt aber entsprechend geringer. Da die Reichweite (Durchdringungsvermögen) der β -Strahlen in verschiedenen Medien zugleich grösser ist, verteilt sich hier die Gesamtionenbildung auf eine viel längere Bahnstrecke wie bei den α -Strahlen. Die primären β -Strahlen können ebenfalls sekundäre und tertiäre Strahlung auslösen und Lumineszenzen auf blossliegenden Leuchtfilmen hervorrufen. Nur für γ - und Röntgenstrahlen dürfen die Leuchtfilme zwischen Glas oder Cellophanplatten liegen, weil letztere von diesen Strahlen durchdrungen werden. Beinahe die Gesamtenergie des γ -Strahls wird bei Absorption zur Erzeugung von ionisierenden, sekundären β -Strahlen aufgebraucht. Die γ -Quanten ionisieren also nicht direkt. Nach Berechnungen und Messungen sollen durch einen γ -Strahl des RaC', auf dessen maximalen Reichweite in Luft, 29600 Ionenpaare erzeugt werden. In der Luft sind γ -Strahlen eines starken Radiumpräparates noch in einer Distanz von 90 Metern wahrgenommen worden. Zur allgemeinen Orientierung kann erwähnt werden, dass die Ionenbildung pro gleiche Weglänge für die α , β - und γ -Strahlen sich etwa verhält wie 10 000 : 100 : 1. Das zeigt die hohe Ionenkonzentration entlang der Bahn («Ionensäule») der α -Strahlen gegenüber derjenigen der β - und γ -Strahlen. Die durch Ionisationsvorgänge frei gemachten Ionen verschwinden in gasförmigen und flüssigen Medien ziemlich rasch durch Wiedervereinigung (Rekombination) entgegengesetzt geladener Teilchen, während insbesondere auf glatten (glänzenden) Oberflächen fester Körper, Ionen längere

Zeit sich halten und zu Oberflächenladungen führen.

Ueber das *Durchdringungsvermögen* (Reichweite) der α -Strahlen in flüssigen und festen Medien sind, als Ganzes betrachtet, relativ wenige genaue Messwerte bekannt. Für die festen Stoffe, besonders für die Metalle, sind diese Werte aber wichtig in der Abschirmung der radioaktiven Strahlen. In normaler *Luft* ist die Reichweite der α -Strahlen von Radium und RaC' oben schon vermerkt. In *Flüssigkeiten* und Geweben genügen schon Bruchteile einer Millimeter dicken Schicht für vollständige Absorption. In Aluminium, Blei, Gold etc. ist das Durchdringungsvermögen, als Halbwertschicht, für verschiedene α -Strahlen genau gemessen worden. Für diese Metalle genügt eine 0,01 mm dicke Folie zur vollständigen Absorption. In Glimmer, Glas etc. durchdringen die härtesten α -Strahlen im Maximum 0,06 mm. Die β -Strahlen werden in 0,02 bis 0,5 mm Aluminiumfolien zur Hälfte absorbiert, die γ -Strahlen von RaC' durch 0,47 bis 1,3 cm Blei. Die härtesten γ -Strahlen durchdringen noch Bleiplatten von über 10 cm Dicke.

Messtechnisches. Radioaktive Präparate wie Kompressen, Radonwasser etc. können nach zwei Methoden gemessen werden: nach der Gamma- und nach der Emanationsmethode. Bei der erstern wird die Ionisation gemessen, die durch γ -Strahlen einer ausserhalb einer Ionisationskammer fixierten radioaktiven Substanz erzeugt wird. Auch das Geiger-Müllersche Zählrohr entspricht einer Ionisationskammer.

Kompressen oder in Zylindern eingeschlossene Radonwässer werden in bestimmter Distanz an die Ionisationskammer herangebracht und mit dem Ionisationseffekt eines Standardpräparats verglichen. Die Ionisationsstärke (gemessen als Ionisationsstrom, der je nach der Messmethode, die in die Ionisationskammer hineinragende Innenelektrode des Elektrometers auf- oder entlädt), ist stets proportional der Menge der γ -strahlenden Substanz. Bei der Emanationsmethode wird die Radium-Emanation (Radon) in die Ionisationskammer hineingebracht. Hier

wirken nun alle 3 Strahlenarten ionisierend, doch nehmen gegenüber den α -Strahlen die β - und γ -Strahlen an der zu messenden Ionisation nur geringen Anteil (meist unter 1% bei entsprechend dimensionierter Ionisationskammer). Das Elektrometersystem für die Emanationsmethode ist durch eine Standard-Radiumlösung geeicht. Wiewohl die Emanationsmethode bedeutend umständlicher ist, wird sie doch wegen ihrer grössern Genauigkeit für Radonmessungen angewendet, besonders bei geringen Radonmengen.

In diesem Abschnitt ist auf die Physik der radioaktiven Strahlen etwas eingehender eingetreten worden, um Nichtphysikern für die therapeutischen Probleme, die Dosimetrie und die Applikation dieser Strahlen eine gewisse Grundlage und Anschaulichkeit zu geben.

B. Die radioaktiven Substanzen Anwendung, Apparaturen etc.

Radioaktive Substanzen und Anwendung

In der Schweizerischen Apotheker-Zeitung hat Verfasser ausführlicher über die radioaktiven Artikel in der Schwachtherapie berichtet¹. Es soll, wie dort, auch hier eine Trennung in Präparate für innern und äusserlichen Gebrauch vorgenommen werden. Für die *per os Verabfolgung* radioaktiver Substanzen wird hier *nur* das *Radon* berücksichtigt, da feste radioaktive Präparate, wie in genannter Veröffentlichung dargelegt ist, therapeutisch unerwünscht sind. Zu *Injektionszwecken* kommt ausser Radon nur das reine ThX in Frage¹. Für den *äusserlichen* Gebrauch dienen vor allem Kompressen, in denen, in Kohle und andern Mineralstoffen unlösliche Radium- und Thoriumsalze fixiert sind. Ferner dienen auch die sogenannten Radonsalben in verschiedenen Fällen. Starke Radiumpräparate, die als Filme und Plakette nur in der Starktherapie Verwendung finden, können hier unberücksichtigt bleiben.

¹ Schweizerische Apotheker-Zeitung: «Ueber radioaktive Artikel», Nr. 17, 18, 1939.

¹ H. Hirschi: «Injektion von Radium- und Thoriumpräparaten», Praxis, Nr. 50, 1933.

Für die *innerliche Anwendung* der radioaktiven Substanzen sollte, um nochmals zu betonen, nur das *Radon* und in selteneren Fällen das *ThX* in Frage kommen. Das Radon wird vor allem in Trinkwasser, weniger in Oelen oder Kohle verabfolgt. Radon ist geruch- und geschmacklos. Weiter dient es zu Bade- und Inhalationszwecken. In Trinkwasser, wie auch in Oel oder Kohle, wird das Radon in Dosen von einigen Tausend bis zu 20 000 und mehr Millistat (Mst) pro Tag eingenommen. 1 Millistat ist 1/1000 elektrostatische Einheit (ESE). Eine Radonmenge, die mit 3.64×10^{-10} g Radium im Gleichgewicht steht, erzeugt, ohne ihre Folgeprodukte, ein Ionisationsstrom - Äquivalent von 1/1000 ESE. 1 Eman ist die Radonmenge, die mit 1×10^{-10} g Radium (= 1 Nanocurie = 1 Zehntel eines Milliardstel Gramm) im Gleichgewicht steht. Also sind 3,64 Eman 1 Millistat. Die oft gebrauchte Mach-Einheit (M-E) entspricht ebenfalls 1 Millistat, nur bezieht sie sich stets auf ein Litervolumen, ist also eine Konzentrationseinheit. Um Verwirrungen zu vermeiden, sollte immer die Einheit Millistat verwendet werden¹. Die normale Dosis liegt bei etwa 10 000 Mst pro Tag. Die Dosis ist aber jeweils *unbedingt* der individuellen Veranlagung (Empfindlichkeit, Reaktionslage) des Patienten anzupassen. Man beginnt dabei mit einer schwachen Dosis von wenigen Tausend Mst, um aus der Reaktion des Patienten die weitere, geeignete Dosierung zu ermitteln. Es kommt nicht selten vor, dass in den ersten Tagen der Patient schmerzempfindlicher wird (Reaktion), doch darf dies zu keiner Beunruhigung Anlass geben. Bei Radontrinkkuren wird das aktivierte Wasser ein- bis dreimal im Tag getrunken und zwar 15 bis 30 Minuten nach der Mahlzeit². Bei

¹ Siehe H. Hirschi: Die Bedeutung der radioaktiven Strahlung für Balneologie und Klimatologie, Schweiz. Medizinische Wochenschrift, 1938.

² Hier ist das Trinken aus Fläschchen mit eingebauter Radiumzelle verstanden. Fläschchen, die nur aktiviertes Wasser (Radonwasser) enthalten wie solche von Instituten an Patienten abgegeben werden müssen auf einmal getrunken werden, weil durch nur teilweises Austrinken das Radon durch den im Fläschchen entstehenden Luftraum entweichen würde.

zwei- oder dreimaligem Trinken wird nur je ein Teil der Dosis eingenommen. In einem Fläschchen von 10 000 Mst Tagesleistung sind nach 12 Stunden ca. 5500 Mst gebildet, nach je 8 Stunden etwa 3600 Mst. Wird also dreimal täglich getrunken, würden dreimal 3600 Mst eingenommen. Nach dem Trinken sollte es dem Patienten möglich sein, wenigstens eine Stunde etwas ruhig zu bleiben. Herumlaufen und mechanische Betätigung würden die Emanation (Radon) rascher durch die Lunge aus dem Körper treiben als bei ruhigem Verhalten. In den leeren Magen soll das Radonwasser nicht getrunken werden, da sonst viel Emanation durch die Speiseröhre entweichen kann. Durch den Mageninhalt (Speise) wird dagegen das Radon okkludiert (gebunden), bis es in die Blutbahn gelangen kann. Nach etwa 4 Stunden ist der Körper praktisch wieder frei von Radon. Nur etwa 3% davon sind dann innerhalb dem Körper zerfallen, während 97% durch die Lunge ausgeatmet und verloren sind. Wirksam im Körper durch die Strahlung sind also nur die 3% Radon und die aus diesem hervorgehenden strahlenden Folgeprodukte, RaA, RaB, RaC, RaC' etc. Nachdem alles Radon den Körper verlassen hat, wirken diese strahlenden Folgeprodukte noch während etwa 4 Stunden, d. h. bis zu ihrem vollständigen Zerfall, weiter. Wird das Radon in Kohle eingenommen, bleibt dieses viel länger im Verdauungstraktus und kann noch in den Faeces nachgewiesen werden. Dieses z. T. längere Verweilen des Radons im Körper kann in gewissen Fällen von besonderem Vorteil sein. Aus dem RaC' geht das RaD (β - und γ -Strahler) hervor. Diesem, und damit auch seinen Folgeprodukten RaE und RaF, kommt aber therapeutisch kaum noch welche Bedeutung zu. Einmal wird auch das RaD relativ rasch aus dem Körper ausgeschieden, und ferner hat es eine lange Halbwertszeit (22 Jahre). Das RaE und RaF, das letztere ist noch ein α -Strahler, können immer nur in äusserst geringen Mengen im Körper zurückbleiben, die weit unter dem Schwellenwerte liegen, der therapeutisch noch als wirksam gelten könnte. Das stabile Endprodukt ist

das RaG (Uranblei). In einer Arbeit «Über das Trinken von Radonwasser während langer Zeit»¹ hat der Verfasser ausführlich über die Wirkung der radioaktiven Strahlen im Körper beim Trinken von Radon-Wasser berichtet und auch gezeigt, dass selbst bei langem Trinken keinerlei Schädigungen der Gesundheit möglich sind. Eine Toleranzgrenze für die üblichen, indizierten Radontrinkkuren entbehrt einer Notwendigkeit. Jedenfalls liegt aber die Tagesdosis von 10 000 Mst noch weit unter einer eventuell in Frage kommenden Toleranzgrenze. Die Radon-Trinkkuren werden meistens auf 4 bis 7 Wochen ausgedehnt, worauf sie nach einigen Wochen oder Monaten wieder aufgenommen werden, wenn das Bedürfnis für einen Patienten sich geltend macht oder man immer wieder eine Hebung des Allgemeinbefindens, d. h. eine allgemeine Auffrischung benötigt. Wie in den gewöhnlichen Badekuren sollte man auch während den Radontrinkkuren kurgemäss leben können, um den vollen Vorteil des Radontrinkens, wie auch der Radonbäder und Inhalatorien zu haben. Spezialisten auf dem Gebiete der Biologie der Strahlung haben die günstige Wirkung auf das Allgemeinbefinden und die Vitalität durch tägliches Trinken einiger hundert Mst Radon (bis 700 Mst) hervorgehoben. Im Abschnitt Indikationen werden über Dosierung und Anwendung des Radons weitere Angaben gemacht. Das Radon kann auch durch die Lunge in den Körper eingeführt werden in den *Inhalatorien* oder durch gasmaskenartige Apparate. In den Inhalatorien sind im Liter Luft gewöhnlich 25—50 Mst Radon vorhanden. Der Verbleib in den Inhalatorien wird bis auf eine Stunde ausgedehnt. Der Radonbedarf für ein Inhalatorium, der durch Radiumlösungen geliefert wird, beträgt für einen Raum von 36 m³ täglich wenigstens 2 Millionen Millistat, wozu ca. 4 Milligramm Radium benötigt werden. In den Inhalatorien ist *unbedingt* dafür zu sorgen, dass die ausgeatmete Kohlensäure durch Absorber weggeschafft und stets genügend Sauerstoff zugeführt wird. In

den üblichen *Radonbädern* sind in 200 Litern die Radonmengen 25000 bis 100000 Mst. 25000 gelten als schwach, 50000 als mittelstark und 100000 als stärkere Radonbäder. Die Badedauer in normal temperierten Bädern (35 bis 37° C) variiert zwischen 15 und 25 Minuten. In diesen Bädern diffundiert eine ansehnliche Radonmenge durch die Haut in den Körper hinein. Um der Haut noch mehr Radon zuzuführen, kann letztere vor dem Bad leicht mit einem Pflanzenöl eingerieben werden. Das Absorptionsvermögen des Oels für Radon ist nämlich etwa 30 Mal grösser wie das des Wassers, wodurch eine Radonanreicherung auf der Haut erreicht wird und damit eine erhöhte perkutane Aufnahme des Radons. Nach dem Baden sollte die Haut nicht abgerieben, sondern das Trocknen nur durch Abtupfen geschehen, um den wirksamen aktiven Niederschlag auf der Haut zu konservieren. Damit das Entweichen des Radons aus dem Badewasser möglichst verhindert wird, hat der Badende sich ruhig zu verhalten. Messungen der Radioaktivität von Badewasser haben ergeben, dass dieses bei völliger Ruhe nach einer Stunde noch bis 60% seines anfänglichen Radongehaltes besitzt. Das Badebassin bzw. die Badewanne wird durch einen leichten, mit luftdichtem Stoff bespannten Rahmen überdeckt. Nach der Oeffnung, für den Kopf, fliesst dem Badenden radonreiche Luft zum Einatmen zu. Dies ist von gewisser Bedeutung. Die Radonbäder sind deshalb schon hier unter innerliche Anwendung einbezogen worden, weil in diesen Bädern eine nicht geringe Radonmenge perkutan und durch die Lunge in den Körper gelangt und da wirksam wird.

Für die *äusserliche Anwendung schwachdosierter radioaktiver Strahlen* sind schon oben die *Radiumkompressen* erwähnt worden. Diesen gegenüber haben die Thoriumkompressen weniger Bedeutung, da deren Strahlung relativ rasch abklingt und schon nach etwa 6 Jahren nur noch die Hälfte ihrer ursprünglichen Strahlung besitzen. In den Kompressen ist das Radium oder Mesothor 1 als schwerlösliches Sulfat fixiert, um Auflö-

¹ H. Hirschi, Praxis, Nr. 9, 1933.

sung durch Flüssigkeiten etc. zu verhindern und zugleich das Emanierungsvermögen des Radiums zu verringern. Nun ist in den besten, dauerhaftesten und zugleich maximal strahlenden Kompressen das Radiumsulfat in Kohlepulver niedergeschlagen (am besten in der nichtstauenden Kokosnussschale), damit das aus dem Radium sich bildende Radon nicht aus der Kompressen entweichen kann, sondern in der Kohle absorbiert bleibt. Denn erst die Folgeprodukte des Radon, RaB bis RaC", liefern die therapeutisch wirksame γ -Strahlung der Kompressen. Das Radium selbst hat nur eine sehr schwache γ -Strahlung, und das Radon ist ein reiner α -Strahler. Die Radiumkompressen wirken nur als γ -Strahler, während alle korpuskularen Strahlen, abgesehen einer geringen Menge härtester β -Strahlen, innerhalb der Kompressen absorbiert bleiben. Wir sehen also, dass bei Radiumkompressen, sollen sie vollwertig, d. h. nach ihrem Radiumgehalt maximal strahlen, alles getan werden muss, um das Entweichen von Radon zu verhindern. Kompressen, in denen das Radiumsulfat als dünner Film in sogenannt emanationsdichten Hüllen liegt, sind daher hinsichtlich Dauerhaftigkeit und Sicherung einer konstanten, maximal-möglichen Strahlung, den fachgemäss hergestellten Radium-Kohlekompressen niemals ebenbürtig. Die letzteren sind zudem geschmeidig und von geringem Gewicht, in der Applikation daher sehr anpassungsfähig. Applikationsbereite Kohlekompressen haben pro 100 cm² ein Gewicht von kaum 30 Gramm. Die äussere Kautschukhülle dieser Kompressen lässt sich leicht mit lauem Seifenwasser abwaschen und desinfizieren, und wenn nach einigen Jahren Gebrauch diese äussere Hülle (Kautschukstoff) defekt, rissig geworden ist, kann sie immer wieder leicht erneuert werden. Diese Kompressenart (wenn richtig hergestellt) kann als fast unbegrenzt haltbar und konstant strahlend bezeichnet werden. Niemals dürfen Kompressen ohne Stoffhülle (Flanelle etc.) direkt auf die Haut appliziert werden, insbesondere dann nicht, wenn diese mit Salben (Öl und Fett) behandelt wurde.

Auch Wärmekissen dürfen nicht Anwendung finden. Der Radiumgehalt der Kompressen, bzw. das Äquivalent in MsTh₁, beträgt pro cm² 0,00005 bis 0,0003 Milligramm. Schwächere oder stärkere Dosierungen sind nicht angezeigt. Die kleinformatigen Kompressen können zu grösseren Flächen nebeneinander fixiert oder zwecks stärkerer, lokaler Bestrahlung übereinander gelegt werden. Weiter unten wird unter «Indikationsgebiete» nochmals auf die radioaktiven Kompressen eingetreten. Als wichtiges Präparat in der äusserlichen Schwachtherapie sind noch die Radonsalben zu nennen, die pro Gramm bis maximal 100 000 Mst führen. Diese werden in 1 bis 2 Millimeter dicken Lagen der Haut aufgetragen (nicht massieren) und sofort mit emanationsdichtem Stoff (Billrothbattist, Kautschukstoff, Gutta-perchpapier) überdeckt und randlich mit Leukoplast sorgfältig abgedichtet. Als Salbengrundlage dienen Pflanzenfette geeigneter Konsistenz und Absorptionseigenschaft. (S. Tabelle über Applikationsdauer).

Hier können noch die Fangopulver, die zu Packungen Verwendung finden, erwähnt werden. Die Fangopackungen würden durch geeignete Zugabe von Radon wesentlich wirksamer werden. Die meisten Fangopulver werden mit der Bezeichnung radioaktiv angepriesen, was irreführend ist. Die vielen als radioaktiv bezeichneten Fangopulver, die Verfasser amtlich zu untersuchen hatte, verdienen diese Bezeichnung nicht, da deren Radioaktivität weit unter dem Schwellenwert liegt, der therapeutisch verlangt werden muss. Eine Ausnahme macht das Quellensediment von Val Sinestra (Schweiz), das bei Fangopackungen in Betracht fallen könnte. Dessen Radioaktivität ist etwa 700 mal stärker als die eines normal aktiven Granitpulvers. Das Radon kann als Radonwasser oder auch gebunden an Öle und Kohlenpulver der hautnahen Fangolage beigegeben werden. Besonders das an Kohle gebundene Radon würde bei der Applikation am wenigsten entweichen können. Das aktive Kohlepulver wäre sorgfältig und rasch mit einer kleinen Menge Fango-

zu vermischen, rasch in dünner Schicht auf die Haut zu bringen und mit der üblichen Fangomasse zu überdecken. Radonöl müsste rasch, ohne zu reiben, der Haut aufgetragen und die Fangopackung sofort appliziert werden. Wird Radonwasser verwendet, müsste eine kleinere Menge nur mässig warmer Fangomasse sorgfältig mit dem Radonwasser durchmischt, der Haut rasch aufgetragen, und sogleich mit der übrigen Fangomasse überdeckt werden. Ein Durchmischen der ganzen Fangomasse mit Radon ist unzweckmässig, weil praktisch doch nur das hautnahe Radon zur Wirkung gelangen kann. Feste radioaktive Stoffe, die einer hautnahen Fangoschicht beigemischt werden könnten, würden hohe Kosten veranlassen, da sie ja nur einmal verwendet werden dürfen. Eventuell käme hier das Val-Sinestra-Quellsediment in Betracht. Einem Kilogramm Schlammmasse könnten bis 100 000 Mst Radon zugefügt werden, speziell bei Behandlung von Gelenken. Aktivierte Fangopackungen öffnen jedenfalls ganz neue Möglichkeiten in der Radiumschwachtherapie.

Apparaturen etc.

In diesem Abschnitt können nur einige der gebräuchlichen, bewährten und nicht teuren Apparaturen und Einrichtungen besprochen werden. Sie alle dienen zur Entwicklung von Radon, d. h. zur Aktivierung von Trink- und Badewasser, Kohle und Oelen und der Luft der Inhalatorien. Die komplizierten Apparaturen, die in der Radon-Starktherapie Anwendung finden, um an Stelle starker Radiumpräparate ebenso stark strahlende Radonmengen in Kapillarröhrchen zur Verfügung zu stellen, können hier übergangen werden. Apparaturen, in denen das Radon entwickelt und verfügbar gemacht wird, lassen sich in zwei Gruppen teilen, in *Gross- und Kleinemanatoren*. Wo täglich über 500 000 Mst Radon benötigt sind, dienen die erstern, für geringere die letztern. Den Grossemanatoren liegt ein gleiches Prinzip zugrunde: In einem kleinen zylindrischen Gefäss (Tubus) ist die Radiumlösung untergebracht, aus der dann das ent-

wickelte Radon nach dem Verbrauchsgefäss (Quirlflasche) übergeführt wird. Der Tubus für die Radiumchlorid- oder Bromidlösung¹ hat je nach der Menge Lösung eine Länge von 10 bis 30 cm und einen Durchmesser von etwa 1 bis 2 cm. Er trägt oben einen Glasschliff, mit zwei engen Glasröhrchen. Das eine dieser, durch das Aussenluft durch die Radiumlösung geleitet wird, reicht bis fast auf den Boden des Lösungszylinders, das andere, oben von der Ausbuchtung des Glaseinsatzes abzweigende, stellt mit den angeschlossenen Kapillarröhrchen die Verbindung mit der Quirlflasche her. Der Lösungszylinder ist meist nur zur Hälfte oder zu $\frac{2}{3}$ mit Radiumlösung gefüllt. Im Luftraum darüber sammelt sich der grösste Teil des gebildeten Radons an. Soll Wasser für Trink- und Badezwecke durch Radon aktiviert werden, dient als Wasserbehälter die Quirlflasche. Bei Radiumlösungen von 1 bis 5 Milligramm hat diese Flasche einen Inhalt von 1 bis 3 Litern. Eine Lösung von 5 mg Radium liefert in 24 Stunden ca. 2 500 000 Mst Radon. In einer Zweiliterflasche würde daher jeder cm^3 Wasser die Aktivität von 1250 Mst erreichen. Beim Manipulieren mit starkem Radonwasser sind die Verluste an Radon relativ erheblich grösser als bei schwachem. Man sollte daher den Radongehalt des Wassers nicht zu hoch treiben. Die Quirlflasche hat eine stark konische Form, trägt zuoberst einen Kapillarhahnen, exzentrisch am Boden den Auslauf- bzw. Wassereinlaufhahnen und zentral durch den Boden ist der motorisch betriebene Quirler (Rührkolben) eingebaut. Um das in dem hermetisch geschlossenen Lösungszylinder entwickelte Radon nach der Quirlflasche überzuführen, wird in letzterer Unterdruck hergestellt. Dies geschieht, indem man nach Oeffnen der Kapillarhahnen des Lösungszylinders, aber bei geschlossenem Hahnen auf der Spitze der Quirlflasche, bis zu einer bestimmten Marke, die an letzterer angebracht wird, langsam Wasser durch den Bodenhahnen

¹ Thorium-Emanation kann wegen ihrer Kurzlebigkeit (Halbwertszeit nur 54 Sekunden) therapeutisch nicht zur Anwendung gelangen.

der Quirlflasche auslaufen lässt. Der Luftstrom (Aussenluft), der so durch die Radiumlösung gesogen wird trägt den grössten Teil des in der Radiumlösung und im Luftraum darüber angesammelten Radons nach der Quirlflasche, in den dort sich bildenden Luftraum. Je nach der Grösse des Lösungszylinders genügt ein Luftvolumen von 20 bis 50 cm³, das in einigen Minuten durchgesogen ist. Nach dem Auslaufen der bestimmten Wassermenge aus der Quirlflasche wird deren Auslaufhahnen sofort geschlossen, ebenso die Kapillarhahnen des Lösungstubus, worauf während einigen Minuten der Quirler in Bewegung gehalten wird, um das Radon gleichmässig mit dem ganzen Wasservolumen zu vermischen (lösen). Wird die Bedienung der Apparatur stets konform durchgeführt und die Entwicklungszeit für Radon genau eingehalten, gewinnt man schon in wenigen Tagen nach der ersten Inbetriebnahme des Emanators eine konstante Aktivität des Wassers in der Quirlflasche. Die nach dem Quirlen im Luftraum in der Spitze der Quirlflasche verbleibende Radonmenge ist verloren. Hat dieser Luftraum ein Volumen von 50 cm³, das des Wassers 1950 cm³, beträgt dieser Verlust etwa 10% der ganzen in der Quirlflasche vorhandenen Radonmenge, weil in der Luft 4 Mal mehr Radon aufgenommen (löslich) wird als in einem gleich grossen Volumen Wasser. Betreffend Radiumlösung bleibt noch zu bemerken, dass dafür gesorgt werden muss, dass kein Radium aus der Lösung ausfällt, da feste Radiumsubstanzen (Sulfate, Carbonate) das Radon kaum mehr abgeben, d. h. geringes Emanierungsvermögen besitzen. Die Radiumlösung muss daher in erster Linie einen starken Säureüberschuss haben, ferner darf das Glas des Lösungszylinders keine Sulfate abgeben und der Luftstrom, der durch die Lösung gesogen wird, muss vorher von Schwefel- und Kohlensäure befreit werden. Dies kann geschehen, indem man die Aussenluft zwei Waschflaschen mit Calcium- und Bariumchloridlösung passieren lässt. Mit besonderer Sorgfalt hat das Einfüllen des aktivierten Wassers in die

Fläschchen für Trink- und Badezwecke zu geschehen, damit kein Radon verloren gehe. Die luftdicht durch Kappe verschliessbaren Trinkfläschchen haben gewöhnlich einen Inhalt von 50 bis 100 cm³, die für Badezwecke 200 und mehr. Nehmen wir für das Abfüllen ein Beispiel: Das Trinkfläschchen halte 100 cm³, das Wasser der Quirlflasche führe pro cm³ 400 Mst Radon und es werde eine Dosis von 10 000 Mst verlangt. Dem Fläschchen müssen also 25 cm³ des aktivierten Wassers zugefügt werden. Um Radonverluste möglichst zu vermeiden, wird das Fläschchen zuerst mit gutem reinem Trinkwasser (kühl und kohlenstofffrei) etwa zur Hälfte gefüllt und durch das am Auslaufhahnen der Quirlflasche hängende dünne Glasröhrchen, dieses unter Wasser haltend, die 25 cm³ aktiviertes Wasser zufließen gelassen (der Kapillarhahnen oben an der Quirlflasche muss dabei geöffnet sein), worauf vermittelt einer Pipette das Fläschchen noch vollständig mit gewöhnlichem Trinkwasser ganz gefüllt und sofort gut verschlossen wird. Da das Trinkwasser vieler Gegenden für die Radon-Trinkkuren nicht als gut bezeichnet werden kann, ist kohlenstofffreies Mineralwasser zu empfehlen. Eventuell ist vorhandene Kohlensäure durch Kochen zu entfernen und das Wasser unter 20° C abzukühlen. Nach dem Füllen soll nur eine kleine Luftblase im Fläschchen zu sehen sein. Bei diesem sorgfältigen Abfüllen der Trinkfläschchen sind die Radonverluste gering. Bei Grossemanatoranlagen, wo meist ganze Serien verschieden dosierter Fläschchen abzufüllen sind, wird letzteres dadurch vereinfacht, dass in Standflaschen mit Bodenahnen das Wasser von bestimmter Aktivität zubereitet wird, d. h. das Wasser darin so viele Millistat pro cm³ hat, als die abzufüllenden Fläschchen pro cm³ haben sollen. Fläschchen für eine Tagesdosis von 5000 Mst mit 100 cm³ Inhalt verlangen 50 Mst/cm³ usw. Hat das Wasser der Quirlflasche, wie oben angenommen, 400 Mst/cm³, kann es für Badezwecke direkt aus dieser Flasche abgefüllt werden in die für diese Zwecke gebauten Flaschen von 100 oder mehr Kubikzentimeter Inhalt.

Diese haben eine zylindrische Form, tragen oben einen Glasschliffstopfen und unten einen Auslaufhahn, an den ein langer dünner Gummischlauch angeschlossen werden kann. Denn das aktivierte Wasser muss immer nahe dem Boden des Badebassins in das fertige Bad zum Einlauf gebracht werden. Ein Durchmischen des Badewassers hat zu unterbleiben. Wie seine Bildung aus dem Radium, so zerfällt das isolierte Radon auch wieder nach dem Exponentialgesetz. Für das Radon gibt es spezielle Tabellen, aus denen für irgend eine Zeit der Zerfall und die Bildung von Radon abgelesen werden kann. Soll Radonwasser zum Versand gelangen, muss dieses entsprechend überdosiert sein. Braucht die Spedition z. B. 24 Stunden bis zum Empfänger, verlangt dies eine Überdosisierung von 16%, bei 48 Stunden 30% usw.

Einfach und praktisch sind die *Kleinemanatoren*, in denen das Radon durch feste, hochemanierende Radiumpräparate (Hahnsche Präparate mit bis über 90% Radonabgabe) geliefert wird. Für einzelne Radon-Tagesdosen von 5000 bis 20000 Mst ist das Radiumpräparat in *wasserdichten* Zellen eingeschlossen. Aus diesen kann die Emanation (Radon) austreten, während kein Wasser das Präparat erreichen kann. Die Zellenwände, früher aus porösem Porzellan, bestehen gegenwärtig aus feinstem Nickelgaze, die am besten durch dünnen Ceresinfilm überzogen ist. Wenn dieser Film, d. h. die Imprägnation der Gaze, in geeigneter Weise gemacht wird (z. B. in hochsiedendem Ceresin), ist Dauerhaftigkeit für längere Zeit (viele Jahre) gewährleistet, ebenso die konstante Diffusion des Radons aus der Zelle. Die Erneuerung der Imprägnation kann immer wieder geschehen. Uebrigens ist die Löslichkeit der Hahnschen Präparate in Wasser äusserst gering und wurde seinerzeit zu etwa 0,025 mg pro 20 000 Liter ermittelt. In den Fläschchen mit *wasserdichten* Radiumzellen, in denen pro Jahr etwa 40 Liter Trinkwasser aktiviert werden, ist eine Löslichkeit der Hahnschen Radiumpräparate praktisch ausgeschlossen. Bei Abnahme des Emanierungsvermögens der

Präparate können diese durch die Fabrik aufgefrischt werden. Die nach Jahren abnehmende Emanierung wird durch Kontrolle der Millistatleistung der Fläschchen oder Apparate ermittelt und damit auch die allfällige Notwendigkeit einer Auffrischung des Präparats. Die Radonleistung von z. B. 10 000 Mst/Tag verlangt in der Zelle eine Radiummenge von etwa 0,025 Milligramm. Obgleich Fabriken schöne, aber entsprechend teurere Radontrinkbecher und Badeemanatoren auf den Markt bringen, ist es einfacher und billiger, hochemanierende Radiumzellen in gewöhnliche, mit aufschraubbarer Kappe versehene Fläschchen von 75 oder 100 Gramm Inhalt oder für Badezwecke in die weiter oben beschriebenen Zylindergläser zu legen. Für Bäder von 100 000 Mst dienen 5 Zellen zu 20 000 Mst/Tag. Passende Nickelgazellen (zylindrisch, von 1 bis 3 cm³ Inhalt) lassen sich leicht in die erwähnten gewöhnlichen Fläschchen einschieben, und einem Herausfallen der Zelle beim Wasserausgiessen kann durch Anbringen eines dünnen Nickeldrahtes, dessen Enden nach dem Einschieben auseinanderspreizen, abgeholfen werden. Werden Fläschchen oder Apparate während längerer Zeit (wochenlang) nicht gebraucht, sind sie mit destilliertem Wasser gefüllt zu halten, um Niederschlägen aus dem Wasser auf die Radiumzelle zu begegnen. Wichtig ist, dass die Trinkfläschchen oder Apparate, in denen Radon sich entwickelt, vollständig hermetisch schliessen. Daher sind die Dichtungen (Kork- oder Gummischeibchen) von Zeit zu Zeit zu erneuern. Die Trinkfläschchen sind, um eine noch bessere Abdichtung zu sichern, liegend aufzubewahren und vor Wärme zu schützen. Ein Fläschchen, das beispielsweise eine Tagesleistung (24 Stunden) von 10 000 Mst hat, erreicht, wenn es statt 24 Stunden 48 Stunden verschlossen bleibt, einen Radongehalt von 18000 Mst, nach 3,8 Tagen von 30000 Mst und in etwa 38 Tagen ist praktisch die maximale Menge (Gleichgewichtsmenge) von 60 000 Mst erreicht, immer vorausgesetzt, dass luftdichter Abschluss besteht. Hat man ein Fläschchen von 10 000 Mst/Tag und möchte nur 5000

Mst pro Tag trinken, wird nur die Hälfte getrunken und die andere weggegossen, sofern nicht jemand anders diese trinkt. Auf jeden Fall muss das Fläschchen, um konstante Dosierung zu haben, vor dem Wiederfüllen vollständig entleert sein. Wird ein Trinkfläschchen einige Tage nicht gebraucht, muss es, will man die Tagesleistung als Dosis beachten, 24 Stunden vor Wiedergebrauch neu gefüllt werden. Das Trinken der Fläschchen soll möglichst rasch durch Trinkhalme geschehen. Nach dem Trinken sind die Fläschchen sofort wieder zu füllen und gut zu schliessen. Umgiessen in Trinkgläser würde grosse Radonverluste bringen. Die Leistung der Trinkfläschchen ist jeweils nach 1 bis 2 Jahren Gebrauch zu kontrollieren, die der Grosseemanatoren monatlich.

Sehr einfach gebaut sind auch die Apparäthen zur Aktivierung von Kohle und Oelen etc. Für Tagesdosen von 5000 bis 50 000 oder mehr dienen wiederum die hochemanierenden Radiumpräparate. Diese werden in den Dosen, die sich luftdicht schliessen lassen, in deren Deckel untergebracht, während die zu aktivierenden Substanzen in einer Schale darunter liegen. Die carbo adsorbens nimmt hier alles gebildete Radon auf, ebenso auch die Pflanzenfette und Oele praktisch quantitativ, wenn der Luftraum der Dose klein gehalten ist. Soll das Radon aus einer Radiumlösung entnommen werden, muss die Dose evakuiert werden können, um das Radon anzusaugen. Sie ist dann mit einem entsprechenden Hahnenansatz versehen.

Zu erwähnen sind noch die praktischen, kleinen Taschen-Emanatoren, die in einem kleinen Etui untergebracht sind, samt einem Vorrat Kohletabletten, von denen je eine täglich mit einer gewünschten Dosis Radon von 5000 bis 10 000 Mst aktiviert werden kann.

Die oben beschriebenen Radiumkohle-Kompressen und die Trinkfläschchen mit Radiumzellen sind in der Physikalischen Abteilung des Kantonsspitals in Münsterlingen im Gebrauch, und bald sollte auch noch eine Grosseemanatoranlage, wie sie

oben skizziert ist, in Betrieb genommen werden können.

Diese Radiumzellen werden seit einem Jahre wieder in Deutschland hergestellt (z. B. Radium-Chemie Frankfurt a. M.), wobei auch individuellen Wünschen entsprochen werden kann.

Alle in der Schweiz zum Verkauf gelangenden radioaktiven Artikel (Präparate und Apparate) müssen mit amtlichen Prüfetiketten versehen sein, die von der Interkantonalen Kontrollstelle zur Begutachtung von Heilmitteln in Bern vermittelt werden.

C: Biologie der radioaktiven Strahlen, Dosimetrie, Indikationen der radioaktiven Schwachtherapie

Diesem Kapitel sollen einige Gedanken vorausgeschickt werden, um die Wirkungsweise der radioaktiven Strahlen in den geheimnisvollen Tiefen des biologischen Geschehens ahnen zu lassen. Für die radioaktive Schwachtherapie, wie auch für viele andere Therapien müsste es zu Fortschritten führen, wenn am menschlichen Körper nicht bloss das makro- und mikroskopisch Sichtbare beachtet, sondern auch die dem Auge verborgenen Bausteine, die Atome, deren energetische Zustände und Wandlungen bei den Lebensvorgängen berücksichtigt würden. Denn von den Atomen und Molekülen hängt letzten Endes alles Wahrnehmbare ab, ob es Zellen, Gewebe, Nerven sind oder irgend etwas anderes. Es wird allgemein angenommen, dass im menschlichen Körper etwa 10 Billionen Zellen (dreizehnstellige Zahl) anwesend sind, die sich u. a. zu einer Art «Arbeitsgemeinschaft» in den verschiedenen Organen gruppieren. Das harmonische Zusammenwirken dieser Organe in einem gesunden Körper ist ein Wunder. Dieses wird indessen für den darüber nachdenkenden Menschen zu einem noch grösseren Wunder, wenn er sein geistiges Auge in die Welt der Atome richtet, wo Energiezentren, in denen auf unvorstellbar kleinem Raum gewaltige Kräfte in ebenso unvorstellbarer Frequenz pulsieren, und dann erkennen muss, dass diese «Kraft-

werke» den harmonischen «Betrieb» der komplizierten Lebensvorgänge im menschlichen Körper fundamental bestimmen. In einem Gramm dieses Körpers sind wohl hunderte Trillionen (21-stellige Zahl), Atome der verschiedensten Elemente (auch von Schwermetallen) zugegen, ein jedes mit seinen pulsierenden Kraftfeldern. Nur dem Menschen, der demütig anerkennt, dass Kraft, Wirkungsweise, Bauplan etc., die in den Lebewesen zum Ausdruck kommen, in den übersinnlichen (überdimensionalen) Sphären beheimatet sind, öffnet der Geist ein Ahnen, das höher ist denn alle wissenschaftliche Erkenntnis. Denn dem irdischen Verstand sind dort für immer die Grenzen gesetzt, wo die Frage sich stellt: was ist Kraft, was ihr tieferes Wesen? Alle termini technici, derer sich die Physik und Chemie bedient, wie Ladung, Spannung, Neutron, Proton, Elektron, Atomkern etc. sowie die physikalischen Konstanten usw. hellen uns das Mysterium Kraft (Energie) nicht auf, wie mathematisch genau sich auch alle Erscheinungen präzisieren lassen. Denn alle Wahrnehmungen sind immer nur eine *indirekte* Manifestation der geheimnisvollen Kraft. Dem Menscheng Geist, der den übersinnlichen Kräften sich öffnet, zeigen sich («intuitiv») Mittel und Wege in der Therapie, die dem nur wissenschaftlich geleiteten Denken verschlossen bleiben müssen. Bestätigungen zu dieser Auffassung liefern u. a. die interne Medizin und die Irrenanstalten. Blickend in die Tiefen, in denen physikalisch-chemisch die physiologischen Vorgänge sich abspielen, wird man gewahr, dass Störungen in dem «Betrieb» der Lebensvorgänge (Erkrankungen) durch keine den biologischen Gesetzen zuwiderlaufenden Behandlungen vorgenommen werden dürfen. Und doch, wie viel widernatürliche Therapie wird heute betrieben, weil die tiefern Ursachen der Erkrankung nicht mehr verstanden, weil nicht mehr berücksichtigt wird, dass irgendwo in dem *atomaren Gebäude*, das im menschlichen Körper vor uns steht, energetisch abnormale Zustände bestehen müssen. Ungünstige Potentialdifferenzen an gewissen Stellen haben ihren

Grund oft im Fehlen gewisser Mineralstoffe, besonders auch der metallischen Spurenelemente, die, wenn auch in äusserst geringen Mengen, spektroskopisch kaum mehr nachweisbar, in dem Atomgebäude absolut nicht fehlen dürfen. Zu der sich ständig verschlechternden Qualität der Nahrungsmittel an Energie- und Gerüststoffen, als Folge einer rücksichtslosen Bodennutzung, den zahllosen schädlichen Stoffen in der Umwelt und den Genussmitteln, gesellt sich noch die ungesunde Lebensweise so vieler Menschen im heutigen «Kulturleben». Die Folgen dieser biologisch widernatürlichen Zustände zeigen sich in der grossen Anfälligkeit der Menschen für das unübersehbare Heer von Krankheiten. Bei jeder Therapie müssen daher diese, der Gesundung entgegenstehenden Faktoren in erster Linie nach Möglichkeit korrigiert werden.

Die Lebensvorgänge im menschlichen Körper sind, rein stofflich gesehen, ein physikalisch-chemisches Problem, beruhend auf elektrischen Kräften in ihren so mannigfaltigen Wechselwirkungen. Alle naturnotwendigen Lebensvorgänge benötigen Energie, die überall, wo erforderlich, in situ zugegen sein muss. Unter normalen Verhältnissen wird diese Energie durch die Nahrungsmittel im Verband mit dem Sauerstoff der Luft geliefert. Der für die Nahrungsmittel angegebene Kalorienwert darf aber nicht etwa mit dem physiologischen Nährwert verwechselt werden. Der Energiewert eines Nahrungsmittels entspricht der in diesem latent aufgespeicherten Sonnenstrahlenenergie, zu der auch etwas Energie der radioaktiven Strahlen hinzukommt. *Dass nun, wenn an irgendeiner Stelle im menschlichen Körper noch Energiequanten für lebenswichtige Reaktionen und Kompensationen benötigt sind, diese durch die Ionen der radioaktiven Strahlen geliefert werden können, ist leicht einzusehen.* Recht augenscheinlich kommt die Wirkung der γ -Strahlen durch Applikation von Radiumkompressen bei Spasmen (Gefässkrämpfen) zum Ausdruck, indem diese Störungen meist in erstaunlich kurzer Zeit abklingen.

Mancher Leser möchte vielleicht wünschen näheres zu erfahren über die physico-chemischen Auswirkungen der radioaktiven Strahlen auf Gewebe, Zellen etc., bzw. über die allgemeine Physiologie dieser Strahlen. Das würde aber weit über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen, auch wenn nur das Fundamentalerkannte, das sich in den komplizierten Lebensprozessen abspielt, gestreift würde. Wer aber eine allgemeine Orientierung über die Wirkung der radioaktiven Strahlen im menschlichen Körper wie auch über die Physik dieser Strahlen wünscht, findet diese u. a. in den beiden Büchern Schubert und Zimen, von denen im Anhang zum Literaturverzeichnis eine gekürzte Inhaltsübersicht gegeben ist, wie auch in Errera et Hervé.

Nach den jetzigen Auffassungen in der Strahlenbiologie kann ausgesagt werden, «dass der Grundvorgang jeder biologischen Strahlenwirkung in dem Getroffenerwerden des bestrahlten Stoffes durch die Strahlenquanten, bzw. deren Sekundärelektronen besteht. Da das Wesentliche und allen strahlenbiologischen Vorgängen Gemeinsame die Ionisierung von Atomen ist, wird die Erzeugung von Ionisationen als Trefferereignis angesehen, und zwar kommen wegen der empirischen Wellenlängeunabhängigkeit der Strahlenwirkung im Gebiet der Röntgen- und Gammastrahlen nur einzelne Ionisationen als Treffer in Frage. Das Trefferprinzip gilt grundsätzlich für alle biologischen Reaktionen, so heterogen im einzelnen sie auch sein mögen. Seine Gültigkeit beruht auf der einfachen Tatsache, dass das Trefferprinzip nur eine Folge des Quantenprinzips ist. Nach der Absorption eines Treffers (Röntgen- und radioaktiver Strahlen) wird eine mikrophysikalische Einzelreaktion in eine komplexe Leistung makrophysikalischer Art umgesetzt.» Die besondere Wichtigkeit und Richtigkeit des Trefferprinzips eines Strahles wird verständlich, wenn man den *Durchmesser* der «Ionensäule» (Kolumne) entlang der Strahlenbahn betrachtet, der bei korpuskularen nur etwa 1 Millionstel Millimeter beträgt. «Aus den Ergebnissen strahlenbiologischer Forschung kann zu-

sammenfassend abgeleitet werden, dass sich die biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen und der radioaktiven Alpha-, Beta- und Gammastrahlungen, sowie der Neutronen, aus dem Mechanismus ihrer Energieabsorption erklären lassen. Allen diesen Strahlenwirkungen liegt vor allem das Trefferprinzip zugrunde, doch stösst die Auswertung einer ganzen Reihe von Strahlenreaktionen vielfach auf Schwierigkeiten, weil es noch nicht möglich ist, alle Reaktionen, aus denen sich ein Einzelvorgang zusammensetzt, in ihrer Vollständigkeit zu überschauen», zumal der Zustand des Milieus (Strahlungs-Milieus), in dem die Reaktion sich abspielt, die individuelle Disposition, von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Die weichen radioaktiven Strahlen sind wegen ihrer grössern Absorption biologisch entsprechend wirksamer als die harten Strahlen. Das gilt besonders für die sekundär erzeugten Strahlen gegenüber deren Erregern, den härteren Primärstrahlen. Die α -Strahlen kommen hier nicht in Betracht, zumal in der Natur noch keine sekundären α -Strahlen bekannt sind.

Dosimetrie der radioaktiven Strahlen (Siehe auch beiliegende Wegleitung)

Zu einem der wichtigen Kapitel dieser Veröffentlichung gehört die Dosierung der radioaktiven Strahlen in der Schwachtherapie. Die therapeutische Wirkung dieser schwachdosierten Strahlen ist immer wieder die Zielscheibe der Gegner dieser Therapie gewesen. Die einen unter ihnen sind z. B. der Auffassung, dass u. a. die üblichen Radiumkompressen (z.B. v. 0,00002 bis 0,0003 Milligramm Radium pro cm^2 Kompressenfläche) unwirksam seien, während die andern gerade das Gegenteil annehmen, dass solche Kompressen schädigend wirken könnten. Dieselben sich widersprechenden Meinungen werden auch über die Radontherapie geltend gemacht. Beide Behauptungen kommen fast ausschliesslich aus Kreisen, die in der radioaktiven Schwachtherapie sich weder theoretisch noch durch längere, gründliche praktische Erfahrungen ausweisen können, in anderer Richtung interessiert un-

ganz von den Produkten der chemischen Industrie geleitet sind. Gegen die ablehnende Stellungnahme zur Radium-Schwachtherapie sprechen aber die während den letzten 4 Jahrzehnten gemachten äusserst günstigen Erfahrungen, die diese Therapie zu einem der wichtigsten Rüstzeuge in der physikalischen Therapie machten. Weiter unten wird hierauf zurückgekommen.

Zuerst einige Worte über die Röntgen-Einheit r. Diese Einheit, die auf dem Ionisationseffekt der Röntgen- bzw. Gammastrahlen in normaler Luft basiert ist, wird definiert als $1 r = 2,083 \times 10^9$ (rund 2 Milliarden) Ionenpaare, erzeugt durch Absorption von γ -Quanten in 1 cm^3 normaler Luft. Für 1 Gramm Luft sind es $1,61 \times 10^{12}$ (1,6 Billionen) Ionenpaare, für 1 cm^3 Wasser etwa $1,78 \times 10^{12}$, für 1 cm^3 biologisches Gewebe etwa $2,9 \times 10^{12}$ Ionenpaare. Aber es muss bemerkt werden, dass die Luftionisation kein zuverlässiges Mass für die Ionisation in Wasser, Geweben und andern flüssigen oder festen Stoffen liefert. *Toleranzdosen* gelten nur zum Schutze gegen Strahlenschädigung für ständig im Bereich von Röntgen- und radioaktiven Strahlen Tätigen (viele Stunden pro Tag während langer Zeit), während diese Dosen in der Radium-Schwachtherapie selbstverständlich keine Anwendung finden können. Eine der starkdosierte Radiumkompressen, 0,03 mg Radium pro 100 cm^2 liefert, wenn in 0,3 cm Entfernung von der Haut appliziert, einen r-Wert (Röntgeneinheit) von maximum 0,02/Stunde. Dabei ist noch zu berücksichtigen, dass es sich bei den Radiumkompressen um einen grossflächigen Strahler handelt, während das Röntgen r mit mehr punktförmiger Strahlenquelle bestimmt ist. Neben den Radiumkompressen, die als γ -Strahler äusserlich appliziert werden, kommen für die Dosierung noch die per os oder durch die Haut und Lunge in den Körper eingeführten radioaktiven Stoffe in Betracht. Hier kommt ausschliesslich das Radon in Frage, da alle festen radioaktiven Stoffe, ganz besonders das Radium, nicht in den Körper eingeführt werden dürfen. Radium in wesentlichen Men-

gen, z. B. in öftern kleinen Dosen von 1 Millionstel Gramm, könnte sich individuell in der Knochensubstanz verankern (stapeln) und dort langsam zu Schädigungen führen. *Therapeutisch gesehen, zeigt dies den fundamentalen Unterschied zwischen Radon und Radium, worauf nicht genug hingewiesen werden kann.* Ueber die Dosierung von Radon bei verschiedenen Leiden oder zur Hebung des Allgemeinbefindens etc. kann die beigegebene Tabelle dienen. Betreffend das Trinken von Radon während langer Zeit ist weiter oben schon gesprochen worden.

Indikationen. Neben den speziellen Indikationen müssen auch solche allgemeiner Natur, d. h. den ganzen Körper betreffend, berücksichtigt werden. Unter den letztern sind auch solche, die scheinbar ausserhalb dem eigentlichen Aufgabenkreis der physikalischen Therapie liegen. Indessen sind diese doch mit dieser Therapie oft so eng verbunden, dass ohne ihre Berücksichtigung diese Therapie an Erfolg einbüssen müsste.

Die Indikationsbreite der radioaktiven Schwachtherapie ist deshalb so aussergewöhnlich gross, weil diese Therapie eine *unspezifische* ist, was bei der Komplexität vieler Krankheiten von besonderer Bedeutung wird. Dies kann nicht nachdrücklich genug betont werden. Eigentlich gibt es nur wenige *Kontraindikationen*, wie innere Blutungen und Disposition dazu, hochgradige Nervosität, schwere Herzleiden.

Den ganzen Körper betreffend sind folgende Indikationen hervorzuheben:

Insuffizienzen in der innern Sekretion (endokrine Drüsenstörungen) — Stoffwechselstörungen — Kreislaufstörungen — Spasmen (spez. Gefässkrämpfe) — Hypertonien — Altersbeschwerden — Schmerzempfindlichkeit. (Die schmerzlindernde Wirkung, insbesondere durch Radiumkompressen, ist bei manchen physikalischen Behandlungen eine grosse Hilfe). Durch Radontrinkuren werden speziell folgende Vorgänge gefördert: die oxydativen Prozesse, Grundumsatz, Durchblutung des Gesamtorganismus,

Zelltätigkeit, Gefässinnervation, Hebung des Allgemeinbefindens.

Spezielle Indikationen. Von etwa 50 Spezialisten auf dem Gebiete der Radium-Schwachtherapie sind die nachfolgenden Indikationen festgelegt worden. Diese haben sich während vier Jahrzehnten immer wieder durch unzählige, günstige, ja oft erstaunliche Erfolge bestätigt.

Muskelrheumatismus, subakuter und chronischer. Lumbago-, ferner Muskel- und Gewebeentzündungen im Bereich entzündeter Gelenke (wobei oft die sensiblen Nervenapparate in den Muskeln mitbeteiligt sind) — Schiefhals etc. (Prädilektionsstelle des Muskelrheumatismus sind die langen Rückenstrecker besonders im Lendentheil.)

Myasthenia und Lähmungen.

Arthritis rheumatica, subakute und chronische Formen, inkl. A. deformans (sicca) und endokrin bedingte Formen.

Neuralgien verschiedener Formen, spez. Ischias (im engern Sinne Neuritis Nervi ischiadici), Plexusneuralgien, Stumpfneuralgien, Visceralneuralgien. (Zu beachten ist, dass ein grosser Teil der Neuralgien symptomatischer Art sind.)

Neuritiden (neuritis) verschiedener Formen.

Verschiedene Formen von *Wirbelentzündungen* und *-Verschiebungen*.

Gicht.

Schlecht heilende Knochenbrüche oder nachträglich sich einstellende Schmerzen (Kalkpräparate verabfolgen.)

Multiple Sclerose.

Da die rheumatischen Leiden ätiologisch sehr oft komplexer Natur sind, kommt hier der Diagnose eine ganz besondere Bedeutung zu, soll die radioaktive Schwachtherapie von Erfolg gekrönt sein. Weil nun letztere aber eine unspezifische Therapie ist, muss ihr für *alle* Fälle eine wichtige Aufgabe zufallen. Ueber Einteilung und Diagnose der rheumatischen Erkrankungen, über Syndrom und Symptom, siehe besonders Schliephake und das Vademecum der rheumatischen Krankheiten (Literaturverzeichnis). Unerklärlicherwei-

se ist in diesen beiden Schriften unter Therapie die Radium-Schwachtherapie völlig übergegangen worden.

Biologisch (naturgesetzlich) *benötigen alle Heilungsvorgänge, individuell, einer gewissen Zeit, die nicht forciert werden darf, soll eine wirkliche und auch bleibende Heilung erfolgen.*

Eine erste Wegleitung

für Gamma- und Radontherapie Indikation und Strahlendosis

Diese allgemeine Wegleitung ist besonders für Praktiker in der physikalischen Therapie und Internisten bestimmt, die den Weg in das Gebiet der radioaktiven Schwachtherapie, zum Segen der vielen Leidenden, vor allem der Rheumakranken, antreten wollen. Erst durch Jahre hingebender Tätigkeit auf diesem nicht einfachen, tiefer betrachtet sogar recht schwierigen Gebiet, im Kontakt mit den vielen Patienten, wo jeder Fall, wegen individueller Veranlagung, immer wieder ein Fall für sich ist, gelangt man zu den Erfahrungen, die zu stets grössern und sichern Heilerfolgen führen.

A. Gammatherapie mit Radiumkompressen

Wie im Text hervorgehoben ist, dienen diese Kompressen vor allem bei Erkrankungen lokaler Art, die unter den Indikationen aufgeführt sind. Die üblichen, geeigneten Radiumkompressen führen 0,0001 bis 0,0003 mg Radium pro cm² Kompressenfläche. Der Mittelwert wäre also 0,0002 g. Die nachfolgenden Angaben über Strahlendosis stützen sich, wo nichts anderes gesagt ist, auf diesen Mittelwert. Eine solche Komresse würde bei 100 cm² also 0,02 mg Radium, die von 400 cm², 0,08 mg Radium führen. Bei Anwendung von schwächer oder stärker dosierten Kompressen ist die Applikationsdauer entsprechend anzupassen. Dass dabei die Reaktionslage des Patienten stets zu beobachten ist, wurde schon oben im Text betont, ebenso, dass die Kompressen immer mit Flanellhülle und *ohne* Wärmekissen oder Wärmeflaschen anzuwenden sind.

Indikationen (siehe auch Text)

a. *Schleichende Formen des Gelenkrheumatismus* (subakute und chronische), inklusive Arthritis deformans (sicca).

Strahlendosis

Die ersten 2 Tage 3 Mal 1 Stunde, mit je einigen Stunden Intervall. Nachher 3 Mal 2 oder mehr Stunden pro Tag. Entsprechend der Reaktion wird die Dauer der Applikation verlängert oder verkürzt. Bei Gelenken der Extremitäten ist es angezeigt, schon an den ersten Tagen 1 bis 2 Kompressen (letztere nebeneinander) von 0,03 mg Ra. pro 100 cm², 3 Mal 2 Stunden täglich anzuwenden. Die ganze Behandlungsdauer richtet sich nach dem Heilerfolg. Bei allfälligem Wiederauftreten von Schmerzen ist die Behandlung nach Bedürfnis zu wiederholen.

Ganz allgemein ist es immer von Vorteil, wenn neben der Kompressenbehandlung noch eine Radontrinkkur durchgeführt wird, mit z. B. 5000 Millistat (Mst) pro Tag. Dies besonders in Fällen, wo das Leiden nicht ausgesprochen lokaler Art ist.

Indikationen

b. *Verschiedene Formen des Weichteilrheumatismus*. Hauptgruppen: Muskel- und Nervenrheumatismus. Verschiedene Formen (z. T. symptomatischer Art!) von Neuritiden, Neuralgien und die Tendoperiostitis. (Sehnenscheiden sind bevorzugter Sitz rheumatischer Veränderungen.)

Strahlendosis im allgemeinen wie bei a. Bei Lumbago können auch gleich 2 Radiumkompressen mit 0,03 mg Ra. 3 Mal 2 bis 3 Stunden pro Tag appliziert werden, oder eine Komresse mit 0,01 mg pro 400 cm². Bei Schiefhals wird die Anwendung von einer Komresse von 100 cm² und 0,03 mg Ra., 3 Mal 2 Stunden pro Tag, sich als geeignet erweisen. In der Behandlung von Gesichtsmuskeln genügt eine Bestrahlungsdauer von 3 Mal 1 Stunde pro Tag mit Kompressen von 0,01 bis 0,02 mg Ra. pro 100 cm². Die Augengegend wird mit dicker Wattenlange zugedeckt.

Indikation und Strahlendosis

c. Visceraler Rheumatismus

Strahlendosis im allgemeinen wie bei a und b. Hier sind besonders die grossflächigen Kompressen bis 400 cm², mit bis 0,01 mg Ra. geeignet, bezw. drei Kompressen von 100 cm² mit je 0,03 mg, nebeneinander gelegt.

B. Radontherapie. Trinkkuren, Inhalatorien, Bäder, Fangopackungen, Salben. Wie im Text bemerkt wurde, ist die Radontherapie speziell bei nicht lokalisierten rheumatischen Leiden angezeigt. Doch unterstützt diese ganz allgemein auch die Gammathherapie, wie übrigens auch alle die Heilungsprozesse die durch andere physikalische Behandlungen herbeigeführt werden sollen, indem das Radon sämtliche Lebensprozesse aktiviert und damit die Vitalität gehoben wird.

I. Trinkkuren

Indikationen (s. auch Text)

Rheumatische Erkrankungen die grössere Bezirke befallen haben. Zu diesen gehören vor allem die auf Störungen im Endokrinium und Stoffwechsel beruhenden Formen. Gegen *gichtische Leiden*, die zwar nicht zu den rheumatischen gehören, ist das Radon ein souveränes Heilmittel, ebenso gegen Sclerosis, speziell multiplex.

Strahlendosis. In den ersten Tagen 5000 Mst/Tag, dann ansteigend auf 10 000 Mst, oder eventuell mehr, je nach den Bedürfnissen, die sich aus der Reaktion (Reaktionslage des Patienten) anzeigen. Gicht muss, um allfällige Reaktionen erträglicher zu machen, mit nur wenigen Tausend Mst/Tag angegangen werden, worauf allmählig zu höhern Dosen übergegangen werden kann. Ueber Anwendung und Dauer der Radontrinkkuren ist im Text schon das Wesentliche angegeben. Wichtig ist, dass nach etwa 6 bis 7 Wochen eine Pause von zwei oder mehr Wochen eingeschaltet wird, worauf je nach dem sich zeigenden Bedürfnis die Trinkkur wieder aufgenommen wird. Für viele Patienten, auch für geheilte, wird es stets von grossem Vorteil sein, alljährlich etwa zwei Trinkkuren anzuwenden, mit 5000 oder mehr

Millistat/Tag. Kurgemässe Lebensweise, auch hinsichtlich Diät, ist selbstverständlich auch hier eine wichtige Hilfe.

2. Inhalatorien

Indikationen. Da in den Inhalatorien das Radon durch die Lungen in die Blutbahn gelangt, wirkt es in ähnlicher Weise wie das per os eingenommene Radon. Die *Indikationen* sind deshalb hier dieselben wie bei den Radontrinkkuren. Die Aufnahme des Radons in den Inhalatorien ist aber stark individuell und hängt auch ab von dem eingeatmeten Luftvolumen.

Wenn die Luft des Inhalatoriums 25 bis 50 Mst/Liter führt (s. Text), dürften einige Tausend Mst Radon pro Stunde in den Körper gelangen, die während dem Verbleib im Inhalatorium in ständig zunehmendem Masse zur Wirkung gelangen. Etwas Radon wird in den Inhalatorien auch percutan vom Körper aufgenommen. Zudem wirken im Inhalatorium auch noch die Korpuskularstrahlen auf die Haut ein.

3. Radonbäder

Als *Indikationen* kommen hier ebenfalls alle die Fälle in Betracht, die für Radontherapie sich eignen. Radonbäder ergänzen die Gammatherapie in biologisch günstiger Weise. In den Radonbädern wirken radioaktive Strahlung, Temperatur und noch andere physikalische Momente auf die Haut (periphere Nerven) ein. Die während dem Radonbad percutan in den Körper gelangende Radonmenge ist relativ gering. (Kohlensäure darf dem Bad nicht zugefügt werden.)

Strahlendosis. Oben ist im Text erwähnt worden, dass in normal temperierten Radonbädern (35 bis 37° C.) 25 000 bis 100 000 Mst pro Bad von 200 Litern vorhanden sind, dass die mit 25 000 zu den schwachen und die mit 100 000 zu den stärkern Bädern gezählt werden. Bade-dauer 15 bis 30 Minuten. 3 Bäder pro Woche. Bei Lähmungen werden bis 200 000 Mst pro Bad angewendet. (Verhalten des Patienten während dem Baden siehe Text.)

4. Fango-Radon-Packungen

Wo Fangopackungen *indiziert* sind, können diese, wie im Text ausgeführt ist, durch geeignete Zugabe radioaktiver Stoffe, besonders durch Radon, ganz wesentlich wirksamer gemacht werden.

Strahlendosis. Der hautnahen Fangoschicht, von etwa 1 cm Dicke, können pro Kilogramm Fangomasse 5000 bis 50 000 Mst Radon zugefügt werden. (Prozedur siehe Text.) Um Radonverluste zu umgehen, kann das Radon, okkludiert in Ölen oder Kohlepulver, in ähnlichen Mengen dem Fangoschlamm beigemischt werden für die hautnahe Schicht. Die Applikationsdauer des aktivierten Fango entspricht der, der üblichen Fangopackungen.

5. Radonsalben

Hauptindikationen sind die Arthritiden, subchronischer und chronischer Natur, inklusive die deformierenden Arthrosen. Ferner Tendovaginitis, Epikondylitis, Bursitis, rheumatische Fersenbeinentzündung, Neuralgien, besonders der oberflächlich gelegenen Nerven (Plexus brachialis, etc.)

Strahlendosis. Pro Kubikzentimeter Salbe im Mittel 20 000, maximal 100 000 Mst Radon. Applikation bis 24 Stunden, Salbe gut geschützt gegen Entweichen von Radon. Siehe Text. Nach 2 bis 3 Tagen Wiederholung der Applikation.

D. Schlussbetrachtungen

Zuerst sollen einige Erklärungen prominenter Fachärzte auf dem Gebiete der Radium-Schwachtherapie vorausgeschickt werden.

Field, C. E., New York. «Der Körper fühlt den Einfluss der Radiumenergie sofort in einer sehr günstigen Art, die Fähigkeiten nehmen einen unwiderstehlichen positiven Anstieg, bald wird man sich eines allgemeinen Wohlbefindens bewusst, ein schneller, beruhigender Einfluss auf das allgemeine Nervensystem stellt sich ein. Radium (bezw. seine strahlenden Folgeprodukte) belebt die organische Substanz auf sichere Art und als solches ist Radium (und dessen strahlende Folgeprodukte) ein vortreffliches *Anregungsmittel*. Die Patienten fühlen sich übereinstimmend besser, ebenso ist das Aussehen ein besseres...».

Gudzent, F. Prof. «Es lässt sich heute, nachdem diese Untersuchungen im wesentlichen abgeschlossen sind, mit voller Gewissheit sagen, dass radioaktive Stoffe bei innerlicher Darreichung bessernde und heilende Wirkungen auf eine Gruppe vornehmlich chronisch verlaufender Krankheiten ausüben... In einer 30-jährigen Arbeitsperiode hat die medizinische Wissenschaft im Gleichschritt mit der Physik und Chemie die biologischen Wirkungen und Indikationen abgegrenzt, die Technik der Anwendung durchgebildet und die Leistungsbreite mit grosser Sicherheit bestimmt. Man kann heute mit Recht vom praktischen Arzt verlangen, dass er die Grundlagen der Radiumtherapie kennt...».

Rosinski, Prof. «Die einzigartige Energieentfaltung des Radiums (das heisst besonders dessen strahlende Folgeprodukte), alle Lebensfunktionen des Organismus zu heben, unsere ganze Lebensenergie zu steigern, wird in der modernen Medizin eine um so bedeutendere Rolle spielen, je mehr sich die Tendenz Bahn brechen wird, sich nicht lediglich auf die Bekämpfung von Krankheiten und Krankheitssymptomen zu beschränken, sondern vor allem den Gesamtzustand des Organismus zu berücksichtigen, ihn zu kräftigen und damit zur Abwehr der Schädigungen aus sich heraus zu befähigen».

Neuburger, Generalarzt. «Es ergab sich aus den durch drei Jahrzehnte fortgesetzten Forschungen und Beobachtungen zahlreicher Gelehrter und Kliniker, dass das Radium einen Heilfaktor von grösster Bedeutung darstellt».

Scherer, Dr. «Allgemeine Verbreitung haben in jüngster Zeit Radium-Schwachpräparate in Form von Trinkkuren, Kompressen, Salben gefunden, die alle den Zweck haben, als Radium-Schwellen-Therapie auf den menschlichen Körper zu wirken. Begeisterte Anerkennung aus den Kreisen, die es angeht, nämlich Kranken mit unendlich langem Leidensweg und nicht minder oft zuschanden gewordenen Neubelebungen ihrer Hoffnung, stehen schroffe Ablehnungen gegenüber, und zwar in der Hauptsache von Seiten solcher Aerzte, die am unermüdlichsten solchen Kranken zu helfen gesucht hatten. Sollte es sich vielleicht wieder um dieselben Gegensätze handeln, die schon so oft volkstümliche und gelehrte Medizin voneinander getrennt haben? Lebt vielleicht in der Radium-Schwellen-Therapie ebenfalls jene alte, bäuerliche, aus tiefem Volksempfinden schöpfende Medizin weiter, deren brauchbaren Kern die wissenschaftlich-exakte Medizin mit demselben Argwohn und Zögern erschliesst, wie sich umgekehrt der einfache Mann aus dem Volk der gelehrten Medizin gegenüber verhält».

Zu diesen Erklärungen von Dr. Scherer kann noch ergänzend beigelegt werden, dass schon die alten Römer im St. Joachims-Tal (Böhmen) Trink- und Badekuren machten, obgleich bis zur Entdeckung der Radioaktivität 1897, das Wasser dort nur als gutes, kühles Quellwasser gelten konnte. Ferner haben die Bergarbeiter der Urangruben dort (das Uran diente früher nur der böhmischen Glasindustrie, um das schöne gelbe Glas zu er-

zeugen) schon vor über zweihundert Jahren das Uranerz in Säckchen gegen allerlei Schmerzen aufgelegt, ohne im geringsten zu wissen, dass von dem Erz die heilende Strahlung ausgeht. In Nordamerika pilgern seit Jahrhunderten Indianer nach gewissen Quellen hin, deren hohe Radioaktivität erst in den letzten Jahrzehnten festgestellt wurde.

Schloss, W. «Auffallend ist die prompte analgetische Wirkung bei Behandlung von Neuralgien und arthritischen Erkrankungen».

Diese wenigen ausgewählten Erklärungen könnten durch unzählige, günstige Erfahrungen anderer Fachärzte vermehrt werden. *Alle weisen hin auf die grosse Bedeutung der radioaktiven Schwachtherapie, welche die Natur dem leidenden Menschen bereit hält, als eine Heilquelle, aus der auf einfachste, naturgemässe Weise geschöpft werden kann.* Dass jedes physiotherapeutische Institut, unter fachmännischer Leitung, auch für die Radium-Schwachtherapie gerüstet sein muss, ist eine selbstverständliche Forderung. Für die Schweiz bleibt zu wünschen, dass zu den wenigen Spezialisten auf dem Gebiete der radioaktiven Schwachtherapie sich weitere anschliessen und diese Therapie zu ihrem unentbehrlichen Rüstzeug machen.

Oben ist schon betont worden, dass die Strahlendosis der Reaktionslage (individuellen Empfindlichkeit), sowie dem zu behandelnden Leiden anzupassen ist. Bei Gicht zum Beispiel muss die Dosierung, um Reaktionsanfälle erträglicher zu machen, vorsichtig gewählt werden. Bei den Lebensprozessen gilt immer noch die Arndt-Schultzsche Regel: schwache Dosen regen an, stärkere hemmen und grosse zerstören diese. Leider wird diese Regel auch in der Allopathie (Chemotherapie) so oft missachtet. Wiewohl das tiefere, äusserst komplizierte Wesen, das in allen Lebensvorgängen liegt, dem menschlichen Verstehen unzugänglich bleibt, so lässt sich doch einsehen, dass alle normal sich vollziehenden Vorgänge einer gewissen Anregung bedürfen, die, neben den stofflichen Erfordernissen, in *unspezifischer* Weise durch die Energiequanten (Ionen), der im Körper absorbierten Strahlung geliefert werden können. Bei gestörten Lebensprozessen (Erkrankung) sind es

ebenfalls diese Energiequanten, die den Störungen ausgleichend entgegentreten. *Diagnostisch* kann die Radontherapie wertvolle Dienste leisten, indem die Reaktionen (Schmerzempfindungen) oft Krankheitsherde aufdecken, die vordem verborgen blieben. Noch bleibt zu bemerken, dass die medikamentösen Behandlungen während der Anwendung der radioaktiven Strahlen auf ein Minimum herabzusetzen sind. Zudem ist zu berücksichtigen, dass unter dem Einfluss dieser Strahlenenergie die Medikamente viel wirksamer, aktiver sind, diese daher auf Bruchteile der üblichen Dosen herabgesetzt werden können. Morphiumpräparate sind hierfür ein besonderes Beispiel. Während der radioaktiven Schwachtherapie ist es selbstverständlich von grösster Wichtigkeit, dass die für die Lebensprozesse notwendigen Stoffe (Energie- und Gerüststoffe) stets in genügender Menge zugegen sind. Daher ist eine geeignete Diät unumgänglich. Bei entzündlichen Prozessen in Muskeln und Gelenken ist z. B. eine reichliche Zufuhr von Kalk (am einfachsten als Calcium lacticum oder Calcium glycerinophosphoricum) notwendig. Bei Massagen leistet beispielsweise die Unguentum Bougetii vorzügliche Dienste, wie ja überhaupt bei fast allen rheumatischen Affektionen, auch bei akuten Formen, die Salicylate ein souveränes Arzneimittel darstellen. Salicyl wird percutan resorbiert.

Am Schlusse muss noch die *künstliche Radioaktivität*, die in den letzten 10 Jahren eine aussergewöhnliche Bedeutung erlangt hat (Atomwaffe, Atomkraftwerk, Medizin) kurz gestreift werden. Es gibt heute kein Element mehr bis hinab zum Wasserstoff, dessen Atomkern nicht beeinflusst und in ein anderes, unstabiles, radioaktives Element übergeführt werden kann. Ausführliche Darlegungen über die künstliche Radioaktivität bringen die Bücher Schubert und Zimen, l. c. Eine gekürzte Uebersicht über den Inhalt dieser Werke ist, wie schon vermerkt, als Anhang zum Literaturverzeichnis gegeben. In den eben genannten Büchern ist, wohl etwas *voreilig*, vorausgesagt, dass in einigen

Jahren die natürlichen radioaktiven Elemente (speziell das Radium) und auch die Röntgenstrahlen nicht mehr benötigt sein könnten. Solche Voraussagungen tangieren ganz ernstlich die radioaktive Schwachtherapie, wie diese oben dargelegt worden ist. Da sich der Verfasser nun schon seit drei Jahrzehnten mit der Biologie und Therapie schwachdosierter, natürlicher radioaktiver Stoffe beschäftigt, sieht er sich veranlasst, gegenüber genannter Prognose Stellung zu beziehen. Es kommt ja oft vor, dass bedeutsame Entdeckungen (Beispiele liefern die immer neu auftauchenden Arzneimittel) zu voreiligen Prognosen verleiten. Gewiss werden die künstlichen radioaktiven Stoffe medizinisch auf den Gebieten der Diagnose (speziell Kreislauf- und Stoffwechselstörungen, das intermediäre Verhalten der verschiedenen Atomarten im mineralischen Haushalt, speziell auch der Spurenelemente, etc.) und der Starktherapie eine grosse Bedeutung erlangen und schon sind dort äusserst wichtige Resultate erzielt worden. *Dagegen werden die künstlichen radioaktiven Stoffe auf dem Gebiete der radioaktiven Schwachtherapie die natürlichen radioaktiven Elemente niemals verdrängen können.* Mit den letzteren (speziell Radium und Folgeprodukte) sind seit vierzig Jahren so aussergewöhnlich viele und ausgezeichnete Erfolge erzielt und Erfahrungen gesammelt worden, dass die natürliche Radioaktivität ihren Platz nicht mehr verlieren wird. Dabei ist im Gegensatz zu den künstlichen radioaktiven Elementen, das Radium, das für die Gamma- und Radontherapie als Ausgangselement dient, von einer aussergewöhnlichen Konstanz (Halbwertszeit 1620 Jahre), womit auch die Strahlung der therapeutisch wichtigen Folgeprodukte eine zum voraus genau bestimmbare Dosisleistung gewinnt. Diese kann zudem zu jeder Zeit auf einfachste Weise kontrolliert werden. Wenn Apparaturen und Präparate sachgemäss unterhalten bleiben, gewähren diese Jahrzehnte hindurch eine konstant bleibende Leistung. Deshalb kann es nicht stimmen, wenn gesagt wird, dass die künstlichen

radioaktiven Stoffe, die relativ rasch abklingen und stets durch neue ersetzt werden müssen, und einer ständigen Neukontrolle bedürfen, billiger seien als die natürlichen. Die künstlichen radioaktiven Elemente sind β - und γ -Strahlen oder reine β -Strahler, während reine γ -Strahler nur von einigen isomeren Atomarten ausgesandt werden. Wichtig sind auch die Neutronenstrahlen (Neutronenquelle liefern z. B. Präparate aus Radium/Beryllium), dagegen sind die künstlich erzeugten α -Teilchen ohne medizinische Bedeutung. Die reinen β -Strahler sind *dort* von besonderer Bedeutung, wo in der Starktherapie eine lokale intensive Wirkung ohne die durchdringende γ -Strahlung, die ungewünschte Wirkung auf gesunde Bezirke ausübt, verlangt ist. Die Schwachstrahlenbehandlung mit natürlichen radioaktiven Elementen dient der grossen Zahl von Erkrankungen, die oben, als Indikationen für die physikalische Therapie, aufgezählt sind. Wie ebenfalls oben dargelegt ist, sind das Radon und die Radiumkompressen in der Applikation so einfach und zuverlässig, dabei auch hinsichtlich Dosierung so anpassungsfähig, unter Ausschaltung von Schädigungen im Organismus, dass man vom strahlenbiologischen Standpunkt aus, nichts Besseres mehr verlangen kann. Wo die künstliche Radioaktivität in der Medizin Vorteile bietet (Diagnostik und Starkstrahlentherapie), sind diese hier gebührend anerkannt. Natürliche und künstliche Radioaktivität sollen einander ergänzen. Mit allem Nachdruck muss daher nochmals betont werden, *dass für radioaktive Schwachtherapie, speziell im Bereiche der physikalischen Therapie, die natürlichen radioaktiven Elemente, mit ihrer biologisch günstig abgestimmten, komplexen Strahlung, nicht durch irgend eine einseitige, künstlich erzeugte (radioaktive) Strahlenquelle verdrängt werden kann*, wenn eine möglichst weitgehende Heilung der oben angeführten Krankheiten auf einer naturgesetzlichen Ebene erreicht werden soll. Es bestehen hier ähnliche Gegensätze, wie zwischen den natürlichen Heilmitteln (vorwiegend aus dem Pflanzenreich) und den

synthetischen Arzneistoffen, wo bei den letzteren unscheinbar geringe Mengen von gewissen Nebenstoffen *fehlen*, die unerlässlich sind, um die bionomischen Forderungen zu erfüllen.

Einige Literaturangaben

Bücher:

Curie: Radioactivité, 1935. — *Errera*, M. et *Hervé*, A.: Mécanismes de l'action biologique des radiations, 1950. — *Fajans*: Radioaktivität. — *Gudzent*: Die Radiumtherapie. — *Hevesy* und *Paneth*: A Manual of Radioactivity, 1938. — *Kohlrausch*: Radioaktivität, 1928. — *Lampert*: Handbuch der Physikalischen Therapie, 1939. — *Lazarus*: Handbuch der gesamten Strahlenheilkunde. — *Meyer* und *Schweidler*: Radioaktivität, 1928. — *Rutherford*, *Chadwick* and *Ellis*: Radiation from Radioactive Substances, 1951. — *Schliephake*: Rheumatismus, Klinik und Therapie, 1952. — *Schubert*: Kernphysik in der Medizin, 1947. — *Springer-Verlag*: Künstliche Radioaktive Isotope in Physiologie, Diagnostik und Therapie, 1953. — *Stoklasa*: Biologie des Radiums und Urans, 1930. — *Zimen*: Angewandte Radioaktivität (mit Literaturverzeichnis), 1952.

Kleinere Schriften:

Blumer, L.: Die Radiumtherapie des praktischen Arztes, «Praxis», Schweiz. Rundschau für Medizin, 1932. — *Bodmer*, H.: Radioaktive Emanationstherapie in Orselina, Schweiz. Medizinische Wochenschrift, 1937. — *Ellinger*, F.: Die biologischen Grundlagen der Strahlenbehandlung, 1935. — *Engel*, H.: Radon-Salbe in der Orthopädie, Fortschr. der Therapie, 1935. — *Engelmann*, W.: Die Bedeutung der Radium-Emanation für die Therapie und Anwendung, Fortschritte der Therapie, 1931. — *Fritz-Niggli*, Hedi: Die Wirkung von Strahlen und Stoffen auf das Lebewesen. Neue Zürcher Zeitung, Nr. 1701, Juli 1953. — *Hahn*, O.: Radiumemanationstherapie, Handbuch der gesamten Strahlentherapie, 1929/30. — *Happel*, P.: Radiumkuren in Sanatorien, Fortschritte der Therapie, 1933/4. — *Hirschi*, H.: Zur Therapie mit schwachen radioaktiven Präparaten, «Praxis», Schweiz. Medizinische Rundschau, 1932. — Ueber das Trinken von Radonwasser während langer Zeit, «Praxis», 1933. — Die Bedeutung der radioaktiven Strahlung für Balneologie und Klimatologie, Schweiz. Medizinische Wochenschrift, 1938. — Ueber radioaktive Artikel, Schweizerische Apotheker-Zeitung, 1939. — Therapie mit radioaktiver Emanation. Für und Wider, Dosierung, Missverständnisse. Schweiz. Medizinische Wochenschrift, 1938. — *Jung*, Albert: Ueber Rheumatismus, Neue Zürcher Zeitung Nr. 597, März 1952. — *Kleinberg*, F.: Ueber einige ältere und neuere Mittel und Methoden zur Bekämpfung rheumatischer Erkrankungen, Medizinische Klinik, 1936. — *Krebs*: Radiumemanation als Heilmittel. «Die Rundschau», 1942. — *Lampert*, H.: Ueber Ra-

Uran- Radium- Familie

genetischer Zusammenhang ihrer Elemente, ihrer Strahlung und Halbwertzeit

	Strahlen	Halbwertzeit
Uran I	α	$4,5 \cdot 10^9$ a
↓		
Uran X ₁	β	24,1 d
99,65% ↓		
Uran X ₂	$\beta \gamma$	68 s
0,35% ↘		
Uran Z	β	6,7 h
↙		
Uran II	α	$2,4 \cdot 10^5$ a
↓		
Ionium	α	$8,0 \cdot 10^4$ a
↓		
Radium	$\alpha (\beta \gamma)$	1620 a (1590 a)
↓		
Radon (Radium-Em.)	α	3,825 d
↓		
Radium A	α	3,05 m
↓		
Radium B	$\beta \gamma$	26,8 m
↓		
Radium C	$\alpha \beta \gamma$	19,7 m
99,96% ↓ β		
Radium C'	α	$1,64 \cdot 10^{-4}$ s
0,04% ↘		
Radium C''	$\beta (\gamma)$	1,32 m
↙		
Radium D	$\beta \gamma$	22 a
↓		
Radium E	$\beta \gamma$	5,0 d
↓		
Radium F (Polonium)	$\alpha (\gamma)$	138,3 d
↓		
Radium G (Bleiart)	-	-

a=Jahre, d=Tage, m=Minuten, s=Sekunden . 10^9 = Milliarde, 10^5 = Hunderttausend, 10^4 = Zehntausend, 10^{-4} = Zehntausendstel

dium-Emanation und ihre Anwendung, Radiologische Rundschau, 1935. — *Laqueur*, A.: Ueber Radium-Schwachbehandlung, Jahreskurs für ärztliche Fortschritte, 1936. — *Leutenegger*, F.: Heilbäderbehandlung der Alterskrankheit. Die Radioaktivität der Heilquellen, Schweiz. Medizinische Wochenschrift, 1937. — *Matthes*, A. M.: Uralte Heilkräfte im Lichte moderner Forschung, 1934. — *Nabholz*, H. U.: Die wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung der Pile (In der Pile, auch Reaktor genannt, wird das natürliche Uran in die für die Kettenreaktion wichtigen künstlichen Ura-

ne übergeführt, werden radioaktive Spaltprodukte gewonnen, etc.), Neue Zürcher Zeitung, Nr. 49, Februar 1953. — *Neuburger*: Wege und Irrwege bei der Verwendung radioaktiver Substanzen zu Heilzwecken, 1930. — *Schloss*, W.: Zur Frage der Radiumemanation, Wiener klinische Wochenschrift 1936. — *Strassburger*, J.: Ausnutzung der Radiumemanation, Klinische Wochenschrift, 1929. — Zur Frage der Dosierung bei Radium-Emanationskuren, Zeitschrift für physikalische Therapie, 1930. — *Vademecum* der rheumatischen Krankheiten. Sonderdruck aus der Beilage B-3/1952 zum Bulle-

tin des Eidg. Gesundheitsamtes. — *Wetterer*: Zehn Jahre Forschung auf dem physikalisch-medizinischen Grenzgebiet, Handbuch der Röntgen- und Strahlentherapie, 1931.

Anhang zur Literatur:

Gekürzte Inhaltsangaben der Bücher G. Schubert und K. E. Zimen.

Schubert: Die Atome und ihre Grundeigenschaften: Atome — Atomkerne — Ladung — Masse. Die Radioaktivität: Radioaktiver Zerfall — Radioaktive Strahlungen — Alphastrahlung — Betastrahlung — Positronenstrahlung — Gammastrahlung.

Künstliche Umwandlung der Atomkerne: Kernreaktionen — Verlauf einer Kernreaktion und Umwandlungstypen — Neutronen — Künstlich radioaktive Substanzen — Transurane und die Spaltung schwerer Kerne — Kettenreaktionen —.

Allgemeine Biologie ionisierender Strahlungen: Physikalische Mechanismen der Strahlenabsorption — Grundlagen der biologischen Strahlenwirkung — Kennzeichen der Strahlenreaktion — Unterschiede der Strahlenempfindlichkeit — Bestrahlungsdosis und Wirkung — Die Trefferzahl — Strahlenwirkung und Wellenlänge (Einfluss der räumlichen Ionisationsdichte) — Strahlenwirkung und Zeitfaktor —.

Therapeutische Verwendung der Korpuskularstrahlen und durchdringenden Wellenstrahlen: Natürliche Radioaktivität — äusserliche Anwendung — Innenraumbehandlung — Künstliche Radioaktivität — Schnelle und langsame Neutronen — Protonen und Deuteronenstrahlen — Gammastrahlen —.

Biologisch-medizinische Anwendung und Bedeutung stabiler und instabiler aktiver Atomarten: Radioaktive Indikatoren —.

Praxis von Kernumwandlungen: Erzeugung schneller Teilchen und harter Strahlen — Natürliche Strahlenquellen — Künstliche Quellen — Erzeugung der Neutronen —.

Herstellung radioaktiver Präparate: Die natürlichen radioaktiven Substanzen — Künstliche radioaktive Präparate —.

*Messung ionisierend wirkender Strahlungen in der Biologie und Medizin: Dosisproblem — Masseneinheit der Strahlung — Strahlenqualität — Dosisleistung — Messung der Röntgen- und Gammastrahlendosis — Ionisationsmessung direkt ionisierender Strahlen — *Schriftentum.**

Zimen: Grundlegende Begriffe und Kerneigenschaften — Natürliche und künstliche Radioaktivität — Energetik radioaktiver Umwandlungen — Geschwindigkeit der Kernumwandlungen —.

Alpha-Strahler: Umwandlung, Absorption —.

Beta-Strahler: Umwandlung, Absorption —.

Gamma-Strahlung: Isomerie; innere Umwandlung, Absorption —.

Einheiten für Radioaktivität —.

Kernreaktionen: Grundlegendes — Energetik — Ausbeute —.

Isotopenmethoden: Prinzipielle Möglichkeiten — Radioaktive Strahlenquellen — Radioaktive Leit-isotope —.

Radioisotope in Biologie und Medizin: Isotopen-therapie und Strahlenbiologie — Mathematische Tabellen — Oft gebrauchte Daten und Konstanten —.

Leit-isotopentabellen: Verzeichnis der Leit-isotope — Strahlungseigenschaften von Leit-isotopen — Einige reine Beta-Strahler — Einige wichtige Gamma-Strahler — Einheiten für Strahlendosen — Toleranzdosen — Literaturzitate.

Quarzlampen

Belmag-Hanau

Sämtliche Modelle im
Abonnement, schon ab
Fr. 15.— monatlich
Verlangen Sie Prospekte!

Quarzlampen-Vertrieb Zürich 1
Limmatquai 3, Tel. 3400 45

Wenn Ihre Fachbibliothek zu einem
Bücherfriedhof geworden ist, dann wenden Sie sich an die

Verbands-Bibliothek

Sie finden dort auf allen Fachgebieten
alte und neue Literatur.

Unser Bibliothekar Koll. Martin Hufenus
Landisstr. 11, Zürich 50 ist auch bereit,
Ihren gesamten Bücherfriedhof zu über-
nehmen und die, für Sie nicht mehr in-
teressanten achbücher anderen Berufs-
kollegen zur Verfügung zu stellen.

Für Zusendungen von guter Fachlitera-
tur danken wir Ihnen.