

Radioaktive Stoffe im Wasser und Abwasser

*Professor Dr. Engelbert Broda, I. Chemisches Institut,
Universität Wien*

Jedes natürliche Wasser, sogar das Regenwasser, ist — und war immer — radioaktiv, da in der Erdkruste, im Ozean und in der Atmosphäre natürlich-radioaktive Stoffe enthalten sind. Diese Radioaktivität — ausgenommen vielleicht in der Nachbarschaft von Uranlagerstätten — hat in der Vergangenheit rein akademisches Interesse geboten, stellte aber in hygienischer Hinsicht kein Problem dar. Dagegen ist im Zeitalter der Atomenergie mit einer ersten Gefährdung der Menschheit durch die natürlich- und ganz besonders durch die künstlich-radioaktiven Stoffe zu rechnen, die nun zu Luft und Wasser Zutritt finden.

Zu den praktisch wichtigen Quellen radioaktiver Stoffe gehören die Bergwerke von Uran- und Thoriumerz, die Fabriken, in denen diese Erze verarbeitet werden, gewisse andere industrielle Betriebe, die wissenschaftlichen Forschungsstätten und die Spitäler. In allererster Linie aber sind die Atomenergieanlagen zu nennen, in denen Uran und Thorium in großer Menge gespalten werden, und zwar die Versuchsstationen, Kraftwerke und Plutoniumfabriken. Es ist unvermeidlich, daß ein Teil der entstehenden Kernspaltprodukte Luft und Wasser verunreinigt. Das größte Problem stellen dabei die Hilfsanlagen dar, in denen der bestrahlte Spaltstoff regeneriert wird.

Im Folgenden sei nun vom wichtigsten Spaltstoff — dem Uran — die Rede. Dieses wird in die Reaktoren zumeist in Form von „Elementen“ eingeführt, die aus einer Uranlegierung mit Aluminium bestehen und mit einer chemisch widerstandsfähigen Hülle aus einem anderen Metall überzogen sind. Nach einigen Monaten oder Jahren des Verweilens im Reaktor müssen die Spaltstoffelemente erneuert werden. Dafür gibt es drei Gründe: 1) Die gebildeten Spaltstücke absorbieren Neutronen und erschweren daher die Aufrechterhaltung der Kettenreaktion. 2) Die Spaltstoffelemente werden durch die Bestrahlung mechanisch deformiert und verlieren dabei an chemischer und thermischer Widerstandsfähigkeit. 3) Das gebildete Plutonium soll gewonnen werden.

Um die Radioaktivität der Spaltstoffelemente einigermaßen abklingen zu lassen, läßt man sie nach der Entfernung aus dem Reaktor einige

Monate liegen. Dann wird die Hülle chemisch beseitigt und das Uran selbst in Salpetersäure aufgelöst. (Es gibt auch Verfahren zur Regeneration von Spaltstoff ohne Auflösung, doch sind sie noch nicht anwendungsreif.) Nach der Auflösung werden die drei Komponenten (Uran, Plutonium und Spaltstücke) durch chemische Operationen — heute meist selektive Extraktion mit Lösungsmitteln — voneinander getrennt. Auflösung und Trennung müssen ferngelenkt werden¹.

Die entstehenden salpetersauren Lösungen der Spaltprodukte weisen Aktivitäten bis zu mehreren 100 Curie pro Liter auf, d. h. die Aktivität (Zahl der radioaktiven Zerfälle pro Zeiteinheit) eines Liters entspricht der von mehreren 100 Gramm Radium. (Zum Vergleich: Der gesamte Besitz unseres Landes an Radium beträgt nur wenige Gramm.) Schon mit kleinen Bruchteilen eines Mikrogramms (10^{-6} g) Radium muß sehr vorsichtig umgegangen werden. Die hoch radioaktiven Lösungen stellen also vom Standpunkt des Abwasserfachmanns eine eminente Gefahr dar.

Die Gefährlichkeit von Radioelementen muß unter zwei Gesichtspunkten betrachtet werden, nämlich der äußeren und der inneren Strahlenwirkung². Ein Teil der radioaktiven Strahlen ist durchdringend. So tritt die Gammastrahlung von Radium aus der gasdichten Kapsel aus, die das Element enthält, und kann dann für Bestrahlungszwecke verwendet werden, gefährdet aber natürlich auch die Menschen, die sich in das Strahlenfeld begeben. Die Strahlendosen werden in der Einheit „Röntgen“ (r) gemessen. Zur groben Orientierung sei angegeben, daß ein Gramm Radium in einer Entfernung von einem Meter 14 Milliröntgen (mr) pro Minute liefert. Die Toleranzdosis, die heute international für Arbeiter und Techniker angegeben wird, die beruflich mit Radioelementen zu tun haben, beträgt 0,3 r pro Woche, doch sollen 5 r pro Jahr nicht überschritten werden.

Während also die durchdringende, von den radioaktiven Lösungen ausgehende Strahlung und daher die äußere Strahlenwirkung bei der Konstruktion und dem Betrieb der Atomenergieanlagen entscheidende Faktoren darstellen, kommt der Abwasserfachmann erst dann mit den radioaktiven Stoffen in berufliche Berührung, wenn sie schon stark verdünnt sind, also keine ins Gewicht fallende Strahlenwirkung mehr nach außen entfalten können. Die Konzentration der Stoffe im Liter Abwasser ist natürlich immer klein, und außerdem wird ein erheblicher Teil der Strahlung, auch der Gammastrahlung, durch das Wasser selbst absorbiert.

Vom Standpunkt der Abwasserkontrolle ist also praktisch nur die „innere“ Strahlenwirkung in Betracht zu ziehen. Diese kommt zur Geltung,

¹ Siehe die zahlreichen Berichte auf der Genfer Atomenergiekonferenz 1955.

² Siehe E. Broda und T. Schönfeld, Radiochemische Methoden der Mikrochemie, in: Handbuch der mikrochemischen Methoden, Wien, Springer 1955.

wenn Radioelemente mit Speise, Trank, Atemluft oder auch durch einfache Berührung in den Körper aufgenommen werden, in ihm verweilen und dann an Ort und Stelle ihre unheilvolle Wirkung entfalten. Im Körper abgelagerte oder kreisende Radioelemente wirken natürlich auch durch ihre nicht-durchdringenden Strahlen, also durch die Alpha- und Betastrahlen.

Die schädliche Wirkung der radioaktiven Strahlung ist vielfacher Natur und in mancher Hinsicht noch ungeklärt¹. Sie ist zumeist um so stärker ausgeprägt, je aktiver das Gewebe in biologischer Hinsicht ist, je schneller sich also die Zellen teilen. Nervengewebe ist wenig empfindlich, dagegen werden embryonales, jugendliches und oft auch (zum Glück!) Tumorgewebe besonders leicht geschädigt. Aktiv und empfindlich sind auch z. B. die blutbildenden Zellen des Knochenmarks; daher gehört Anämie zu den ersten merklichen Folgen der Strahlenschädigung, und das Blutbild gestattet eine gewisse Kontrolle darüber. Auch hat man im Tierversuch eine unspezifische Schädigung durch lange dauernde Einwirkung schon geringer Strahlendosen festgestellt; die bestrahlten Tiere waren kurzlebig und hatten wenige Nachkommen. Selbst am Menschen liegen Befunde vor: die amerikanischen Radiologen leben im Durchschnitt 5 Jahre kürzer als andere Ärzte.

Neben derartigen Wirkungen, die der Schädigung einer großen Zahl von Zellen zuzuschreiben sind, wirkt sich auch die Schädigung gewisser einzelner Zellen aus, nämlich dann, wenn die Zelle sich später teilt und ein Organ oder gar einen ganzen Organismus erzeugt. Hier ist die Erzeugung von Mißbildungen bei Embryonen im Mutterleib und die Hervorrufung von Mutationen durch Bestrahlung zu nennen. Die Mutationen sind bekanntlich irreversibel, d. h. eine mutative Schädigung pflanzt sich unvermindert auf die Nachkommenschaft fort. Sie tritt freilich nicht immer in der ersten Generation in Erscheinung, weil viele geschädigte Gene rezessiv vererbt werden.

Schließlich ist die Krebserzeugung durch Strahlung als besonders wichtig zu erwähnen. Der Mechanismus der Krebserregung ist nicht sicher gestellt, aber es sind zahlreiche Fälle von radioaktiv hervorgerufenem Krebs beschrieben worden. Früher starb die Hälfte der Bergleute der Urangruben an Lungenkrebs, der durch Einatmung von Emanation verursacht wurde. Viele Krebsfälle wurden auch an Arbeiterinnen beobachtet, die radioaktive Zifferblätter malten, an Patienten, denen leichtfertige Ärzte Radiumtrinkuren verschrieben hatten, und an anderen Patienten, denen andere, kaum minder leichtsinnige Ärzte für röntgendiagnostische Zwecke „Thorotrast“ (kolloidales Thordioxyd) injiziert hatten.

Gelegentlich wird behauptet, daß geringe Dosen radioaktiver Strahlung

gesundheitlich förderlich seien. Obwohl über diese Frage viel veröffentlicht wurde, halten wenige der bisher angestellten Untersuchungen einer wissenschaftlichen Kritik stand, weil zumeist einwandfreie Kontrollversuche fehlen. Keine der präzise geplanten Experimentalarbeiten bezieht sich auf den Menschen oder höhere Tiere. Man wird deshalb vorläufig allgemein und besonders vom Standpunkt der Abwassertechnik besser von der Voraussetzung ausgehen, daß Strahlenwirkungen bionegativ sind und daher auf ein Minimum herabgedrückt werden müssen.

Die Gefährlichkeit der Radioelemente in Bezug auf innere Strahlenwirkung ist unterschiedlich^{3, 4, 5}. Erstens besteht Parallelität mit der absorbierten Strahlenenergie; z. B. ist die mittlere Energie des einzelnen Betastrahls beim Radiophosphor mehr als zehnmal größer als beim Radio-kohlenstoff. Zweitens ist die Strahlenart zu berücksichtigen. Das Experiment hat gezeigt, daß — auf gleiche Energie bezogen — die Wirkung um so stärker ist, je größer die spezifische Ionisation, je kleiner also die Reichweite der Strahlen ist. So sind Alphastrahlen 10- bis 20 mal stärker biologisch wirksam als Betastrahlen gleicher Energie. Drittens steigt — bis zu einem gewissen Punkt — die Gefahr mit der Halbwertszeit. Das Radiumisotop 226 (gewöhnliches Radium mit der Halbwertszeit 1600 Jahre) ist ungleich gefährlicher als das Radiumisotop 224 (Thorium; X; Halbwertszeit 3,6 Tage). Viertens ist die chemische Natur des Radioelements entscheidend. Während z. B. Chlor rasch aus dem Kreislauf eliminiert wird, werden Erdalkalien, wie Radium und Strontium, in der Mineralsubstanz des Knochens abgelagert. Ganz besonders gefährlich sind zur Ausbildung kolloidaler Hydroxyde neigende Radioelemente wie Polonium und Plutonium; diese Hydroxyde werden durch die oberflächenreichen Gewebe von Leber, Knochenmark usw. adsorbiert und entfalten dort besonders heftige Wirkung. Fünftens ist die spezifische Aktivität zu beachten. Die Schilddrüse nimmt kleine Mengen Radiojod als Jodid gierig auf und wird auch leicht durch sie geschädigt. Während aber die Affinität der Schilddrüse zum Jod sehr groß ist, ist ihre Kapazität für Jod bescheiden. Wenn daher das Radiojod durch inaktives Jod „isotop verdünnt“ wird, wird hauptsächlich dieses absorbiert, verdrängt also das radioaktive Jod aus dem Organ.

Es wäre wünschenswert, auch für innere Strahlenwirkung Toleranz-

³ K. Z. Morgan, W. S. Snyder und M. R. Ford, *Nucleonics* 12 (6), 32 (1954); Genfer Atomenergiekonferenz 1955, Bericht 79.

⁴ R. C. Thompson, H. M. Parker und H. A. Kornberg, Genfer Atomenergiekonferenz 1955, Bericht 245.

⁵ Siehe „Radioactive Materials and Stable Isotopes“, Catalogue no. 4, A. E. R. E. Harwell 1957.

mengen angeben zu können, also Grenzen zu setzen, innerhalb deren bestimmte Radioelemente im Körper geduldet werden können. Jedoch ist die experimentelle Grundlage bisher nicht tragfähig. In Bezug auf Radium glaubt man zu wissen, daß eine Menge von etwa 1 Mikrogramm im Körper als lebensgefährlich betrachtet werden kann, und hat mit zweifelhaftem Recht daraus abgeleitet, daß ein Zehntel dieser Menge noch zulässig sei. Man kann aber jedenfalls, wie oben begründet, aus einem Toleranzwert für Radium selbst wenn er richtig ist, noch immer nicht auf die für andere Radioelemente gültigen Werte schließen.

Überdies: Selbst wenn die Toleranzwerte bekannt wären, wäre damit noch nicht klar, welche Mengen an den betreffenden Radioelementen im Einheitsvolumen Wasser oder Luft zulässig sind, weil ja die verschiedenen Elemente verschieden gut aufgenommen werden. Man hat zwar Richtwerte angegeben, z. B. für Trinkwasser^{4 6}

^3H (= Tritium)	$5 \cdot 10^{-2}$ Mikrocurie/ml
^{32}P	$2 \cdot 10^{-4}$ Mikrocurie/ml
^{90}Sr	$8 \cdot 10^{-7}$ Mikrocurie/ml

doch wäre es nicht verwunderlich, wenn weitere Forschungen zu einer Revision solcher Werte um einen Faktor 100 nach oben oder unten führen werden.

Außerdem werden ja die im Wasser vorliegenden Stoffe nicht nur mit dem Trinkwasser konsumiert. Das Plankton wird von Wassertieren gefressen, die dann direkt oder indirekt dem Menschen als Nahrung dienen. Auch Landpflanzen ziehen Abwasser an sich. Bei all diesen Vorgängen kann eine gewaltige Konzentration von Radioelement eintreten, deren Ausmaß aber von den örtlichen Bedingungen abhängt. Beispielsweise hat man in Amerika in einem Fall gefunden, daß Enten, die in einem schwach radioaktiven Wasser lebten, pro Gewichtseinheit 7000 mal mehr Radio-phosphor enthielten als das Wasser. Das Dotter ihrer Eier war sogar 1 500 000 mal stärker radioaktiv. So bedauerlich es auch empfunden werden mag — gegenwärtig muß von einer rezeptmäßig zu handhabenden Liste von Toleranzdosen Abstand genommen werden. Vielmehr muß dem Abwasserfachmann zugemutet werden, auf Grund eines Studiums der in jedem einzelnen Fall geltenden Faktoren zu beurteilen, ob eine bestehende radioaktive Verseuchung bereits als bedenklich zu betrachten ist.

Als Grundlage für eine solche Beurteilung muß natürlich eine radiochemische Analyse des Wassers vorliegen. Die Angabe der Gesamt-Radio-

⁶ Maximum Permissible Amounts of Radioisotopes in the Human Body and Maximum Permissible Concentrations in Air and Water, National Bureau of Standards Handbook No. 52, Washington 1953.

aktivität genügt also nicht, sondern die Aktivität muß chemisch aufgefädert werden. Diese radiochemische Analyse läßt sich durchführen, indem man dem Wasser nichtradioaktive Trägerelemente zusetzt, dann die Lösung nach einem chemischen Analysengang aufteilt und schließlich die Aktivitäten der einzelnen Elemente gesondert mißt¹.

Der Abwasserfachmann muß auf Grund solcher Untersuchungen dafür sorgen, daß die Atomenergieanlagen die Konzentrationen an radioaktiven Stoffen in ihren Abwässern auf ein tragbares Maß herabsetzen. Bei der Betrachtung dieses Problems hat man erstens die „schwach aktiven“ Wässer zu betrachten, die oft in sehr großer Menge entstehen, aber nach Lagerung und Verdünnung den Wasserläufen zugeleitet werden können. Beispielsweise fließen die schwach aktiven Wässer aus der englischen Atomstation Harwell in die Themse. Es wird angegeben, daß die dadurch bedingte Erhöhung der Radioaktivität des Londoner Trinkwassers verantwortet werden kann. Die schwach aktiven Wässer aus den Plutoniumfabriken und Kraftwerken Nordenglands werden durch lange Rohrleitungen der Irischen See zugeführt.

Viel schwieriger ist das Problem der „stark aktiven“ Wässer, deren Menge freilich relativ klein ist. Die Grenzziehung ist in der Praxis nicht so willkürlich, wie es scheinen könnte, denn zu den stark aktiven Wässern tragen hauptsächlich die Lösungen der Spaltprodukte aus den Regenerierungsanlagen bei. Diese „stark aktiven“ Wässer müssen vor der Einleitung in Flußläufe, Seen oder Meere in „schwach aktive“ Wässer verwandelt werden, indem man den Hauptteil der Spaltprodukte vom Wasser trennt.

Obwohl die radioaktiven Spaltprodukte in vielen Zweigen der Technik als Strahlenquellen Anwendung finden⁷, ist die Wirtschaft vorläufig nicht in der Lage, mehr als einen kleinen Teil der Spaltprodukte aufzunehmen. Die Spaltprodukte müssen daher zumeist unschädlich gemacht werden.

Für die Trennung der Spaltprodukte vom Wasser stehen mehrere Methoden zur Verfügung^{8, 9}. Chemisch bestehen die Spaltprodukte¹⁰ aus den Elementen mit den Ordnungszahlen 30 bis 64. (Außerdem enthalten die Lösungen in der Regel viel nichtradioaktives Aluminium.) Viele Spaltprodukte bilden unlösliche Hydroxyde, so daß sie mit Ammoniak oder Kalk ausgefällt und dann durch Absitzen, Filtrieren oder Zentrifugieren beseitigt werden können. Vorgeschlagen wurde auch Zusatz von Natriumnitrat mit nachfolgendem Eindampfen zur Trockne und Schmelzen zu einer

Siehe E. Broda und T. Schönfeld, Die technischen Anwendungen der Radioaktivität, Berlin, Verlag Technik 1956.

⁸ Siehe viele Vorträge auf der Genfer Atomenergiekonferenz 1955.

⁹ Siehe viele Artikel in der Zeitschrift „Nucleonics“.

¹⁰ Siehe J. M. Siegel, J. Amer. Chem. Soc. 68, 2411 (1946).

Art Glas. Interessant ist der Vorschlag zur Bindung der Kationen durch einen billigen anorganischen Ionenaustauscher (Montmorillonit-Ton), der dann zu Ziegeln gebacken wird. Die genannten Verfahren können unter Umständen auch durch Dialyse oder biologische Konzentration als Belebtschlamm ergänzt werden. Einige weitere Spaltprodukte (Edelgase und Jod) sind flüchtig; die nach Abklingen verbleibenden Reste werden durch einen hohen Schornstein ausgeblasen. Bei allen Verfahren ist die starke selbständige Wärmeentwicklung durch die Strahlung zu berücksichtigen. Sie bedingt eine Brennstoffersparnis, bringt aber auch gewisse Probleme mit sich.

Die radioaktiven Konzentrate können zum Schluß in chemisch widerstandsfähigen Behältern eingeschlossen und mit diesen im Ozean versenkt oder in einer einsamen Gegend gelagert oder vergraben werden. Flüssige Rückstände können auch alkalisch gemacht und dann in Großbehältern aus Stahl aufbewahrt werden. Da sogar die durchdringende Strahlung durch einige hundert Meter Luft praktisch vollständig absorbiert wird, bereitet die Auffindung eines Ortes für die gefahrlose Speicherung solcher Rückstände keine ernste Schwierigkeit.

Das Problem der Beseitigung wird durch Abtrennung von Cäsium und Strontium außerordentlich erleichtert. Die beiden einzigen langlebigen Spaltprodukte, die in großer Menge entstehen, sind Strontium 90 (Halbwertszeit 28 Jahre) und Cäsium 137 (33 Jahre). Durch Entfernung dieser beiden Stoffe erreicht man, daß die nach einigen Jahren verbleibende Aktivität nur einen sehr geringen Bruchteil der ohne Trennung herrschenden Aktivität ausmacht. Für die Abtrennung, die natürlich ferngelenkt erfolgen muß, stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Man kann selektive Fällungsmittel (für Strontium konzentrierte Salpetersäure, für Cäsium Kieselflußsäure) anwenden, man kann die starke Basizität der beiden Elemente ausnützen, oder man kann mit Ionenaustauschern arbeiten.

Einen besonderen Anreiz für die Trennung bildet das große technische Interesse an den beiden genannten Radioelementen⁷. Das Strontium eignet sich nämlich als Betastrahlen- und das Cäsium als Gammastrahlenquelle für Industrie und Medizin. Übrigens wird die nutzbar zu machende Betastrahlung des Strontiums nur zum Teil von diesem selbst, zum anderen Teil aber von seiner kurzlebigen Tochtersubstanz Yttrium 90 emittiert, die sich rasch mit dem Strontium ins Gleichgewicht setzt.

Eine weitere Quelle gefährlicher radioaktiver Substanz, gegen die der Abwasserfachmann allerdings machtlos ist, sind die Atombombenversuche. Bei diesen entstehen ebenfalls — unter anderem — Strontium und Cäsium. Seit 1953 hat man beide Radioelemente im menschlichen Körper aufgefunden, und zwar steigt die gespeicherte Menge von Jahr zu Jahr

an¹¹. Besonders das Strontium muß in diesem Zusammenhang als gefährlich betrachtet werden. Bei den Versuchen mit Wasserstoffbomben (Sprengkraft im Bereich der Megatonnen TNT) werden Spaltprodukte bis in die Stratosphäre geblasen, wo sie durch Jahrzehnte kreisen und von wo sie erst allmählich in die Troposphäre zurückkehren. Schließlich erreichen die Spaltprodukte mit dem Regen den Erdboden, werden von Pflanze und Tier und schließlich vom Menschen aufgenommen. Die Milch und andere Nahrungsmittel liefern uns zusammen mit dem Kalzium Radiostrontium, das dann in die Knochen eintritt. Besonders die Knochen der Kinder enthalten viel Strontium — derzeit 3- bis 4 mal mehr als die der Erwachsenen.

Wegen des Verweilens in der Stratosphäre muß sogar dann bis in weite Zukunft mit einer Zunahme des Strontiumgehalts der Knochen gerechnet werden, wenn die weiteren Atombombenversuche nun eingestellt werden sollten. Nach einer provisorischen Schätzung der britischen „Vereinigung der Atomwissenschaftler“ ist zu befürchten, daß durch jede Explosion von einer Megatonne TNT-Äquivalent im Durchschnitt ein zusätzlicher Fall von Knochenkrebs auf 125 000 Menschen hervorgerufen wird. Das entspricht bei einer Weltbevölkerung von 2,5 Milliarden insgesamt 20 000 Fällen.

Daß die Probleme sich im Falle eines Atomkrieges — der hoffentlich niemals eintreten wird — mit Explosionen von hunderten oder tausenden Atombomben in dichtbesiedelten Gebieten jeder Möglichkeit einer Beherrschung entziehen würden, liegt auf der Hand.

DISKUSSION

Liepolt

Es ist bereits bekannt, daß durch Akkumulation von Isotopen in Wasserpflanzen und durch die tierische Übertragung eine außerordentliche Gefahr heraufbeschoren wird. Die Versuche in dieser Hinsicht scheinen noch sehr spärlich zu sein. Man liest in Feststellungen, daß sich Algen mehr als 100 000 fach aufspeichern, ebenso, wie erwähnt wurde, Enteneier. Es wäre wohl außerordentlich wichtig, die Forschung auf diesem Gebiet zu erweitern, bzw. zu intensivieren. Könnte auch Österreich auf diesem Gebiete einiges beitragen und welcher Weg wäre nach Ihrer Meinung zunächst zu begehnen?

Broda

Leider scheint auf diesem Gebiet in Österreich noch nichts zu geschehen. Die Voraussetzungen wären freilich gut, da wir in Österreich sowohl bezüglich der

¹¹ J. L. Kulp, W. R. Eckelmann und A. R. Schulert, Science 125, 219 (1957).

Biologie als auch der Radioaktivität eine sehr schöne Tradition haben. Außerdem erfordert diese Forschungsrichtung keine besonderen finanziellen Mittel. Die Radio-Isotopen sind leicht und billig zu haben und die Messungen lassen sich mit billigen Instrumenten durchführen.

Voraussetzung ist, daß man die Versuche gut plant, daß man weiß, was man wissen will. Wie wenig man auf diesem Gebiet weiß, möchte ich noch durch einen Hinweis illustrieren. Im Jahre 1954, nachdem die große Wasserstoff-bombe im Stillen Ozean zur Explosion gebracht worden war, mußten in Japan Schiffsladungen mit radioaktiven Fischen vernichtet werden. Da haben die japanischen Behörden Techniker mit Geigerzählrohren in die Häfen geschickt, um diese Fische zu untersuchen. Nun erhob sich die Frage, bei welchem Grad der Radioaktivität die Vernichtung durchgeführt werden mußte. Da es überhaupt keine theoretische Grundlage gegeben hat, mußte man vollkommen willkürlich die Maßstäbe festsetzen. Das zeigt, wie dringend notwendig Forschung auf diesem Gebiete ist.

Liepolt:

Im Hinblick wohl auch darauf, daß demnächst ein Versuchsreaktor in Österreich aufgestellt werden soll, nicht wahr?

Broda

Man kann die Isotope zur Durchführung solcher Versuche auch kaufen. Aber natürlich wird die Frage besondere Aktualität erlangen, wenn der Versuchsreaktor aufgestellt wird. Außerdem werden wir hoffentlich in einigen Monaten die Internationale Atomenergiebehörde und mit dieser viele Ausländer hierher bekommen. Diese Fachleute werden sich dafür interessieren, was eigentlich in Österreich auf dem Gebiet der Isotopen geschieht. Es wäre daher schon vom patriotischen Standpunkt aus sehr wünschenswert, wenn wir mit etwas aufzuwarten hätten.

N. N.:

Wie verhält sich Kobalt 60?

Broda

Was Kobalt 60 betrifft, so hat es eigentlich praktisch nur als äußere Strahlenquelle Bedeutung. Kobalt 60 wird technisch und medizinisch als Ersatz für Radium verwendet, weil es eine geeignete Gammastrahlung hat. Aber es entsteht nicht als Spaltprodukt, wird infolgedessen auch nicht in die Abwässer der Reaktoren gebracht. Es besteht daher in der Praxis keine Gefahr der inneren Strahlenwirkung.

Ziegelmeyer

Die Strahlung wird doch mit Geiger-Müller-Zählrohren gemessen. Wie groß sind nun die kleinsten Intensitäten der Beta-Strahlen, die noch erfassbar sind?

Broda

Das hängt natürlich von der Einrichtung ab, aber im Laboratorium sind normalerweise 10 Stöße pro Minute noch zu erfassen. Das ist sehr wenig; ein Gramm Radium unterliegt in der Sekunde $3,7 \times 10^{10}$ Zerfällen.

Wolff

Man kann teilweise noch weniger messen, aber man kommt dann in das Gebiet der natürlichen Strahlung. Man muß daher immer wieder vorerst den

Nullpunkt feststellen. Es wäre gut, so wie in Deutschland, überall mit den Nullpunktmessungen zu beginnen, damit man weiß, wie groß die natürliche Strahlung ist. Wenn dann anderweitig etwas dazukommt, kann man eben von einer Anreicherung sprechen.

Liepolt

Was geschieht heute in Österreich zur Überwachung der Radioaktivität der Gewässer und der Luft?

Broda

Bei den Gewässern soviel wie gar nichts, soweit mir bekannt ist. An der Luft wurden nach einer sehr einfachen Methode gewisse Bruttomessungen gemacht. Das heißt, es wird bloß die Gesamtaktivität der Luft bestimmt. Diese setzt sich aus der Strahlung der natürlichen Radioelemente sowie der Spaltprodukte, die in der Luft herumschwirren, zusammen. Die radiochemische Unterscheidung der Komponenten wäre notwendig.

Liepolt

Es besteht doch in Österreich eine Atomforschungsgemeinschaft?

Broda

Es besteht eine Studiengesellschaft. Es wäre bestimmt sehr wünschenswert, wenn jemand, der auf dem Gebiet der Radioaktivität der Gewässer arbeiten will, sich mit der Studiengesellschaft ins Einvernehmen setzt.

Weis

Wäre beim künftigen Betrieb eines Versuchsreaktors und eines Energiereaktors in Österreich die Frage der unschädlichen Beseitigung der Spaltprodukte erleichtert, wenn die Regenerierung der Spaltprodukte von Reaktoren für ganz Europa in einer zentralen Anlage durchgeführt würde? Eine solche Anlage ist bekanntlich an der westlichen Meeresküste Europas geplant. Wäre es dann möglich, den Betrieb in einem Energiereaktor so durchzuführen, daß die entstandenen Spaltprodukte derart in diese zentrale Regenerierungsanlage geschafft werden könnten, ohne daß sie für unsere heimische Bevölkerung eine Gefahr bilden?

Broda

Es ist nicht daran gedacht, bei einem Versuchsreaktor in Österreich Spaltstoff zu regenerieren. In späterer Zeit, wenn die Probleme der Regeneration für einen größeren Bereich aktuell werden, wird die Zusammenlegung der Regenerationsanlage, wirtschaftlich gesehen, ein Vorteil sein. In Ländern, in denen solche Reaktoren in größerer Zahl stehen, baut man gemeinsame Hilfsanlagen für eine größere Zahl von Reaktoren.

Lindner

Ich möchte darauf hinweisen, daß wir in Gastein eine ganz natürliche Radioaktivität haben; freilich hat sie sicherlich in vieler Hinsicht eine etwas andere Wirkung als die künstliche, weil sich die Uranerzlager in sehr großer Tiefe, vielleicht mehrere Tausend Meter unter der Erdoberfläche befinden, so daß nur in Wasser gelöste Emanation zutage tritt, die dann auch in die Luft übergeht, besonders stark im Rathausbergstollen (Böcksteiner Heilstollen). Die Emanation geht als Edelgas im Körper keine chemische Verbindung ein, sie ist allerdings besonders lipoidlöslich, wird also trotzdem in lipoidhaltigen

Organen gespeichert. Man könnte nun im Gasteiner Tal feststellen, ob durch die dort seit jeher vorhandene größere Radioaktivität Schäden bei der ortsansässigen Bevölkerung aufgetreten sind. Bis jetzt ist nichts über eine höhere Rate an Mißbildungen oder dgl. bekannt. Absolut unschädlich ist die Gasteiner Radioaktivität sicher nicht, da nach Gasteiner Kuren in wenigen Fällen das Auftreten rasch wachsender Karzinome nach vorher beobachteten Präkanzerosen beschrieben wurde; also sind negative physiologische Wirkungen doch schon beobachtet. Nun müßten aber auch die Normalwerte der Radioaktivität im Gasteiner Tal festgestellt werden, u. zw. an vielen Stellen, nicht nur im Heilstollen. Es sagt nämlich gar nichts, wenn in der Zeitung steht, nach einem Atombombenversuch wäre irgendwo eine vierfach höhere Radioaktivität der Luft als normal gemessen worden. Vielleicht ist sie in Gastein stets so hoch, ohne daß nennenswerte Schäden aufgetreten sind. Ich weiß nicht, ob darüber schon systematische Beobachtungsreihen vorliegen. Sollte in Gastein wirklich eine gegenüber den Normalwerten signifikant höhere Radioaktivität der Luft an seit langer Zeit ständig bewohnten Stellen nachzuweisen sein, wäre dadurch ein Maß einer für den Menschen auf die Dauer noch erträglichen Radioaktivität gegeben, freilich mit der Einschränkung, daß diese hier nur auf Emanation beruht.

Broda

In Gastein gibt es ein Forschungsinstitut unter Leitung von Herrn Prof. Scheminzy und es liegt schon eine Anzahl von Untersuchungen vor. Es ist übrigens nicht allgemein bekannt, daß die ersten Untersuchungen der Radioaktivität des Gasteiner Wassers von Pierre Curie angestellt wurden. Aber einwandfreie wissenschaftliche Untersuchungen über die biologischen Auswirkungen natürlicher radioaktiver Gewässer auf Menschen oder höhere Tiere existieren meines Wissens noch nicht. Größter Wert muß auf strenge Kontrollversuche gelegt werden.

Nemecek

Als Standort für den österreichischen Forschungsreaktor wurde u. a. das Steinfeld genannt. Bedenkt man dabei auch, daß der Grundwasserstrom hier so groß ist, daß er einer späteren größeren Nutzung vorbehalten werden muß?

Liepolt

Auf die geplante Wasserversorgung aus diesem Grundwasserstrom muß bei der Standortwahl unbedingt Rücksicht genommen werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1957

Band/Volume: [1957](#)

Autor(en)/Author(s): Broda Engelbert

Artikel/Article: [Radioaktive Stoffe im Wasser und Abwasser 158-168](#)