Zeitschrift: Das Schweizerische Rote Kreuz
Herausgeber: Schweizerisches Rotes Kreuz
Band: 71 (1962)
Heft: 1

Artikel: Strahlengefährdung des Menschen
Autor: Fritz-Niggli, Hedi
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-547701

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

STRAHLENGEFÄHRDUNG DES MENSCHEN

Von Prof. Dr. Hedi Fritz-Niggli

In den letzten Jahren ist die Erkenntnis Allgemeingut geworden, dass die Ausnützung der Energie des Atomkerns mit gewissen lebensbedrohenden Gefahren verbunden ist. Gefährliche energiereiche Strahlen und strahlende Stoffe entstehen. Der Gefahrenkreis umschliesst nicht nur die kleine Zahl jener, die beruflich mit der Energie des Atomkerns zu tun haben, sondern unfreiwillig uns alle. Eine versuchsweise Anwendung der Atomwaffen, dieser potenzierten Vernichtungswaffen, zerstreut ja, selbst unter Berücksichtigung aller Kautelen, radioaktive Substanzen in die entferntesten Teile der Erde. Diese für uns nicht sichtbare und dadurch um so unheimlichere radioaktive Verseuchung, besonders im Gefolge der letzten massiven russischen Atombombenversuche, beschäftigt die Gedanken aller. Gerüchte, Zukunftsvisionen entstehen, und der Neugierige hat einige Mühe, sich zurechtzufinden.

Es sei daher über den jetzigen Stand des Wissens berichtet, über die heutige Meinung darüber, welche Gefahren dem Menschen durch die Einwirkung sehr kleiner und grösserer Strahlenmengen drohen, ob es eine untere Grenze der Gefährlichkeit gibt, also erträgliche, ungefährliche Strahlendosen, und wie gross die heutige radioaktive Verseuchung ist. Unser Wissen hat sich wesentlich vermehrt. Leistungsfähigere und genauere Instrumente sind geschaffen worden, um den Strahlenpegel der Umgebung zu messen. Die intensiv betriebene strahlenbiologische Forschung liefert neue Erkenntnisse. Die eingehende Untersuchung der Ueberlebenden von Nagasaki und Hiroshima samt ihren Nachkommen, die Verfolgung der übrigens wenigen Unglücksfälle in Atomreaktoren geben ein Bild von den Früh- und Spätschädigungen, unter denen ein übermässig bestrahlter Mensch zu leiden hat.

Ionisierende Strahlen, radioaktive Isotope und Dosiseinheiten

Unter dem Begriff ionisierende Strahlen sind Strahlen zusammengefasst, denen allen die Fähigkeit eigen ist, Ionisationen auszulösen. Es sind dies einerseits *Röntgen-* und *Gammastrahlen* als Wellen-(Photonen)-Strahlen und anderseits *Protonen-*, *Alpha-* und *Betastrahlen* als Korpuskularstrahlen, während Neutronen indirekt ionisieren.

Als Dosiseinheit der ionisierenden Strahlung dient das *rad*, wobei 1 rad der Energiemenge von 100 erg/g entspricht. Um die biologisch unterschiedliche Wirksamkeit verschiedener Strahlenarten einzubeziehen, verwendet man die Dosiseinheit *rem*, die dem rad, multipliziert mit dem Faktor der biologischen Wirksamkeit, entspricht.

Die radioaktiven Isotope senden bei ihrem Zerfall Alpha-, Beta- und Gammastrahlen aus, deren Menge in der Dosiseinheit rad bestimmt werden kann. Die Gesamtaktivität des radioaktiven Isotops bzw. der radioaktiven Kernart (Radionuklid) wird in *Curie* gemessen. Dabei entspricht 1 Curie (c) derjenigen Menge einer radioaktiven Kernart, deren Aktivität $3{,}700 \cdot 10^{10}$ Zerfallsakte = 37 Milliarden pro Sekunde beträgt. Im Millicurie (mc) ereignen sich 37 Millionen Zerfallsakte, im Mikrocurie 37 000 und im *Pikocurie* (pc) = 1 billionstel Curie 0,037 Zerfallsakte pro Sekunde.

Die *Lebensdauer* der verschiedenen Radionuklide ist ganz unterschiedlich. So dauert es beispielsweise gegen 28 Jahre, bis 50 Prozent der Kerne von Strontium 90 zerfallen sind, während dies bei Jod 131 bereits nach acht Tagen der Fall ist. Die Zeit, in der die Zahl der ursprünglich vorhandenen radioaktiven Substanz auf die Hälfte abnimmt, wird *physikalische Halbwertzeit* genannt. Wenn nach 28 Jahren 50 Prozent von Strontium zerfallen sind, wird nach weiteren 28 Jahren von diesen 50 Prozent wiederum die Hälfte = 25 Prozent zerfallen sein, nach einer weiteren Halbwertzeit, in total 84 Jahren, wiederum die Hälfte = 12,5 Prozent usw. Kurzlebige Spaltprodukte wiegen nach einer Atombombenexplosion im radioaktiven Niederschlag vor, während verständlicherweise nach Jahren nur noch die langlebigen wichtig sind.

	Physikalische Halbwertzeit		%-Anteil zur Gesamtaktivität des Fallout nach		
			1 Tag	1 Mon.	1 Jahr
Strontium 90	27,4	Jahre	—	—	1,8
Strontium 91	9,6	Stunden	6,7	—	—
Zirkon 95	63	Tage	—	8,2	7,3
Niobium 97	73	Minuten	9,6	—	—
Jod 131	8,05	Tage	—	3,7	—
Caesium 137	30	Jahre	—	—	1,5
Cerium 144	285	Tage	—	2,0	26,5

Strahlenschäden

Die Strahlen können auf den Menschen von aussen einwirken (als äussere, *externe* Bestrahlung) durch Strahlen von Apparaturen oder Radionukliden, oder von innen, als innere, *interne* Bestrahlung durch inkorporierte radioaktive Isotope. Streng muss ferner zwischen den Folgen einer *totalen Bestrahlung*, die auf den ganzen Körper einwirkt, und einer *lokalen* Bestrahlung unterschieden werden, die nur bestimmte Körperregionen betrifft. Eine

Totalbestrahlung mit 400 rad vermag den Menschen zu töten, während die gleichen 400 rad, lokal auf eine bestimmte Stelle begrenzt, nicht einmal eine Hautrötung verursachen und das Allgemeinbefinden überhaupt nicht beeinträchtigen. Ferner spielt es für bestimmte Strahlenschäden eine enorme Rolle, ob die Strahlen in kurzer oder in längerer Zeit verteilt werden. Dieser *Erholungsfaktor* tritt aber nicht bei allen Strahlenschäden in Erscheinung. Bei einigen und gerade den besonders wichtigen Schäden summieren sich die Strahlenwirkungen.

Man unterscheidet *somatische Strahlenschäden,* die nur das Gewebe und die Zellen des Körpers angehen, also nicht auf die Nachkommen übertragen werden und zum Teil reversibel sind, und *genetische, irreversible Strahlenschäden,* die Erbfaktoren ändern und auf die kommenden Generationen übertragen werden können.

Somatische Schäden

Die somatischen Schäden lassen sich wiederum einteilen in akute Strahlenschäden, wie die Strahlenkrankheit des Menschen, Spätschäden und Schäden des Embryo, Fötus (Fruchtschäden) und des Kindes.

Ein Mensch kann einer einmaligen, grösseren Strahlenmenge oder einer chronischen Bestrahlung mit kleinen Dosen ausgesetzt sein. Das erstere wird nur ausnahmsweise, in Unglücksfällen, eintreten. (Die andere, schreckliche Möglichkeit, den Atomkrieg, wagen wir nicht zu erwähnen.) Die chronische Bestrahlung hingegen wird überall dort Wirklichkeit, wo durch unsere oder andere Nachlässigkeit und durch die weltweite radioaktive Verseuchung ständig kleinere Strahlenmengen zu uns gelangen.

Eine grössere, konzentrierte Totalbestrahlung macht sich frühzeitig, in sogenannten Frühsymptomen, bemerkbar. Uebelkeit, Erbrechen, Durchfall usw. stellen sich ein, die nach einer ruhigeren Periode wieder verstärkt auftreten und unter Umständen mit dem Tod enden. Mit 500 rad ist gemäss dem neuen, Ende 1960 erschienenen zweiten Bericht des Medical Research Council von England die Dosis erreicht, die bei 50 Prozent der Menschen zum Tode führt. Die Erfahrungen der Atomreaktorunfälle haben gelehrt, dass eine Totalbestrahlung von 200 rem zunächst vom Menschen kaum bemerkt wird. Frühsymptome sind selten, hingegen kann die Bestrahlung durch sogenannte Spätschäden manifest werden. Späteffekte der energiereichen Strahlen sind frühzeitiges Altern, damit vorzeitiger Tod, und Entstehung von Leukämie und andern bösartigen Geschwülsten. Andere pathologische Veränderungen wollen wir in diesem Bericht vernachlässigen, weil sie das Leben nicht unmittelbar bedrohen. Wichtig für uns ist die Frage, ob bereits kleine Strahlenmengen, die beispielsweise durch die radioaktive Verseuchung auf uns eindringen, zu diesen bedeutsamen Spätschäden führen. Der vorzeitige Tod ist viel diskutiert worden; es wurden Strahlenmengen berechnet, die den Lebensfaden um einen Tag verkürzen sollten, und statistische Untersuchungen deuteten auf eine Herabsetzung der Lebenserwartung von Radiologen. Eine neue, eingehende Analyse der Sterblichkeit unter englischen Radiologen konnte diese Vermutung nicht mehr bestätigen. Die Radiologen sterben nicht früher als die Aerzte, die nicht mit energiereichen Strahlen in Berührung kommen.

In Tierversuchen lassen sich nun die Strahlenmengen bestimmen, die eindeutig das Leben verkürzen. Für Mäuse gilt, dass sie nach einer chronischen Bestrahlung mit 5 rad in der Woche und darunter genau so lang leben wie unbestrahlte Tiere, selbst wenn diese Bestrahlung über Monate verabreicht wird und einige 100 rem akkumuliert werden. Uebersteigt die Strahlenmenge aber diese Toleranzdosis, dann ist die Lebenserwartung herabgesetzt. Konzentrierte Bestrahlung ist weit gefährlicher als die chronische, wobei die Gefährdung in direkter Abhängigkeit von der Höhe der Dosis steht. Interessanterweise haben nun Strahlenbiologen festgestellt, dass dieser strahlenbedingte vorzeitige Tod durch ein frühzeitiges Altern hervorgerufen wird. So wurden unter anderm während Monaten 16 000 Mäuse untersucht, die von den energiereichen Strahlen einer Atombombenexplosion getroffen worden waren. Gleichsam eines natürlichen Todes starben mit kleinen Dosen bestrahlte Tiere. Dieses merkwürdige frühzeitige Altern ist heute Gegenstand intensiver Forschung.

Ein bedeutsamer Späteffekt der Strahlung ist die Leukämie. Zwischen der Bestrahlung und dem Auftreten der bösartigen Wucherungen der Blutbildungsstätten verstreicht oft eine relativ kurze Zeit. Für grössere Strahlenmengen kann einwandfrei eine leukämiefördernde Wirkung festgestellt werden. So erkranken die Ueberlebenden von Hiroshima und Nagasaki häufiger an diesem bösartigen Leiden, wobei die Grösse der empfangenen Strahlendosis eine entscheidende Rolle spielt. Mit zunehmender Distanz vom Zentrum der Atombombenexplosion vermindern sich die Leukämiefälle, welche bei den Ueberlebenden, die sich zur Zeit der Explosion in unmittelbarer Nähe befanden, das Hundertfache der Norm betragen.

Ueber die kleinste Dosis, die noch für das Entstehen der Leukämie verantwortlich gemacht werden kann, äussert sich das englische Forschungsteam in seinem bereits erwähnten neuen Bericht nicht mehr so eindeutig wie früher. Nirgends lassen sich nämlich überzeugend Zusammenhänge dieser Krankheit mit kleineren Strahlenmengen nachweisen, und die Berechnung der Leukämie-Todesfälle im Gefolge der heutigen radioaktiven Verseuchung ist vorläufig eine Gedankenspielerei. In jüngster Zeit hat allerdings eine recht sorgfältige englische Arbeit Aufsehen erregt: Sie sagt nichts anderes aus,

als dass selbst die diagnostische Untersuchung einer schwangeren Mutter mit ihren relativ kleinen Strahlenmengen dem Kind im Mutterleib das unauslöschliche Siegel einer erhöhten Gefährdung für Leukämie aufbrenne. Das Zahlenmaterial, mit dem die Forscher operierten, war aber sehr klein, und eine erneute Ueberprüfung von 40 000 Müttern, ihren Röntgenuntersuchungen und den Leukämiefällen unter ihren Kindern konnte diese gefährliche Beziehung zwischen diagnostischen Strahlen und Leukämie nicht bestätigen.

Unzweifelhaft sind aber die Kinder strahlenempfindlicher als die Erwachsenen, und ihre Anfälligkeit für Krebs kann durch die therapeutische Bestrahlung harmloser Defekte deutlich erhöht werden. Und das Kind im Mutterleib ist einer andern, schwerwiegenden Gefahr ausgesetzt, nämlich durch kleine Strahlenmengen missbildet zu werden. Besonders gefährlich ist die Periode der Organogenese, die beim Menschen etwa mit der sechsten Schwangerschaftswoche abgeschlossen ist und in der nach Tierexperimenten bereits die minimale Dosis von 12,5 rad schädigen könnte.

Genetische Schäden

Ionisierende Strahlen sind das bequemste Mittel für den Forscher, um die stabile Erbmasse zum Aendern, zur Mutation zu bringen. Diese nützliche Eigenschaft verkehrt sich mit dem Atomzeitalter in ihr Gegenteil. Denn die allermeisten Mutationen sind für die Nachkommen schädlich, und sie werden durch *kleinste Strahlenmengen* ausgelöst, die aber *direkt die Keimzellen treffen müssen.* Ein Schwellenwert scheint nicht zu existieren.

Höchstzulässige Dosen und Aktivitätsmengen

Für die genetische Schädigung gibt es mit grösster Sicherheit keine Schwellendosis. Kleinste Strahlenmengen lösen bereits eine Mutation, eine Aenderung der Erbfaktoren aus, und da diese Aenderungen zum allergrössten Teil nachteilig sind, kann auch keine harmlose Toleranzdosis errechnet, sondern lediglich eine maximal zulässige Dosis (MZD) geschätzt werden, die der Menschheit nicht zum Nachteil gereicht. Die Internationale Kommission für Strahlenschutz hat in ihre Empfehlungen aus dem Jahr 1958 und 1959 ganz besonders die genetische Gefährdung einbezogen und früher empfohlene zulässige Dosen zum Teil drastisch reduziert. Konsequent unterscheidet sie eine MZD für Menschen, die beruflich mit Strahlen beschäftigt sind, und eine für die gesamte Bevölkerung, wobei die MZD für die beruflich Beschäftigten viel höher liegt als für die Gesamtbevölkerung. Dies heisst nun nicht, dass die Gesamtbevölkerung als wertvoller angeschaut wird, sondern: Die MZD für die beruflich Strahlenexponierten ist erstens so festgelegt, dass sie dem Einzelnen nicht zum gesundheitlichen Nachteil gereicht, und dass zweitens die genetische Schädigung dieser kleinen Bevölkerungsgruppe der beruflich Strahlenexponierten zahlenmässig für die Gesamtheit der Menschen nicht ins Gewicht fällt.

Höchstzulässige Gonadendosen (MZD)

Berufliche Belastung

3 rem*	in 13 Wochen (für Alter über 18 Jahre) solange Formel D = (N-18) · 5 rem nicht erreicht ist (D = Dosis, N = Alter)
235 rem	«Ganzkörperbestrahlung» für Periode 18 bis 65 Jahre
60 rem	auf Gonaden bis 30 Jahre

Empfohlen: 0,1 rem (100 Millirem) pro Woche
5 rem im Jahr

Gesamtbevölkerung

In 30 Jahren nicht mehr als	5 rem
plus medizinische Belastung	1 rem
	6 rem

6 rem = zweimal natürliche Belastung
(30 Jahre 3 rem)

Die wesentlich geringere maximal zulässige Dosis für die gesamte Bevölkerung wurde durch genetische Kriterien bestimmt! Als Masstab gilt die natürliche Strahlenbelastung des Menschen, deren Doppeltes nicht überschritten werden darf. Natürlicherweise sind wir stets Strahlungen ausgesetzt (Strahlungen der Erde, kosmische Strahlen, Radon im Körper und in der Luft, Radium, Kalium 40 und Kohlenstoff 14 im Körper), die pro Jahr durchschnittlich 0,1 rad und für die Periode von 30 Jahren (d. h. eine Generationsdauer) etwa 3 rad betragen.

Durchschnittliche Gonadendosis in millirad für ein Gebiet mit mittlerer Bodenaktivität (nach Zahlen zum Teil von *Spiers*, 1956, aus England):

Aeussere Bestrahlung	Kosmische Strahlung (Meereshöhe)	28	Total 72
	Lokale Gammastrahlung	43	
	Radon in Luft	1	
Innere Bestrahlung	Kalium 40	21	Total 26
	Radium (Knochen)	2	
	Kohlenstoff 14	1	
	Radon und Zerfallsprodukte	2	
	Total	98	

* rem = rad multipliziert mit dem Faktor der relativen biologischen Wirksamkeit. Für Röntgen- und Gammastrahlen rem = rad.

Natürliche Strahlenbelastung in der Schweiz pro Jahr (nach Zahlen aus *Zuppinger*, 1961):

Umgebungsbestrahlung	Millirad
Jura	20— 60
Mittelland	50—110
Alpen	120—240
Kosmische Strahlen	
Mittelland 450 m ü. M.	45
Alpen 1500 m ü. M.	66
Eigenstrahlung	26
Total	
Jura	90—130
Mittelland	120—180
Alpen	205—305

Diese natürliche Strahlungsbelastung variiert übrigens stark mit den geographischen und mineralogischen Verhältnissen. Da die gesamte Bevölkerung einer zusätzlichen und nicht zu umgehenden Belastung durch die medizinische Strahlenanwendung ausgesetzt ist, wurde als MZD auf die Gonaden für 30 Jahre 5 rad zuzüglich der medizinischen Belastung von 1 rad gewählt.

Diese Berechnungen dienen als Grundlage für die maximal zulässigen Aktivitätsmengen von Radionukliden, wobei wieder streng zwischen beruflich strahlenexponierten, kleinen Bevölkerungsgruppen und der Gesamtbevölkerung unterschieden wird. Da jedes Radionuklid etwas Besonderes darstellt, variiert auch seine Gefährlichkeit für den Menschen, und für die einzelnen radioaktiven Isotope müssen einzelne maximal zulässige Mengen bestimmt werden. Bekanntlich verhalten sich die radioaktiven Isotope chemisch wie die entsprechenden stabilen Isotope. Der menschliche Körper, die Pflanze und das Tier inkorporieren die strahlenden Substanzen, wobei ihre Gefährlichkeit von folgenden Faktoren abhängt: Art und Energie der Strahlung, physikalische Lebensdauer, Aufnahme in den Körper und Verweildauer (biologische Lebensdauer), Art der chemischen Verbindung und Ort der Aufnahme (strahlenempfindliches Organ oder nicht). Strontium 90, ein relativ häufiges Spaltprodukt von Kernwaffenexplosionen, ist gefährlich durch seine lange physikalische und biologische Lebensdauer und seine Eigenart, sich im Knochen anzureichern und damit das empfindliche Knochenmark zu bestrahlen. Die maximal zulässige Konzentration (MZK) für beruflich Strahlenexponierte beträgt 100 Pikocurie pro m³ Luft, während die zulässige Dosis für das kurzlebige Jod 131, das sich in der Schilddrüse speichert, 3000 Pikocurie pro m³ beträgt. Für kleinere Bevölkerungsgruppen, die sich z. B. in unmittelbarer Nähe von Atomreaktoren befinden, erniedrigt sich die MZK auf ein Zehntel und für die gesamte Bevölkerung auf ein Dreissigstel. Die maximal zulässige Konzentration für jeden Einzelnen der Gesamtbevölkerung wäre demnach für Strontium 90 etwa 3 Pikocurie pro m³ Luft.

Wird aber nun die Gesamtaktivität oder die Bestrahlung der Luft gemessen, ohne eine Differenzierung in einzelne Bestandteile, müssen Mittelwerte gewählt werden. Für ein unbekanntes radioaktives Gemisch (ohne Alphastrahler und langlebige Betastrahler) ist beispielsweise die maximal zulässige Konzentration für beruflich Strahlenexponierte 1000 Pikocurie pro m³ und für die Gesamtbevölkerung etwa 30 Pikocurie pro m³.

Für ein nicht analysiertes Gemisch von Radionukliden in Wasser ist die MZK (berufliche Belastung) 0,1 Pikocurie pro cm³.

Nachstehend sind einige Werte für wichtige Spaltprodukte angegeben:

Radionuklid	Strahlg.	Kritisches Organ	Höchstzulässige Menge in μc	MZK Luft Pikocurie/m³	MZK Wasser Pikocurie/cm³
Natrium 24	β, γ	ganzer Körper	7	600 000	4 000
Strontium 90	β	Knochen	2	100	1
		ganzer Körper	20	300	4
Jod 131	β, γ	Schilddrüse	0,7	3 000	20
		ganzer Körper	50	300 000	2 000
Caesium 137	β, γ	ganzer Körper	30	20 000	200

Zusätzliche Strahlenbelastung des Menschen durch weltweite Verseuchung

Zunächst muss festgestellt werden, dass der heutige Mensch auch ohne Explosion von Atomwaffen einer zusätzlichen Strahlenbelastung ausgesetzt ist, nämlich durch medizinische Anwendung von ionisierenden Strahlen, Leuchtzifferblätter, Television usw.

Gonaden-Dosen, zusätzliche Belastung für England (nach Second Report to the Medical Research Council 1960) und Schweiz

Strahlenquellen	Millirad/Jahr
Natürlicher Background	
England	85—106
Schweiz	90—305
Medizinische Radiologie (1957)	
England	19
Schweiz	22,3
Gemischte Quellen (Television, Armbanduhren)	
England	~ 1
Schweiz	~ 5

Weltweite Verseuchung (England)

Maximaler Wert für mittlere Dosisrate (von Nuklearexplosionen, die bis November 1958 explodiert sind)	1,2
Dosisrate im Juli 1959	6
Durchschnittswert (1955—1959) .	2,4

Diese Belastung beträgt zusätzlich rund 20—30 % der natürlichen Belastung.

Zur Schätzung der augenblicklich bestehenden Gefährdung durch die weltweite Verseuchung ziehen wir mit Vorteil Berechnungen heran, die in den letzten Jahren nach den früher erfolgten Explosionen von Kernwaffen angestellt wurden. Die heutige Aktivitätserhöhung dürfte vorläufig nämlich im Rahmen der Maximalwerte des Jahres 1959 liegen. (Für die Schweiz wurden Betaaktivitäten der Luft gemessen im Betrage von 5—10 Pikocurie pro m^3 [wesentlich unter der maximal zulässigen Dosis], während die Aktivität des Regenwassers Werte zwischen 0,1—0,2 Pikocurie pro cm^3 erreichte, in den Flusswassern aber keine Aktivitätserhöhung festgestellt wurde.)

Die Totalbelastung durch die weltweite Verseuchung mit Spaltungsprodukten explodierter Atomwaffen betrug im Maximum (Juli 1959) bis 6 millirad, 1955—1959 durchschnittlich 2,4 millirad pro Jahr, um 1960 dank dem Aufhören der Atomwaffenversuche auf 1,2 millirad abzusinken. Die russischen Atombombentests halten sich etwa in der Grössenordnung der 1957 und 1958 durchgeführten Explosionen, so dass wir für die weltweite Verseuchung mit ähnlichen Zahlen zu rechnen hätten. Interessant ist eine englische Berechnung für den Fall, dass die Testexplosionen, die 1958 gestoppt wurden, im selben Umfang fortgesetzt worden wären. Die Knochenmarkdosis würde dann im Mittel etwa 21 millirad, die Gonadendosis 14 millirad und die Dosis für neugebildete Knochen etwa 34 millirad betragen.

Die genetische Schädigung durch diese zusätzliche Belastung würde folgende Ausmasse annehmen: Als Masstab sei die natürliche Mutationsrate gewählt. Natürlicherweise ereignen sich in unseren Keimzellen ständig Mutationen, und es ist wahrscheinlich, dass jede dritte Keimzelle eine neue Mutation irgendeines Erbfaktors trägt. Die Mehrzahl dieser Mutationen entsteht durch eine für uns noch unbekannte Ursache, während etwa 7 % durch die natürliche Strahlenbelastung ausgelöst wird. 14 millirad macht etwa 10—15 % der natürlichen Belastung aus, so dass die Mutationsrate um etwa 1 % erhöht würde. Somatische Schäden dürften sich keine einstellen, ausgenommen vielleicht Leukämie. Dort würde die Wahrscheinlichkeit, an Leukämie zu erkranken, etwa um ½ % erhöht.

Prophylaxe und Therapie des Strahlenschadens

Es bestehen viele *physikalische Schutzmöglichkeiten* vor Strahlen und Strahlennukliden. Schutz bedeutet Distanz, Zwischenschalten von absorbierenden Schichten, Aufenthalt im Keller, Fernhalten der Radionuklide, die wie giftige Krankheitskeime zu behandeln sind. Durch Zufuhr von chemisch gleichen oder stoffwechselgleichen Substanzen lässt sich die Inkorporation von Radionukliden herabsetzen. So vermindern Kalziumverabreichungen an Kinder die Aufnahme von Strontium im Körper. Ebenso können durch verschiedene Mittel bereits inkorporierte strahlende Stoffe ausgeschwemmt, dekorporiert werden, und neuerdings wurde die Anregung gemacht, den Stoffwechsel des Knochengewebes durch Hormone anzuregen und damit bereits eingelagertes Strontium auszutreiben.

Bedeutsam ist die Entdeckung der Strahlenbiologen, dass der Strahlentod der Säugetiere drastisch durch eine entsprechende Vorbehandlung vermieden werden kann. Es existiert ein *chemischer Strahlenschutz.* Injiziert man beispielsweise Mäusen kurz vor einer Totalbestrahlung mit 800 rad die chemische Substanz Cysteinamin, dann bleiben alle Tiere am Leben, die ohne Behandlung zu 100 Prozent gestorben wären. Hochwirksame Strahlenschutzstoffe sind ferner ein Cysteaminderivat (AET) und Serotonin, während viele andere Substanzen eine mässig schützende Wirkung aufweisen, so Nitrile, Cyanide, Amine, Zucker, Glyzerin usw. Allen chemischen Schutzstoffen gemeinsam ist ihre kurze Wirkungszeit, d. h. sie müssen kurz vor Bestrahlung appliziert werden (meist 1 Stunde bis 5 Minuten vor Bestrahlung).

Die Erfahrungen von Japan, aus den Strahlenunfällen in Forschungsinstituten und den durch radioaktiven Niederschlag geschädigten Bewohnern der Marshall-Inseln usw. bilden die Grundlagen zum Ausbau einer wirksamen Therapie. In günstigen Fällen kann bei sinnvollem Einsatz ein Mensch *selbst nach einer Bestrahlung mit 500 rad am Leben erhalten* werden. Ein ganzes Spektrum von Behandlungsmöglichkeiten steht zur Verfügung, die qualifizierter Fachleute bedürfen. Völlige *Ruhigstellung* des Patienten ohne therapeutische Hast mit bester Pflege und ärztlicher Kontrolle sind zunächst die besten Massnahmen. Nach bestem Können der konventionellen Therapie werden die *Symptome bekämpft,* indem beispielsweise die durch die Bestrahlung vernichteten Blutelemente mit *Bluttransfusionen* ersetzt werden. Bluttransfusionen und sogar Knochenmarktransplantationen sollen die Zeit bis zur Regeneration des blutbildenden Gewebes überbrücken. Da die Infektionsbereitschaft allgemein erhöht und lokal durch die schweren Schädigungen des Magen-Darm-Traktes verschärft ist, werden Antibiotika eingesetzt. Ebenfalls muss der Wasserverlust wettgemacht werden.