Zeitschrift: Wechselwirkung : Technik Naturwissenschaft Gesellschaft
Herausgeber: Wechselwirkung
Band: 8 (1986)
Heft: 30

Artikel: Versuch einer Bilanz : die Wolke von Tschernobyl
Autor: Helmers, Heinz
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-652932

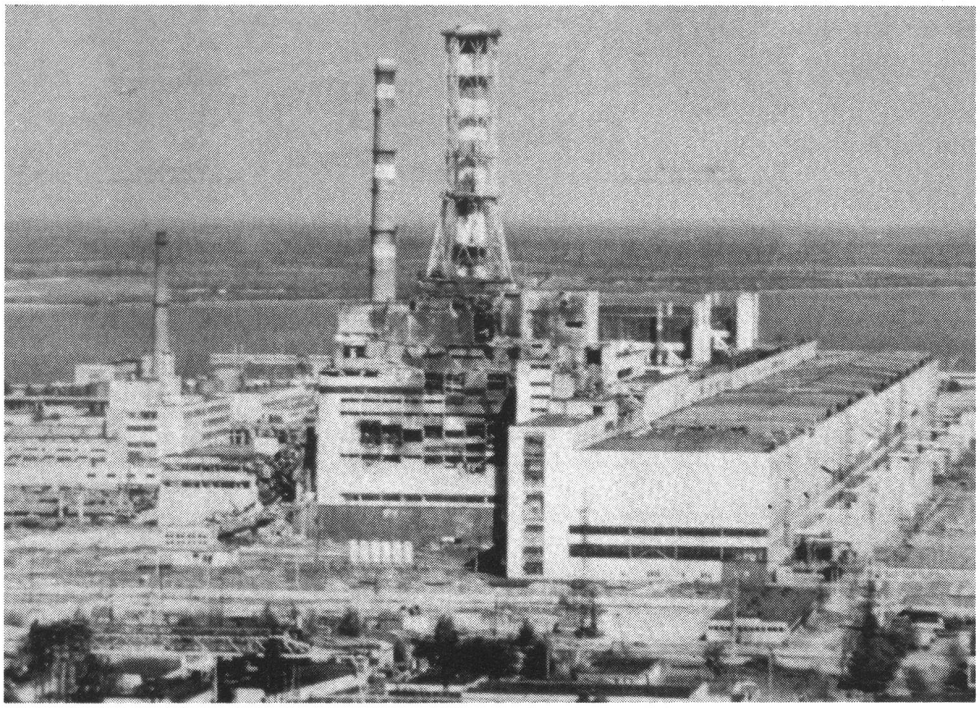
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. 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: 13.07.2025

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



Versuch einer Bilanz

Die Wolke von Tschernobyl

Im folgenden Artikel unternimmt Heinz Helmers, Kernphysiker an der Universität Oldenburg, den sicherlich schwierigen Versuch, die radioaktive Belastung in der BRD nach dem Unfall von Tschernobyl zu bilanzieren und gesundheitliche Auswirkungen einzuschätzen.
Durch den Vergleich der momentanen Belastung mit der aus den oberirdischen Atombombenversuchen in den 50er und 60er Jahren wird der Leser in die Lage versetzt, sich selbst ein Bild zu machen und eigene Abschätzungen vorzunehmen, sofern lokale Meßwerte zur Verfügung stehen.
Auch wer den ganzen „Becquerel-Salat" nicht mehr lesen kann, sollte bedenken, daß sich aus dem Unfall nur bei genauer Analyse der aktuellen Zahlen Langzeitwirkungen abschätzen und Konsequenzen ziehen lassen.

von Heinz Helmers

Drei Monate nach Tschernobyl stehen in der Bundesrepublik eine Vielzahl von Daten über die radioaktive Belastung von Böden und Lebensmitteln zur Verfügung. In den seltensten Fällen handelt es sich dabei um „offizielles" Material; es sind eher Pannen, wenn aus Bundes-, Länder- und Kommunalbehörden Informationen durchsickern. Die meisten der öffentlich bekannten Daten stammen von unabhängigen, mehr oder weniger privat organisierten Meßstellen und von einigen wenigen Universitätseinrichtungen, denen bis heute kein Maulkorb umgehängt wurde.

Was kann man mit all diesen Becquerel-Daten anfangen? Allzuoft handelt es sich um Stichprobenmessungen, in die nur schwer eine halbwegs vernünftige Systematik zu bringen ist. Und sollte dies dennoch gelingen, welche Schlußfolgerungen sind dann daraus zu ziehen? Wie hoch ist die resultierende Strahlenbelastung der Bevölkerung in diesem und in den nächsten Jahren? Und vor allem, wie groß ist unser aller Risiko, als Folge dieser Strahlenbelastung z.B. an Krebs zu erkranken?

Eine Vielzahl von Fragen, die auch hier nicht alle umfassend beantwortet werden können. Dazu ist der Zahlensalat zu groß und die Einschätzungen sind, auch unter den sogenannten kritischen Wissenschaftlern, zu unterschiedlich.

Hierzu ist ein Vergleich der momentanen Belastung durch Tschernobyl mit der durch oberirdische Atombombenversuche Ende der 50er, Anfang der 60er Jahre sinnvoll. Denn aus der damaligen Zeit liegen, im Gegensatz zu heute, z.B. Werte über den Strontium-90-Eintrag in die Böden und über die daraus resultierende Lebensmittelbelastungen vor. Kennt man demnach den heutigen Eintrag an Sr-90 – und wir werden sehen, daß wir ihn aus dem oftmals bekannten Cäsium-Eintrag abschätzen können – so kann man mit Hilfe der damaligen Daten auf die momentane Lebensmittelbelastung mit Sr-90 schließen.

Radioaktivitätseintrag durch die Tschernobyl-Wolke ...

Die radioaktive Wolke aus dem sowjetischen Unglücksreaktor bei Tschernobyl, die Ende April/Anfang Mai von Süd nach Nord über die Bundesrepublik zog, hat zu einer massiven radioaktiven Verseuchung geführt. Radioaktive Spalt- und Aktivierungsprodukte haben sich durch den sogenannten „Fallout" (direkte Ablagerung aus der Luft) und „Washout" (Ablagerung aus der Luft über den Regen) in Gewässern, auf Böden, Menschen, Tieren und allen anderen im Freien befindlichen Gegenständen niedergeschlagen. In einer Palette von ca. 15–20 Nukliden waren Anfang Mai jeweils mengenmäßig am stärksten vertreten: Tellur-132 und Tochterprodukt Jod-132, Jod-131, Ruthenium-106 und Tochter Rhodium-106, Ruthenium-103, Cäsium-137, Cäsium-134, Barium-140 und Tochter Lanthan-140 sowie Molybdän-99 und Tochter Technetium-99(m).

Vergleicht man die Aktivitätsverhältnisse dieser Isotope Anfang Mai untereinander für verschiedene Gebiete der Bundesrepublik, so stellt man beispielsweise für Regenproben der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF) in Neuherberg bei München und Luftfilterproben des Fachbereichs Physik der Universität Oldenburg recht gute Übereinstimmung fest. Lediglich bei den Ruthenium-Isotopen ergeben sich deutliche Abweichungen. Dies liegt daran, daß in der Reaktorschmelze mindestens die Schmelztemperatur von Ruthenium erreicht wurde (ca. 2500 °C). Ein Teil des Ruthe-niums ist daher in Form kleiner Metallkügelchen von ca. 1 μm Durchmesser mit der Wolke fortgetragen worden[1]. Meßergebnisse für dieses Isotop hängen somit ganz wesentlich davon ab, ob in den Proben eine oder mehrere solcher hochaktiven Kügelchen enthalten waren oder nicht.

Für die Strahlenbelastung des Menschen spielen aus der genannten Liste neben dem relativ kurzlebigen Jod-131 (Halbwertszeit (HWZ) 8,04 Tage) langfristig besonders die Cäsium-Isotope 134 (HWZ 2,06 Jahre) und 137 (HWZ 30,1 Jahre) eine herausragende Rolle. Aus allen uns vorliegenden Meßdaten (GSF, Hahn-Meitner-Institut Berlin (HMI), Universität Bremen, Universität Oldenburg u.a.) läßt sich ablesen, daß diese beiden Isotope heute etwa im Aktivitätsverhältnis 2:1 (Cs-137:Cs-134) zueinander stehen. Ist also die Aktivität eines Cäsium-Isotops bekannt, läßt sich so die Gesamtcäsiumaktivität berechnen.

Ähnliche Zahlenangaben lassen sich über die beiden strahlenbiologisch noch wichtigeren Isotope Strontium-90 und Plutonium-239 leider nicht machen, da es zu wenig Meßdaten gibt. Denn: die Methode der Wahl zur Radioaktivitätsanalyse, die ohne chemische Probenaufbereitung auskommt und daher einen hohen Probendurchsatz gestattet, ist heute die Gammaspektroskopie mit hochauflösenden Germanium-Halbleiterdetektoren. Sie funktioniert aber nur bei Isotopen, die bei ihren radioaktiven Alpha- oder Betazerfall zusätzlich Gammastrahlen mit ausreichender Energie und Häufigkeit aussenden. Pu-239 und Sr-90 gehören „leider" nicht dazu. Sie können daher nur nach zeitaufwendiger chemischer Probenpräparation in Alpha- oder Betameßplätzen nachgewiesen werden. Und solche Anlagen stehen den meisten Meßstellen heute (noch?) nicht zur Verfügung.

Die radioaktive Belastung in der Bundesrepublik durch den Tschernobyl-Unfall nimmt tendenziell von Süd nach Nord ab, gemäß der Zugrichtung der radioaktiven Wolke. Sie ist regional durch die geographischen Gegebenheiten und – hauptsächlich – durch die lokale Wettersituation Ende April/Anfang Mai gekennzeichnet. Faustregel: Die Belastung ist dort am größten, wo die stärksten Niederschläge zu verzeichnen waren. Dies erklärt, daß z.B. in der Münchener Innenstadt eine etwa 10-mal kleinere Radioaktivitätsmenge pro Quadratmeter gemessen wurde als in Neuherberg bei München[2] und daß z.B. in der Nähe der norddeutschen Stadt Lüneburg nach Mitteilung des niedersächsischen Ministeriums für Bundesangelegenheiten überhaupt keine Radioaktivitätserhöhung festgestellt wurde.

Aus dem Vergleich von Bremer und Oldenburger Daten einerseits sowie Regensburger und Neuherberger Daten andererseits wagen wir unter Einbeziehung von Informationen aus dem Bundesinnenministerium dennoch den Schluß, daß Süddeutschland tendenziell etwa drei bis zehn mal stärker belastet wurde als Norddeutschland. Und in Norddeutschland lauteten z.B. die Bodenbelastungswerte Anfang Mai: J-131 10 000 – 20 000 Becquerel (Bq) pro Quadratmeter (qm), Cs-137 2 000 – 3 000 Bq/qm, Cs-134 1 000 – 1 500 Bq/qm.

Über Sr-90 liegen uns so wenig Daten vor, daß wir sie vollständig nennen: Neuherberg: 220 Bq/qm, Karlsruhe: 15 Bq/qm, Mainz: 1,5 Bq/qm.[2] Dies ist jeweils ca. 1% der dort eingetragenen Menge an Cs-137. Bei Messungen der KWU in Erlangen betrug die Aktivität von Sr-90 etwa 10 % der Aktivität von Cs-137. Höhere Prozentzahlen sind bislang nicht genannt worden. Nehmen wir also als Richtwert für die Sr-90-Aktivität 1 – 10% der Cs-137-Aktivität an.

Noch weniger ist über PU-239 bekannt. Die GSF fand 0,04 Bq/qm, d.h. ca. 1/500 Promille der Cs-137-Aktivität. Und am HMI in Berlin schätzte man aus Messungen von Neptunium-239 (der Muttersubstanz von Pu-239) ab, daß die Atemluftkonzentration in Berlin maximal etwa 3 μBq pro Kubikmeter betrug, entsprechend etwa 1/300 Promille der Cs-137-Konzentration. Einigen wir uns hier also auf einen Richtwert von 1/100 – 1/500 Promille der Cs-137-Konzentration.

Mit Hilfe dieser Abschätzungen sollte es möglich sein, die Bodenbelastung vor Ort durch die langfristig wichtigen Isotope Cs-134, Cs-137, Sr-90 und Pu-239 größenordnungsmäßig zu bestimmen, vorausgesetzt es liegen Zahlen für Cs-137 vor.

„Das russische Reaktorunglück hat uns eine Menge zusätzlicher Arbeit gemacht ... Wir haben dabei eine Menge gelernt ... Ich selbst glaubte vor drei Wochen, daß ich als Kernphysiker mit 25 Jahren Berufserfahrung im Strahlenschutz recht gut Bescheid wüßte. Das war ein Irrtum, ich weiß jetzt, wieviel schwierige, sich in die Gebiete Chemie, Biologie, Medizin usw. erstreckende Probleme es im Strahlenschutz gibt."

Prof. Dr. Heinz Lindenberger, wissenschaftlich-technischer Geschäftsführer des Hahn-Meitner-Instituts für Kernforschung Berlin GmbH, in einer Hausmitteilung an die Mitarbeiter vom 22. Mai 1986.

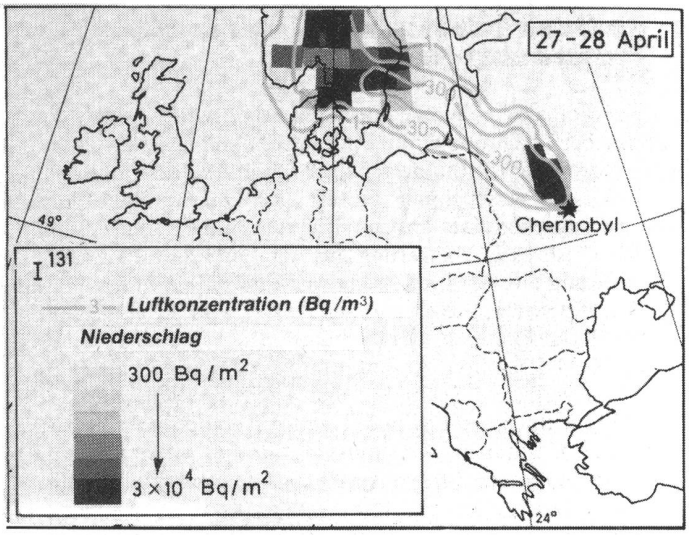
Schade, daß eine solche freimütige Äußerung über die Schwierigkeiten der Wissenschaftler nicht öffentlich gemacht wurde.

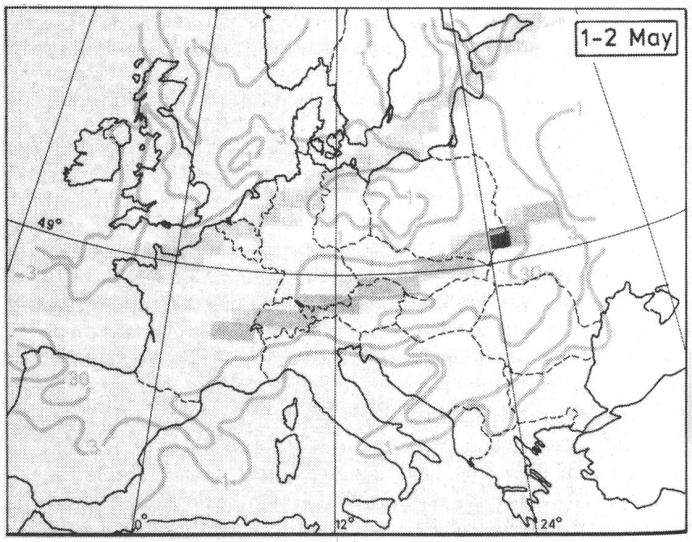
... und durch die oberirdischen Atombombenversuche

Für eine Einschätzung der radioaktiven Bodenbelastung durch Tschernobyl, vor allem in Hinblick auf die spätere Belastung der Nahrungsmittel, auf die weiter unten eingegangen wird, ist ein Vergleich mit der Belastung durch die oberirdi-

schen Atombombenversuche nützlich. In den Jahren 1945–1962 haben die Amerikaner 193, die Sowjets 124, die Briten 21 und die Franzosen vier Atombomben oberirdisch gezündet. Nach dem oberirdischen Teststop der Amerikaner, Sowjets und Briten im Jahre 1962 folgten bis zum Jahr 1983 weitere 41 Zündungen durch die Franzosen und 21 durch die Chinesen. Die große Zahl der Versuche von 1955–1962 (insgesamt 284) hat in den Jahren 1955–1965 zu der stärksten radioaktiven Bodenbelastung geführt. Spitzenwerte des Radioaktivitätseintrags wurden im Jahr 1963 erreicht. Neben der sogenannten „Gesamt-Beta"-Aktivität sind nuklidspezifische Zahlen für die langlebigen Isotope Cs-137 und Sr-90 bekannt. Die Mittelwerte für die Bundesrepublik lauten für das Jahr 1963: Cs-137 830 Bq/qm, Sr-90 550 Bq/qm, und für den Gesamteintrag in den Jahren 1961–1977: Cs-137 ca. 2 000 – 2 500 Bq/qm, Sr-90 ca. 1 300 – 1 600 Bq/qm (Bundesministerium des Innern).

Bezogen auf Norddeutschland ist also durch den Reaktorunfall in Tschernobyl genausoviel Cs-137 in den Boden eingetragen worden, wie durch alle oberirdischen Atombombenversuche bis zum Jahre 1977 zusammen. Im Bombenfallout-Spitzenjahr lag der Wert etwa zwei bis vier mal unter dem Eintrag von 1986. Dagegen gilt für Sr-90 ebenfalls mit Bezug auf Norddeutschland, daß der Bombeneintrag etwa 5–50 mal höher war als der Eintrag durch Tschernobyl.





Radioaktive Belastung von Lebensmitteln durch Tschernobyl ...

Alle Nahrungsmittel, die direkt dem radioaktiven Niederschlag Ende April/Anfang Mai ausgesetzt waren, wie z.B. Spinat, Salat, Kräuter, wiesen damals erhebliche radioaktive Belastungen vor allem durch J-131 und die Cäsium-Isotope 134 und 137 auf; letztere wollen wir im folgenden unter dem Begriff „Cäsium-Belastungen" zusammenfassen. Bei entsprechender Feuchtigkeit können die Elemente sowohl an den Blättern angelagert als auch von den Pflanzen physiologisch in den Organismus aufgenommen werden, so daß sich jeweils nur ein Bruchteil der Radioaktivität abwaschen läßt; bei Jod beispielsweise maximal 40 %.

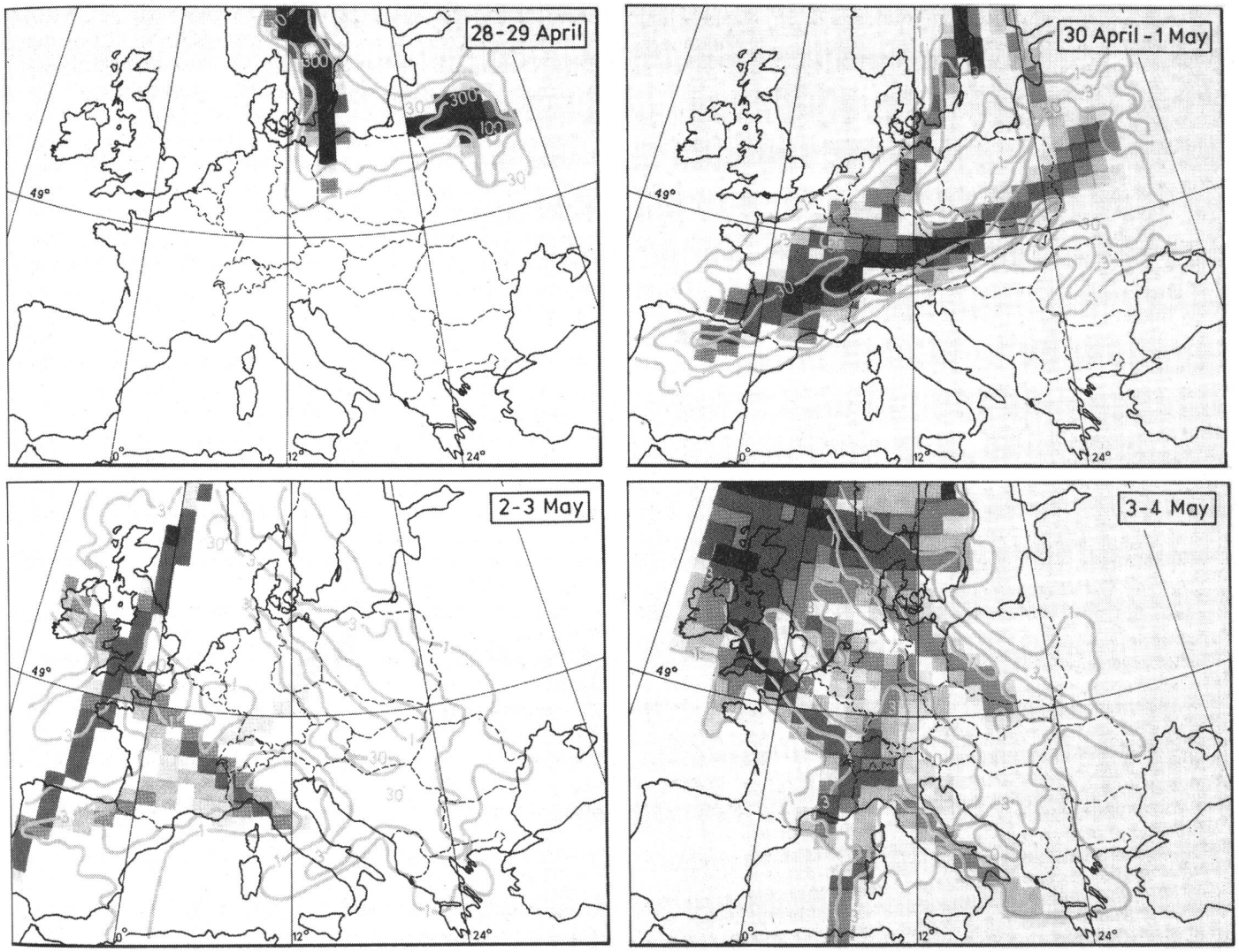
J-131-Belastungen von einigen 100–1000 Bq/kg und Cs-Belastungen von einigen 10–100 Bq/kg im Gartengemüse waren in Norddeutschland keine Seltenheit. Daher auch die Forderung unabhängiger Wissenschaftler und (einiger) verantwortungsvoller Politiker, diese Nahrungsmittel zu vernichten und beispielsweise Gemüse ab etwa Mitte Mai neu anzubauen. Da das Cäsium nur äußerst langsam in den Boden eindringt (das Bombenfallout-Cs ist bis heute z.B. typischerweise erst bis in die Tiefen von 20–30 cm eingedrungen), wurde dieser Ratschlag vielerorts mit der für Kleingärtner durchaus praktikablen Empfehlung verbunden, die oberste Bodenschicht von ca. 1–2 cm Dicke vorher abzutragen und in einer für den Gemüseanbau nicht genutzten Gartenecke „zwischenzulagern".

Auch Milch und Milchprodukte von Weidetieren (Kühe, Schafe) wiesen Anfang Mai Belastungen in der gleichen Größenordnung auf. Die Empfehlung lautete hier, die Tiere nicht auf die Weiden zu treiben, das dem radioaktiven Niederschlag ausgesetzte Gras abzumähen und zu vernichten und mit dem Weideaustrieb solange zu warten, bis frische Biomasse nachgewachsen war. Auf diese Weise hätte die relativ hohe Belastung von Milch- und Milchprodukten sowie Fleisch- und Fleischprodukten in diesem Jahr verhindert werden können.

In diesem Zusammenhang muß noch einmal klargestellt werden: Das Cäsium aus der Tschernobyl-Wolke ist noch nicht in Bodenbereiche vorgedrungen, wo die meisten Pflanzen ihre Wurzeln haben (Pilze bilden da eine wichtige Ausnahme). D.h., die radioaktive Belastung von Futtermitteln, Obst und Gemüse über die Aufnahme von Cäsium aus dem Boden spielt in diesem Jahr eine untergeordnete, in den nächsten Jahren dagegen die bedeutende Rolle. Die diesjährigen hohen Nahrungsmittelbelastungen sind daher zum überwiegenden Teil durch Futtermittel, Obst und Gemüse verursacht, das direkt dem radioaktiven Regen ausgesetzt war. Und der Beitrag dieses Belastungspfades ist sicherlich um einiges größer als die zukünftig erwartete Belastung durch die Wurzelaufnahme. Oder anders ausgedrückt: Die Nahrungsmittelbelastung wird in den nächsten Jahren mit einiger Wahrscheinlichkeit deutlich geringer sein als in diesem Jahr. Eine Ausnahme kann da z.B. Fleisch von Tieren bilden, die im kommenden Winter mit Futter aus der diesjährigen Ernte versorgt werden.

... und als Folge des Atombombenfallouts

Wir haben gesehen, daß der Bodeneintrag an Cs-137 im Spitzenjahr des Bombenfallouts (1963) deutlich niedriger war, als der Eintrag durch den Tschernobyl-Unfall. Schauen wir



Modell für die Ausbreitung der Tschernobyl-Wolke: Die Linien geben die Konzentration von Jod 131 in der Luft an (24-Stunden-Durchschnitt); die Kästchen kennzeichnen den Niederschlag von Jod auf den Boden Quelle: New Scientist

uns die Nahrungsmittelbelastung in den Jahren 1963/64 an, so ergeben sich als Spitzen-Monatsmittelwerte für Bundesrepublik folgende Daten (Cs-137 in Bq/l bzw. Bq/kg): Milch 10, Rindfleisch 36, Weizen 21, Kartoffeln 0,3, Kernobst 7, Süßwasserfisch 400. Gemittelt über die Gesamtnahrung wurde ein Spitzenwert von ca. 4 Bq/kg erreicht (Bundesministerium des Innern).

Legen wir einmal die Milch zugrunde, für die damals wie heute die meisten, d.h. am besten abgesicherten Daten vorliegen. Einer Cs-137-Belastung in Norddeutschland im Mai 1986 von ca. 20–40 Bq/l stehen damalige Belastungen von etwa 10 Bq/l gegenüber. D.h., die Belastung jetzt ist ca. zwei bis vier mal höher als damals. Dies korrespondiert gut mit der zwei bis vier mal höheren Bodenbelastung (s.o.).

Natürlich müssen die heutigen Daten noch einer gründlichen statistischen Analyse unterzogen werden, um solche Vergleichszahlen auf eine sicherere Basis zu stellen. Natürlich können sich dabei noch Abweichungen nach oben oder unten ergeben; die hier angegebene Tendenz wird sich aber kaum drastisch ändern. Wir sind deshalb auch ansatzweise in der lage, mit Hilfe des oben genannten Isotopenverhältnisses von Cs-137:Sr-90 im Tschernobyl-Fallout und dem Vergleich des Mengeneintrags damals zu heute abzuschätzen, wie hoch die heutige Nahrungsmittelbelastung an Sr-90 ist. Dazu brauchen wir nur noch zu wissen, wie hoch sie 1963/64 war. Hier einige Daten für Sr-90 in Bq/kg: Milch < 2, Weizen 7, Kartoffeln 0,5, Kernobst 0,7. Da Strontium wegen der chemischen Ähnlichkeit zu Calcium praktisch nur in den Knochen, nicht aber im Fleisch eingebaut wird, sind damals wie heute keine nennenswerten Sr-90-Belastungen im Fleisch zu erwarten.

Strahlenbelastung durch Tschernobyl

Im Vergleich zur Strahlenbelastung durch inkorporierte radioaktive Stoffe ist für die Beurteilung der Auswirkungen des Tschernobyl-Unfalls die Belastung durch von außen einwirkende radioaktive Bestrahlung, d.h. durch auf dem Boden befindliche Radioaktivität, zu vernachlässigen. Wir werden sie daher bei unseren Betrachtungen außer acht lassen.

Bekanntlich gibt es keine allgemeingültige „Formel", um die Menge einer vom Körper aufgenommenen radioaktiven Substanz (gemessen in Becquerel bzw. Curie) in eine daraus resultierende Strahlenbelastung (gemessen in Sievert bzw. Rem oder in Gray bzw. rad) umzurechnen. Aber es gibt ja die „Allgemeinen Berechnungsgrundlagen" des Bundesministeriums, in denen für alle wichtigen radioaktiven Isotope sogenannte Dosisfaktoren angegeben sind. Mit Hilfe dieser Faktoren (physikalische Einheit: rem/Bq) läßt sich aus einer aufgenommenen Aktivitätsmenge eines bestimmten Isotops auf die für

einen Zeitraum von 50 Jahren resultierende Strahlenbelastung des ganzen Körpers und der durch dieses Isotop besonders belasteten Organe schließen. Die biologische, also die Zeit in der eine Substanz im Organismus durch Stoffwechsel oder Transport auf die Hälfte verringert wird, und physikalische Halbwertszeit der Isotope sind also bereits berücksichtigt. Man muß für die Benutzung dieser Faktoren lediglich wissen, ob die Radioaktivität dem Körper per Atmung (Inhalation) oder Nahrungsaufnahme (Ingestion) zugeführt wurde, und ob es sich bei der betrachteten Person um ein Kleinkind oder einen Erwachsenen handelt.

Die Frage ist nur, wie verläßlich diese Dosisfaktoren sind. So finden sich in den „Allgemeinen Berechnungsgrundlagen" keine Angaben darüber, wie alt ein „Kleinkind" bzw. ein „Erwachsener" ist. D.h., es wird nicht zwischen Säuglingen und ein, zwei, drei usw. Jahre alten Kindern einerseits, bzw. 20, 40 oder 60-jährigen usw. Erwachsenen andererseits unterschieden. Und der Geschlechterunterschied spielt ebensowenig eine Rolle wie der Gesundheitszustand. Hinzu kommt, daß über das Stoffwechselverhalten vieler Elemente so wenig bekannt ist, daß eine exakte Berechnung von Dosisfaktoren gar nicht möglich ist. Darüber hinaus wurden bei der Berechnung von Dosisfaktoren elementare Fehler gemacht. So hat z.B. die GSF die Dosisfaktoren für die Strahlenbelastung der Schilddrüse deshalb deutlich unterschätzt, weil eine viel zu hohe Schilddrüsenmassen (45 g; richtiger Wert ca. 20 – 30 g) zugrunde gelegt wurde[3].

Zweierlei Maß

Anfang Juli gab eine Gruppe von Physikern und Physikstudenten der Freien Universität in Berlin eine Presseerklärung heraus, derzufolge die vom Berliner Senat eingerichtete Meßstelle Dreilinden die Belastung von eingeführten Lebensmitteln um den Faktor 1,6 bei Jod 131 und 2,7 bei Cäsium 137 zu niedrig gemessen hat. Die Ursache bestand augenscheinlich darin, daß die mit den Messungen beauftragten Wissenschaftler die Geräte falsch geeicht hatten. *„Es ist nicht nachvollziehbar, wie die falsche Auswertungsformel in das Verfahren hineingeraten ist"*, erklärte der Sprecher der Umweltverwaltung, Helmut Königshaus. Im Falle des Cäsiums werde der Senat dem auch nicht weiter nachgehen, da die Meßstelle *„zu keinem Zeitpunkt den Auftrag gehabt habe, Cäsium zu messen"*.

Die Dosisfaktoren in den „Allgemeinen Berechnungsgrundlagen" stehen also auf recht unsicheren Füßen. Dennoch wird mit ihnen fleißig gerechnet. Nicht nur offizielle Institutionen, auch wir „kritischen" (wie kritisch?) Wissenschaftler benutzen sie mangels besserer Daten. Aber wohl wissend (und da unterscheiden wir uns von den anderen), daß wir durch die Benutzung dieser Faktoren sicherlich nicht zu einer Überschätzung der Dosis kommen.

Neben den Dosisfaktoren enthalten die „Allgemeinen Berechnungsgrundlagen" auch noch sogenannte Transferfaktoren. Sie sollen es beispielsweise gestatten, aus einer vorgegebenen Bodenbelastung (Bq/kg Trockensubstanz) für ein Nuklid auf die zu erwartende Pflanzenbelastung (Bq/kg eßbarer Feuchtsubstanz) zu schließen. Für die uns hauptsächlich interessierenden Elemente finden sich folgende Angaben für den Transfer Boden → Pflanze: Cs 5%, Sr 40%, J 2%.

Die Benutzung solcher pauschaler Transferfaktoren ist abzulehnen, da die Eigenschaften besonderer Bodentypen und Pflanzenarten völlig unberücksichtigt bleiben. So werden beispielsweise für den Cs-Transfer in der Literatur Zahlen genannt, die um mehr als das 1000-fache voneinander abweichen. Aus ähnlichen Unsicherheiten erklärt sich wohl auch die Tatsache, daß z.B. der Sr-Transferfaktor im Jahr 1982 gegenüber dem Jahr 1979 von 20% auf 40% angehoben werden mußte.

Ebenfalls abzulehnen ist die Benutzung der in den „Allgemeinen Berechnungsgrundlagen" enthaltenen Transferfaktoren Futter → Fleisch und Futter → Milch. So wird z.B. für den Transfer Futter → Fleisch ein Wert von 3% genannt, ohne zwischen dem Fleisch von Rindern, Schweinen, Schafen, Wild usw. zu unterscheiden. Aus der Literatur ist jedoch bekannt, daß auch diese Faktoren um das 10- bis 100-fache voneinander abweichen können.

Was also tun? Es bleibt uns auch hier, ähnlich wie bei Milch, Obst, Gemüse und anderen Nahrungsmitteln, nichts anderes übrig, als auf statistisch abgesicherte Meßergebnisse zu warten. Und solange die nicht vorliegen, müssen wir die Abschätzungen auf der Basis der „Allgemeinen Berechnungsgrundlagen" als **untere** Abschätzungen hernehmen, die durch **obere** Abschätzungen zu ergänzen sind. Für die Transferfaktoren bedeutet das z.B., sie für die Dosisabschätzung nach oben mit einem Faktor von mindestens 10 zu multiplizieren, womit in der Literatur genannte Maximalwerte noch nicht einmal erfaßt wären.

Wegen all dieser Unsicherheiten wollen **wir** zum jetzigen Zeitpunkt darauf verzichten, selber über die zu erwartende Strahlenbelastung in den nächsten Jahren zu spekulieren. Überlassen wir dies der Strahlensicherheitskommission (SSK), die schon jetzt **weiß,** daß die Belastungen ab 1987 weniger als 10% der Belastung in 1986 ausmachen wird. Oder der GSF, die jetzt schon **weiß,** daß die über 50 Jahre aufaddierte Belastung selbst für Kinder unter 500 mrem liegen wird. Beschränken wir uns vielmehr auf die Abschätzung der zu erwartenden Dosis in diesem Jahr auf Grundlage der uns vorliegenden Daten über Lebensmittelbelastungen.

Mit Hilfe der Dosisfaktoren aus den „Allgemeinen Berechnungsgrundlagen" können wir ausrechnen, daß bei den Personen, die sich hinsichtlich ihrer Lebens- und Verzehrsgewohnheiten nicht eingeschränkt haben, Schilddrüsenbelastungen von einigen 100 Millirem (mrem) bis hin zu einigen rem aufgetreten sind. Die Ganzkörperbelastungen dürften im Bereich 50 – 150 mrem liegen. Ähnliche Werte finden sich z.B. auch in Verlautbarungen der SSK und in einer englischen Studie über die Belastung Großbritanniens[4].

Für die Abschätzung der Knochendosis durch Sr-90 muß man u.a. den gegenüber dem Cäsium höheren Transferfaktor Boden → Pflanze berücksichtigen, sowie die Tatsache, daß Fleisch mit einiger Sicherheit kein Sr-90 enthalten wird. Gehen wir bezüglich des radioaktiven Eintrags von einem Mengenverhältnis 20:1 (Cs-137:Sr-90) aus, so ergibt sich eine Knochendosis von einigen 100 mrem. Werte in der gleichen Größenordnung nennt auch eine Broschüre der Fraktion Gesundheit der Ärztekammer Berlin.

Zum Vergleich dazu die beim Normalbetrieb kerntechnischer Anlagen erlaubten Strahlenbelastungen, die in der immer noch gültigen Strahlenschutzverordnung von 1976 festgeschrieben sind: Ganzkörper 30 mrem, Schilddrüse 90 mrem, Knochen 90 mrem. Diese Werte sind allesamt niedriger als die 1986 erreichten Belastungen.

Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) hat zur Risikoberechnung im Jahre 1977 das Konzept der „effektiven Äquivalentdosis" eingeführt. Das Konzept sieht vor, alle gleichzeitig in einem Körper in verschiedenen Organen aufgetretenen Strahlenbelastungen zu **einer** einzigen Dosis, nämlich der **effektiven Äquivalentdosis** zusammenzufassen und ein durch diese Dosis verursachtes Risiko zu bestimmen, an strah-

leninduziertem Krebs zu **sterben.** Und das geht so: Man tue wider besseres Wissen so, als sei bestens bekannt, wie „strahlenempfindlich" einzelne Organe des menschlichen Körpers sind, d.h. wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, daß bei einer Strahlenbelastung von z.B. jeweils ein rem in diesen Organen ein Krebs erzeugt wird, der **zum Tode** führt. („Nur" an Krebs zu **erkranken**, stellt in den Augen der ICRP kein „Risiko" dar!). Aus dieser Abschätzung bestimme man dann einen sogenannten „Gewichtungsfaktor", mit dem die tatsächliche Organbelastung zu multiplizieren ist, um ihren Beitrag zur effektiven Äquivalentdosis zu bestimmen. So kommt die ICRP zu folgenden Faktoren: Schilddrüse 0,03, Knochenoberfläche 0,03, Lunge 0,12, Rotes Knochenmark 0,12, Brust 0,15, Gonaden 0,25, Restkörper 0,30. Eine Schilddrüsenorganbelstung von 3 rem, die z.B. dem SSK-Grenzwert von 500 Bq J-131 pro Liter Milch zugrunde lag, würde also zu einer effektiven Äquivalentdosis von 90 mrem umgerechnet. Diesem Rechenzauber, der so schön niedrige Zahlen liefert, muß schnell ein Riegel vorgeschoben werden. Noch ist Zeit, denn noch ist er in der Strahlenschutzverordnung der BRD nicht verankert. Es ist aber vorgesehen, ihn in die neue Verordnung aufzunehmen; in der DDR ist dies bereits 1984 geschehen.

Dosisfaktoren für die Nahrungsmittelkette

Angaben in mrem pro 1000 Bq für Erwachsene (erste Zahl und Kleinkindern (zweite Zahl):

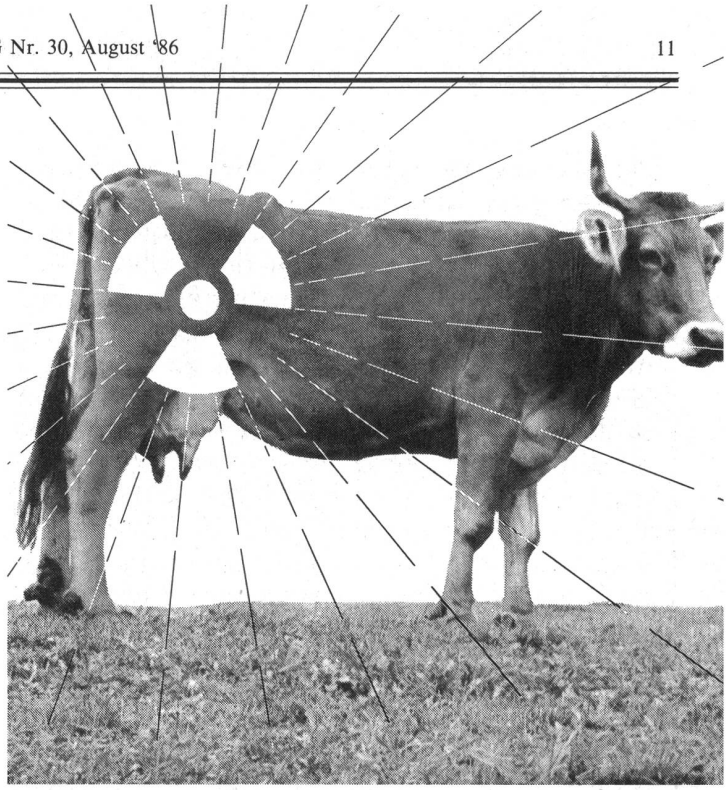
Cs-137	Ganzkörper: 1,1/1,1 Knochen: 2,0/18 Leber: 2,5/20
Cs-134	Ganzkörper: 1,9/1,9 Knochen: 1,5/12 Leber: 5,9/22
J-131	Ganzkörper: 0,08/0,64 Schilddrüse: 51/450
Sr-90	Ganzkörper: 23/170 Knochen: 260/680

Das Risiko für die Gesundheit

Wieviel Einwohner der Bundesrepublik werden infolge der Tschernobyl-Belastungen im Laufe der nächsten Jahre und Jahrzehnte an Krebs erkranken? Wie hoch wird die Zahl der genetischen Schäden sein? Kein Mensch vermag das heute halbwegs exakt zu sagen. Dennoch werden immer wieder Zahlen in die Welt gesetzt, die naturgemäß um Größenordnungen voneinander abweichen.

Einige Beispiele:

- Die ICRP rechnet im Bewußtsein ihrer Verantwortung gegenüber der weltweiten Atomindustrie so: Werden eine Mio Menschen mit ein rem Ganzkörperdosis belastet, so werden hiervon „exakt" 125 Personen an strahleninduziertem Krebs sterben. Der BEIR-Report der National Academy of Science der USA von 1980 rechnet 158 Todesopfer aus. Der UNSCEAR-Report 1977 der UNO mag sich auf die letzte Stelle genau nun doch nicht festlegen und nennt 75 – 175 Fälle. Und die GSF gibt schließlich einen Wert zwischen 50 und 200 an. Einige Jahre zuvor hatte die GSF übrigens noch einen Wert von unter 10 und der BEIR-Report die Zahl 450 genannt. Im Zuge des Erkenntnisfortschritts ist man sich also näher gekommen.
- Aber es gibt auch andere Zahlen. Jens Scheer von der Universität Bremen beispielsweise beruft sich in einem Aufsatz vom Juni 1986 zur Bewertung des Strahlenrisikos[5] auf



neuere englische und amerikanische Arbeiten. Er weist darauf hin, daß kein linearer Zusammenhang zwischen Dosis und Wirkung existiert, sondern daß die Wirkung, also das Risiko, im Bereich niedriger Dosen viel schneller zunimmt als im Bereich hoher Dosen. Ausgehend von einer über 10 Jahre akkumulierten Dosis von insgesamt 1,2 rem, die er als Folge von Tschernobyl zugrunde legt, rechnet Scheer für die Bundesrepublik mit sage und schreibe 500.000 Toten in den nächsten Jahren. Das sind bei entsprechender Umrechnung etwa 50 mal mehr, als z.B. von der ICRP angegeben.

Um Scheers Zahlen einschätzen zu können, muß festgehalten werden, daß nach den ihm vorliegenden Arbeiten etwa 20% der jährlichen Krebs-Todesfälle in der BRD, d.h. etwa 40.000 pro Jahr, auf das Konto der natürlichen Strahlenbelastung von ca. 110 mrem/Jahr gehen. Offizielle Quellen der Bundesregierung nennen dagegen eine Zahl von 0,6%; entsprechend etwa 1200 Krebstoten. Natürlich stehen diese Angaben wiederum in schönem Einklang mit den „Berechnungen" der ICRP; wer hätte etwas anderes erwartet? Wären Scheers Daten zuztreffend, müßte man beispielsweise in Gebieten höherer natürlicher Strahlenbelastung eine deutliche Zunahme der Krebshäufigkeit finden im Vergleich zu geringer belasteten Gebieten. Solche Daten sind allerdings bislang nicht bekannt geworden – oder kennen wir sie nur nicht?

Als Fazit bleibt wohl nur dies: An den Folgen des Reaktorunfalls in Tschernobyl werden im Laufe der nächsten jahre und Jahrzehnte in der Bundesrepublik mit großer Wahrscheinlichkeit einige 1000 Menschen sterben. Vielleicht aber auch 10 mal weniger oder 10 mal mehr. □

Anmerkungen

[1] Devell, L. u.a.: Initial observations of fallout from the reactor accident at Chernobyl, Nature 321 (1986) 192-193.

[2] Dreisigacker, E.: Reaktorunfall Tschernobyl – Der Fallout an drei Orten im Vergleich, Physikalische Blätter, 42 (1986) 164.

[3] Fink, U.: Wen schützt die neue Strahlenschutzverordnung? Stellungnahme zur geplanten Novellierung, Gruppe Ökologie, Hannover 1986.

[4] Fry, F. A. u.a.: Early estimates of UK radiation doses from the Chernobyl reactor, Nature 321 (1986) 193 ff.

[5] Scheer, J.: Wieviel sterben in der BRD an Tschernobyl?, Universität Bremen, Juni 1986.

Es wurde hier nur die aktuelle Literatur zu Tschernobyl aufgenommen. Eine ausführliche Literaturliste ist über den Autor (Fachbereich Physik, Universität Oldenburg, 2900 Oldenburg) erhältlich.