

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 135 (1984)

Heft: 4

Artikel: Besteht ein Zusammenhang zwischen künstlicher Radioaktivität und Waldsterben?

Autor: Burkart, Werner

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766772>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

Besteht ein Zusammenhang zwischen künstlicher Radioaktivität und Waldsterben?

Von *Werner Burkart*

Oxf.: 48:429

(Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung, Biologie und Umwelt, Abt. 81/SU,
CH-5303 Würenlingen)

Die schweizerische Öffentlichkeit ist zu Recht beunruhigt über die Schäden in unseren Wäldern. Bestürzt ist man vor allem über die Tatsache, dass dieses erste grosse Warnzeichen der Umweltzerstörung so plötzlich, das heisst innerhalb weniger Jahre grossflächige Gebiete in mehreren Ländern erfasst hat. Neben dem akuten Schadenverlauf hat auch die noch nicht beendete Suche nach der Ursache oder den Ursachen dieser Entwicklung sowohl beim Förster als auch in der Öffentlichkeit zu grosser Unsicherheit geführt. Wir sind hier in der wenig beneidenswerten Lage, dass nicht ein Mangel, sondern ein Überfluss an möglichen Ursachen des Waldsterbens vorhanden ist. Die in *Tabelle 1* aufgeführte Liste von natürlichen und menschlichen Einflüssen, die negative Auswirkungen auf den Wald bewirken können, kann beliebig verlängert werden, solange quantitative Aspekte nicht berücksichtigt werden. Die Suche nach den wichtigsten Schadstoffen wird noch dadurch erschwert, dass durch das Zusammenwirken verschiedener Noxen multiplikative Effekte (Synergismus) auftreten können. Im Wechselspiel dieser gleichzeitig wirkenden Kräfte ist der Weg von Ursache zu Wirkung oft sehr lang und verschlungen. Das Beharrungsvermögen des Ökosystems Wald kann die Wirkung von Schadstoffen während Jahren maskieren bis abrupt die Abwehrkräfte nicht mehr reichen. Den sichtbaren Schaden im geschwächten System besorgen dann eine extreme Klimasituation (Sommer/Herbst 1983) oder ein Schädling.

Vor allem das plötzliche, verbreitete Auftreten von grossräumigen Waldschäden in mehreren Ländern Europas ist ein Indiz für die Wichtigkeit relativ direkt wirkender atmosphärischer Schadstoffe. Indirekte Ursachen wie zum Beispiel Schädigung über die Ansäuerung des Bodens sowie über die dadurch bewirkte erhöhte Löslichkeit toxischer Metallionen wären viel stärker abhängig vom Bodenstandort und ergäben mit grosser Wahrscheinlichkeit einen anderen zeitlichen Verlauf. Die Fachleute konzentrieren sich deshalb heute

Tabelle 1. Diskutierte mögliche Teilursachen des Waldsterbens (siehe auch *Rehfuess*, 1983).

Ursache	Noxen	Wirkungsmechanismen
<i>Natürlich</i>		
Klimafaktoren		Trockenheit, Nässe, Hitze usw. schwächen Bäume, begünstigen Schädlinge
Viren, Mikroorg., Insekten, Wild		Stark variabler Befall, natürliche Seuchenzüge
<i>Anthropogen</i>		
Saurer Regen Heizung/Strom aus Kohle, Öl; Motorfahrzeuge	SO ₂ , NO _x → H ₂ SO ₄ , HNO ₃ NO _x , Blei	Direkt: Zellgift Indirekt, über Ansäuerung des Bodens: – natürlich vorhandene giftige Metalle werden gelöst – Veränderungen in der lebenswichtigen Gemeinschaft der Mikroorganismen im Wurzelbereich
Photooxidantien aus NO _x , org. Substanzen, Sonnenlicht	Ozon (O ₃)	Starkes Zellgift
Schwermetalle, Fluor org. Substanzen	Hg, Cd, F,	Zellgifte; lokale Schäden
Radioaktivität aus atmosphärischen Bombentests, KKW's	C-14, H-3	– Zellschädigung durch einen Bruchteil der natürlichen Radioaktivität? – Mutationen, Aktivierung endogener Viren
Forstwirtschaft Unternutzung Falsche Artenwahl Monokulturen		Im Urwald hat für jeden neuen Baum ein alter zu sterben Wenig Widerstandskraft gegen Stressfaktoren Begünstigung der Ausbreitung von Schädlingen

vor allem auf die Stickoxide und das Ozon (*J. B. Bucher*, 1983). Diese zwei Substanzen haben im Gegensatz zu den Schwefeloxiden in den letzten Jahren vor allem durch den Verkehr stark zugenommen. Im Falle des Ozons ist man leider auf theoretische Überlegungen angewiesen, da Messungen über längere Zeiträume weitgehend fehlen.

Eine weitere Gruppe von Schadstoffen, deren erhöhtes Auftreten nach der Auffassung einiger energiepolitisch motivierter Gruppen sehr gut mit dem Erscheinen der Waldschäden korrelieren soll, sind die radioaktiven Stoffe Kohlenstoff-14 (C-14, Radiokohlenstoff), Wasserstoff-3 (H-3, Tritium) und Krypton-85. Diese 3 radioaktiven Isotope sind einerseits Bestandteil der natürlichen Radioaktivität und werden laufend durch die kosmische Strahlung in der Atmosphäre gebildet. Andererseits entstehen auch grössere Mengen durch Atomkernreaktionen. Die Schädigung des Waldes soll durch 2 Wirkungsmechanismen erfolgen:

a) direkte Wirkung als Zellgift bei radioaktiven Zerfällen nach Einbau von C-14 und H-3 in die Strukturen von Pflanzenzellen (*K. Seelig*, 1982).

b) indirekte Wirkung durch vermehrte Bildung von Ionen in der Luft beim Zerfall von Krypton-85. Diese zusätzlichen Ionen könnten über die Bildung von Ozon oder klimatische Veränderungen auf die Pflanzenwelt einwirken.

In den nachfolgenden Betrachtungen wird das Gefahrenpotential des künstlichen Anteils dieser Nuklide mit demjenigen des natürlichen Radio-kohlenstoffes sowie mit der viel bedeutsameren Strahlenbelastung durch terrestrische und kosmische Strahlung verglichen.

Ist künstlich erzeugte Radioaktivität ein Faktor?

Die Hypothese, künstliche Radioaktivität sei eine Hauptursache des Waldsterbens, lässt ausser Betracht, dass in der ökologischen Betrachtungsweise die relative Erhöhung gegenüber dem Urzustand von entscheidender Bedeutung ist. Eine Berücksichtigung von C-14 und H-3 im Zusammenhang mit dem Waldsterben ist für den Ökologen aus mehreren, nachfolgend erläuterten Gründen kaum gegeben. Die heute zur Diskussion stehenden Substanzen gab es in der Natur schon immer: Diejenigen der fossilen Energieträger wie zum Beispiel Schwefeldioxid und Stickoxide entstehen natürlich bei Waldbränden, Vulkanausbrüchen und durch mikrobiologische Aktivitäten im Boden. Auch die beiden genannten radioaktiven Substanzen werden laufend durch Reaktionen der kosmischen Strahlung mit Atomen der Lufthülle produziert (Tabelle 2). Schon die alten Helvetier und ihre Bäume wurden

Tabelle 2. Produktionsraten und Inventare für natürlich und künstlich erzeugten Kohlenstoff-14 und Tritium (H-3). (Einzeldaten aus M. Eisenbud, 1980 und W. Burkart, 1977). WAA: Wiederaufbereitungsanlage; MCi = 10⁶ Ci.

		¹⁴ C	³ H
T1/2	(a)	5730	12.3
<i>Natürlich</i>			
Produktion (pro Jahr)	(MCi)	0.038	1.9
Inventar	(MCi)	315	34
Dosis	(mrem/a)	0.7	0.001
<i>Künstlich</i>			
Bombentests atmosphärisch (total – 1972)	(MCi)	5.8	4500
Zusätzliche Dosis (maximal)	(mrem/a)	1	< 1
KKW-Abgabe pro GW _{ael}	(MCi)	0.00001	0.001
1000 Kraftwerke pro Jahr*	(MCi)	0.01	1
Zusätzliche Dosis	(mrem/a)	≪ 1	≪ 1

* bei Rückhaltung in der WAA

durch solch natürliche mutagene und krebserzeugende Stoffe belastet – vernachlässigbar belastet. Die heute in der europäischen Biosphäre vorhandenen Mengen an zivilisatorisch bedingten chemischen Schadstoffen betragen bei den Säurebildnern (SO_x, NO_x) ein Mehrfaches der natürlichen Menge. Beim C-14 hingegen, dem weitaus gefährlichsten der im Zusammenhang mit dem Waldsterben erwähnten radioaktiven Stoffe beträgt die Zunahme ein Bruchteil des natürlichen Inventars. Zum Beweis: um Regenwasser auf der logarithmischen pH-Skala von pH 5 auf pH 3 («leicht» sauer für den Chemiker) zu erniedrigen, müssen die freien Wasserstoffionen, die das Mass für die Stärke einer Säure darstellen, um einen Faktor 100, das heisst um 10 000 % erhöht werden. Regen dieses Säuregrades ist in der Schweiz heute keine Seltenheit. Der C-14 Gehalt der Luft hingegen liegt nur dreissig Prozent über dem natürlichen Wert und hat sicherlich nichts mit der Ansäuerung des Regens zu tun. Bezüglich des Tritiums können wir auf Schweizer Messungen zurückgreifen. Die *KUeR* (1982) (Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität) publiziert alljährlich ihre Kontrollmessungen in der Umgebung der wichtigsten Tritiumemittenten. Die höchsten Konzentrationen werden jedoch nicht in der Umgebung der Kernkraftwerke, sondern in der Nähe von Industriebetrieben festgestellt, welche fluoreszierende Leuchtfarben zum Beispiel für Uhren herstellen.

Belastung der Vegetation durch künstliche Radioaktivität

Interessant in diesem Zusammenhang ist die Abschätzung der natürlichen und zivilisatorischen Strahlenbelastung der Pflanzenzelle und ein Vergleich mit derjenigen des Menschen. Der Jahreswert für den Durchschnittsschweizer (siehe *Abbildung 1*), der vor allem durch geologische Faktoren, Lüftungsverhalten, medizinische Diagnose und Höhe des Wohnortes (kosmische Strahlung) beeinflusst wird, beträgt heute in der Schweiz etwa 400 mrem effektive Äquivalentdosis (siehe *Tabelle 3 für Radioaktivitäts- und Dosis-*

Tabelle 3. 3 Definitionen aus dem Strahlenschutz

Curie = Ci = 1000 mCi = 10¹² pCi (picoCurie):

Masseinheit der Radioaktivität. Ein Ci entspricht der Menge eines radioaktiven Stoffes, in der 37 Milliarden (3,7 x 10¹⁰) Zerfälle pro Sekunde stattfinden. Die neue, wenig gebrauchte SI-Einheit Becquerel (Bq) entspricht einem Zerfall/Sekunde.

rem = 1000 mrem:

Einheit der Äquivalentdosis, die ein Mass für die Schädlichkeit einer Strahlung für den Menschen ist. Verschiedene Strahlenarten bewirken eine unterschiedliche Schädigung bei gleicher Energiedosis (Einheit rad). Neue SI-Einheit: Sievert = Joule/kg.

Effektive Äquivalentdosis:

Wird nur ein Teil des Körpers bestrahlt, so wird die Dosis des betroffenen Organs in rem mit einem Gewichtungsfaktor kleiner als eins multipliziert, um die Organbestrahlung mit einer Ganzkörperbelastung vergleichen zu können. Für die Lunge ist dieser Faktor 0,12.

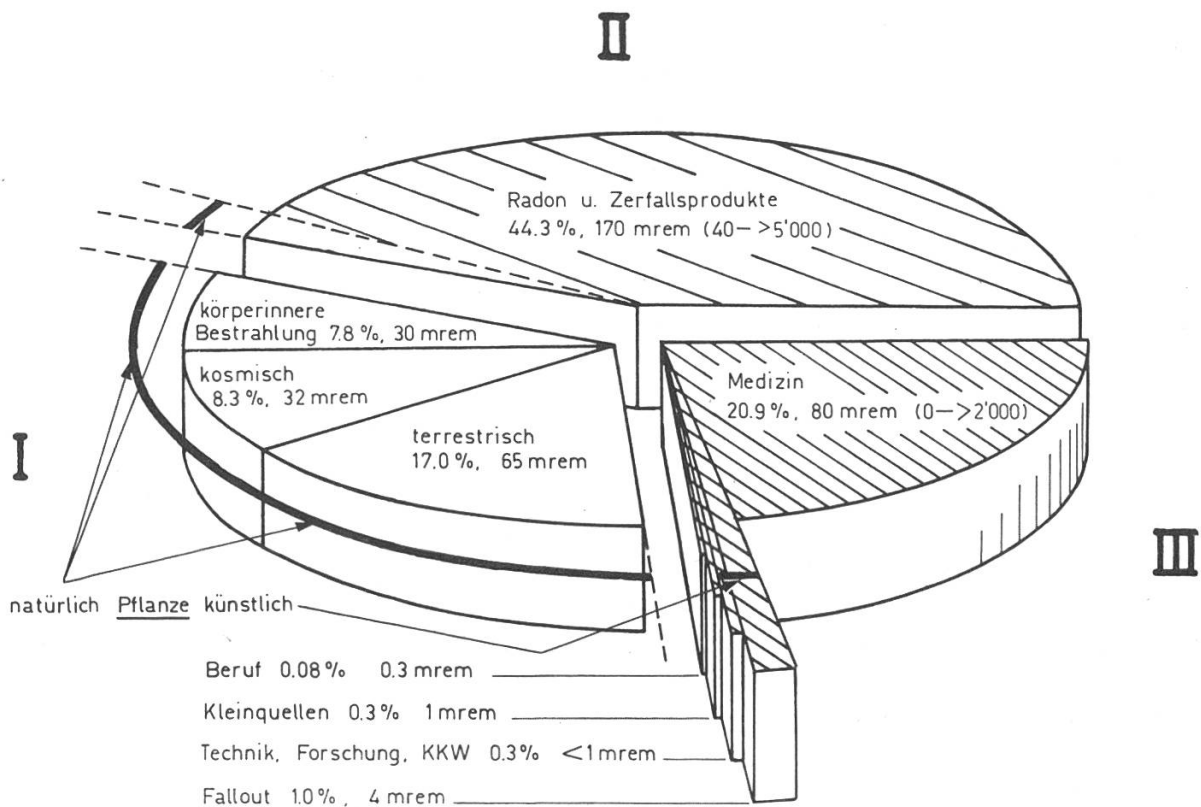


Abbildung 1. Mittlere jährliche Strahlenexposition des Schweizer (Einzeldaten von KUEr, 1984, W. Burkart, 1983 und 1984). Zu beachten sind die grossen Schwankungen bei II und III. Der Mittelwert wird auch dadurch stark relativiert, dass es sich nicht um Normalverteilungen handelt. Einheit: effektive Äquivalentdosis (ergibt teilweise von den früheren Knochenmarkdosen stark abweichende Werte).

- I Natürliche Belastung
- II Anthropogen verstärkt (Zivilisatorisch)
- III «Künstliche» Belastung (Zivilisatorisch)
- Ungefähre Strahlenbelastung von Pflanzenzellen

einheiten). Weitaus am wichtigsten ist dabei die Belastung der Lunge durch die im Innern von Gebäuden stark erhöhte Konzentration von Zerfallsprodukten des Radons. Die Belastung der Vegetation ist viel kleiner und durch zivilisatorische Aktivitäten praktisch nicht beeinflusst. Dies kommt daher, dass für die Pflanzenwelt die zwei wichtigsten zivilisatorischen Komponenten wegfallen; Bäume werden weder durch medizinische Vorsorge noch vom Radon in der Innenluft bestrahlt.

Von den zwei im Zusammenhang mit dem Waldsterben erwähnten Nukliden kann Tritium in dieser Aufstellung vernachlässigt werden; es trägt nur wenige Millionstel rem bei (Tabelle 2). C-14 ist aus ökologischen Gründen wegen der kleinen Mengen austauschbaren Kohlenstoffes in der Biosphäre von viel grösserer Bedeutung. Das durch die kosmische Strahlung gebildete natürliche C-14 belastet uns mit etwa 0,7 mrem pro Jahr (Teil der körperinneren Bestrahlung), die künstliche Belastung beträgt heute ungefähr 0,3 mrem (W. Burkart, 1977). Diese zusätzliche Belastung durch C-14 gegen-

über der Zeit vor 1945 ist vor allem auf die atmosphärischen Bombentests der Atommächte zurückzuführen. Sie belief sich anfangs der sechziger Jahre auf nahezu 1 mrem/Jahr (Tabelle 2), wobei zur gleichen Zeit zusätzliche 24 mrem/Jahr durch Spaltprodukte der Atombomben verursacht wurden.

Die chemische Form und die Verteilung im Körper für den natürlichen und den künstlichen Radiokohlenstoff sind absolut gleich, da in beiden Fällen die Aktivität in der Form von Kohlendioxid zuerst von der Pflanze assimiliert wird und hierauf durch die Nahrung in den menschlichen Körper gelangt.

Abbildung 2 zeigt mit aller Deutlichkeit, dass es sich beim C-14 in der Atmosphäre vor allem um eine Hypothek aus der Zeit der Atombombenversuche vor dem Teststopp der Grossmächte im Jahre 1962 handelt. Die Konzentration in der Atmosphäre ist seither kontinuierlich zurückgegangen. Eine zeitliche Korrelation mit dem Schadenverlauf im Wald fehlt vollständig. Neben dem dominierenden Einfluss der atmosphärischen Bombentests zeigen sich noch 2 Auswirkungen menschlicher Aktivitäten: Die Verbrennung von Kohle und Öl führt zu einer Verminderung des C-14/C-12-Verhältnisses (C-12: stabiler, nicht radioaktiver Kohlenstoff), da während der

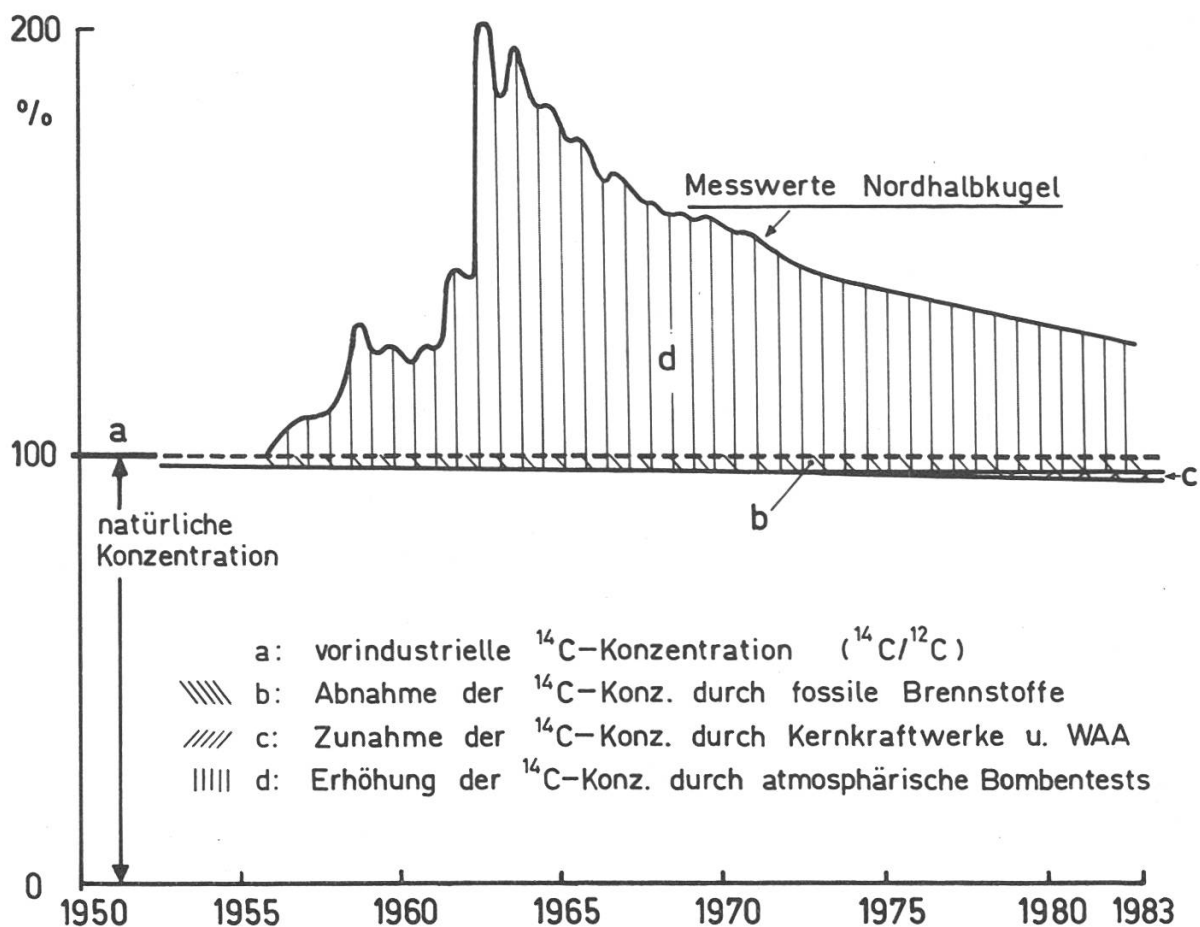


Abbildung 2. Veränderung des Gehaltes an Radiokohlenstoff (C-14/C-12-Verhältnis) in der Atmosphäre der Nordhalbkugel seit 1950. Die resultierenden Werte sind dominiert durch die atmosphärischen Bombentests.

Lagerung der fossilen Energieträger im Erdinnern die gesamte, zurzeit der Ablagerung vorhandene C-14-Radioaktivität zerfallen ist (*Abbildung 2; b*). Die Abgaben aus Kernkraftwerken und Wiederaufbereitungsanlagen (*c*) sind bis heute sogar zu klein, um diese Verdünnung des natürlichen C-14 durch die Verbrennung fossiler Energieträger auszugleichen. Überspitzt formuliert: sogar im Bereich der Radioaktivität in der Luft ist der Einfluss von Kohle und Erdöl teilweise grösser als derjenige der Kernindustrie.

Verfolgt man das C-14/C-12-Verhältnis über Jahrtausende von Jahren, so treten Schwankungen von etwa 10 % auf, die durch Änderungen in der Sonneneinstrahlung bedingt sind. Die in Deutschland verbreitete Vermutung, dass die Jahrringe archeologischer Hölzer in Zeiten erhöhter C-14-Konzentrationen wegen der damit erhöhten Bestrahlung durch C-14 dünner ausfallen, lässt sich viel einfacher über die ebenfalls von der Sonnenaktivität abhängigen Klimafaktoren Temperatur und Niederschlag als mit dem Umweg über einen verschwindenden Bruchteil der natürlichen Radioaktivität erklären. Generell ist dazu zu sagen, dass es aus der Sicht der Ökologie wenig sinnvoll ist, Schwankungen im Bereich von wenigen Prozent der natürlichen Belastung zu vergleichen mit den chemischen Schadstoffen der Verbrennung, die heute weiträumig in hundertfach erhöhten Mengen über Blätter, Nadeln und Wurzeln auf die Pflanzen einwirken. Im Falle vieler halogenisierter aromatischer Verbindungen (DDT, PCB), die natürlicherweise überhaupt nicht vorkommen, ist die Biosphäre sogar mit ihr erdgeschichtlich unbekanntem Schadstoffen konfrontiert.

Klimaveränderungen und Ozonbildung durch Krypton-85?

In einigen Wiederaufbereitungsanlagen für abgebrannte Brennelemente werden grosse Mengen an radioaktivem Edelgas Krypton-85 an die Umwelt abgegeben. Die daraus resultierende Strahlenbelastung ist verschwindend klein, da sich das Edelgas über die ganze Atmosphäre verteilt und weder ausgerechnet wird, noch chemisch reagieren kann. Es wurde jedoch befürchtet, dass durch die Bildung von Ionenpaaren aus Luftmolekülen während des radioaktiven Zerfalls von Krypton-85 der Ionenhaushalt der Luftschichten nachhaltig verändert werden könnte. Mögliche Auswirkungen wären Verschiebungen in der Aerosolgrösse und -konzentration sowie luftelektrische Effekte mit eventuellen Auswirkungen auf die Wolkenentstehung sowie die Bildung von Ozon. Ozon (O₃, aktiver Sauerstoff), ein gefährliches Zellgift, wird vor allem im Zusammenspiel mit Luftschadstoffen (NO_x, organische Substanzen) und Sonnenlicht durch photochemische Reaktionen in grösseren Mengen auch in bodennahen Luftschichten produziert. Es wurde jedoch kürzlich an der Universität Bern nachgewiesen, dass auch bei der Luftionisa-

tion die künstliche Radioaktivität eine untergeordnete Rolle spielt (H. H. Loosli, 1984). *Abbildung 3* zeigt die Beiträge von Krypton-85, Kohlenstoff-14 und Wasserstoff-3 an die Luftionisation. Diese Beiträge ergeben heute zusammen ein Tausendstel der natürlichen Produktion, die vor allem durch die kosmische Strahlung bedingt ist. Auch in der Nähe kerntechnischer Anlagen

Ionenproduktion

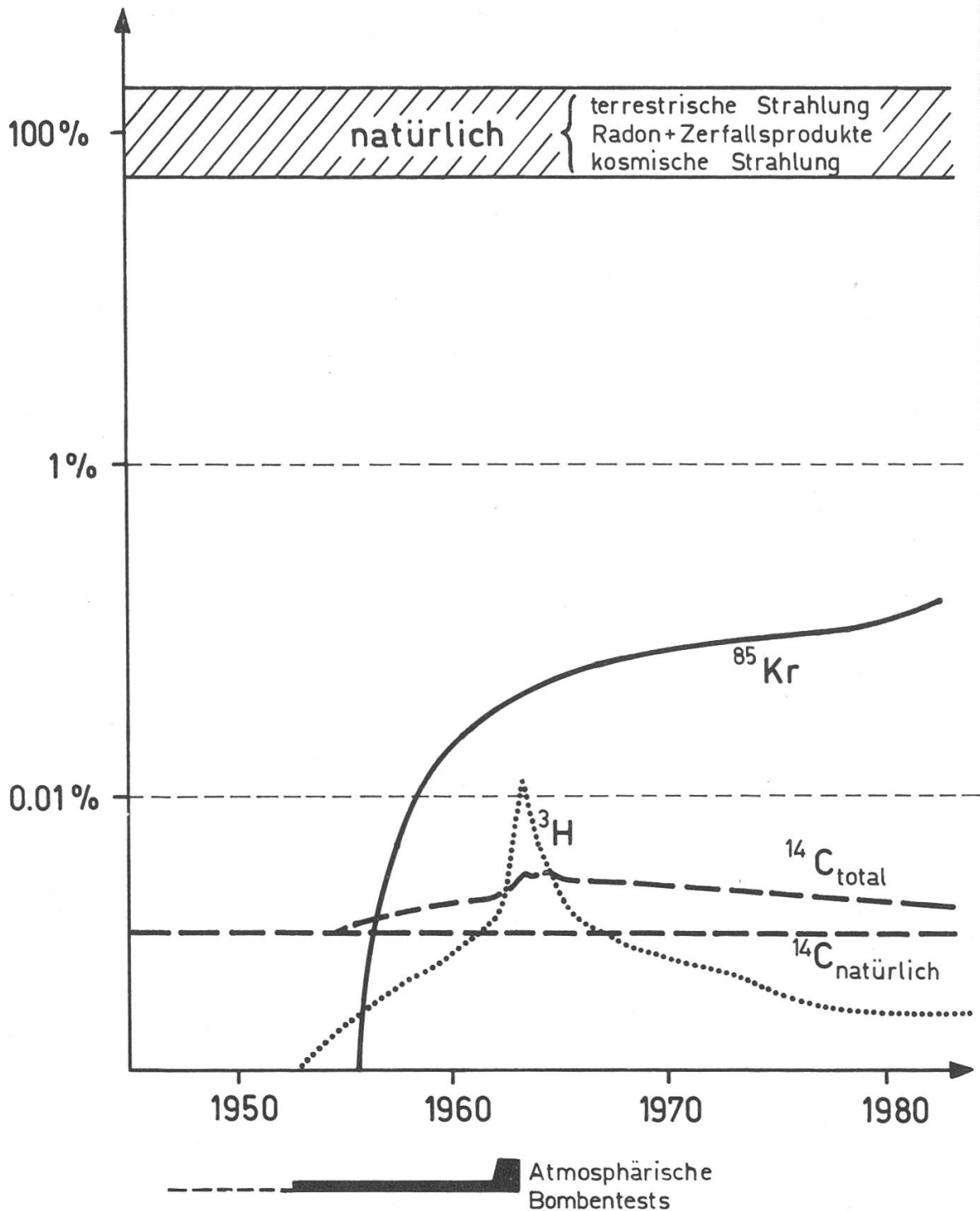


Abbildung 3. Relative Bedeutung von Krypton-85, Kohlenstoff-14 und Tritium (H-3) für die Ionisation der Luft. Natürliche Produktion = 100 % (modifiziert von H. H. Loosli, 1984).

kann nur kurzzeitig (Windstille) die Grössenordnung der natürlichen Ionenproduktionsraten erreicht werden.

Politisch motivierte Argumente erschweren geeignete Massnahmen

Die in der Öffentlichkeit unter den Begriffen «Waldsterben/Saurer Regen» zusammengefassten Auswirkungen auf unsere Biosphäre sind ein erstes Zeichen, dass wir gewisse Kreisläufe der Natur zu stark aus dem Gleichgewicht gebracht haben. Im Hintergrund wartet bereits das potentiell für die Menschheit noch gefährlichere Kohlendioxidproblem, das auf das Verheizen fossiler Brennstoffe und auf Waldrodungen zurückzuführen ist. Um effiziente Massnahmen gegen diese Entwicklungen zu ergreifen, benötigen wir bessere wissenschaftliche Erkenntnisse über das anscheinend sehr komplexe Ursachen-Wirkung-Netz. In dieser wissenschaftlichen Evaluation soll auch die Frage der künstlichen Radioaktivität – und der natürlichen Strahlung als Standortfaktor – abgehandelt werden. Solange es sich jedoch beim künstlichen Beitrag um einen Bruchteil der natürlichen Inventare handelt, sollte die heute als vernachlässigbar eingestufte Wirkung von Radionukliden auf pflanzliche Organismen nicht zum Hinderungsgrund werden, vorrangigere Aufgaben im Problembereich Waldsterben anzupacken. Falls aus mehrheitlich politischen Gründen das Siechtum unserer Wälder gewissen «Bösewichten vom Dienst» wie der Kernenergie oder einem bestimmten Wirtschaftssystem in die Schuhe geschoben werden könnte, ist letztlich eine schnelle und geeignete Therapie unserer Forste in Frage gestellt. Zuviele unserer Zeitgenossen würden sich leider allzu gerne mit der Jagd nach Sündenböcken zufrieden geben, anstatt teure und einschneidende Massnahmen zur Schonung unserer Wälder zu unterstützen.

Résumé

Y a-t-il un rapport entre la radioactivité artificielle et le dépérissement des forêts?

Depuis quelque temps, pour des raisons politiques, on envisage, outre celle des polluants chimiques, l'éventualité d'une action nocive sur les forêts de la radioactivité d'origine artificielle. Les principales substances mises en cause sont le carbone-14 (^{14}C) et le tritium (^3H) qui sont dégagés par les centrales nucléaires et les explosions expérimentales de bombes atomiques. Cependant, la comparaison des quantités ainsi générées avec celles que produit le rayonnement solaire dans l'atmosphère montre

que la radioactivité artificielle ne représente qu'une petite part de celle qui a une provenance naturelle. Et que l'exposition supplémentaire des plantes aux radiations d'origine artificielle est de loin inférieure à celle qui peut être provoquée par les variations de la radioactivité naturelle.

Même dans le cas du gaz rare krypton-85 (^{85}Kr), qui, par la formation d'ions, est la cause indirecte de réactions électriques de l'atmosphère qui permettent la formation d'ozone, les quantités artificiellement créées restent près de mille fois inférieures à la production naturelle — due aux rayonnements terrestre et cosmique, ainsi qu'au radon et à ses dérivés.

Ces faits dépeignent une situation très différente de celle qui caractérise les polluants chimiques; dont, actuellement, les concentrations atmosphériques atteignent en Europe des multiples de leurs niveaux naturels. On en conclura globalement qu'il n'existe pour l'instant aucun indice scientifique d'une influence sur les forêts de la radioactivité d'origine artificielle.

Literatur

- Bucher, J. B.* (1983): Physiologische Veränderungen und ökotoxikologische Wirkmechanismen. Probleme der Differentialdiagnose. In: Waldschäden durch Immissionen? Gottlieb Duttweiler-Institut, 90–109
- Burkart, W.* (1977): C-14: Radiologische Umweltbelastung durch Kernkraftwerke. EIR-Bericht Nr. 309, 38 S.
- Burkart, W.* (1983): Assessment of Radiation Dose and Effects from Radon and its Progeny in Energy-Efficient Homes. Nuclear Techn., 60, 114–123
- Burkart, W.* (1984): Radon und seine Zerfallsprodukte in Wohnräumen: Abschätzung von Strahlenbelastung und Risiko für in der Schweiz gemessene Radon-Pegel. EIR-Bericht Nr. 512, 32 S.
- Eisenbud, M.* (1980): Radioactive Wastes from Biomedical Institutions. Science 207, Nr. 4437
- Loosli, H. H.* (1984): Haben künstlich erzeugte Radioaktivität wie Kr-85, C-14 und H-3 mit der Luftionisation, mit dem sauren Regen und dem Waldsterben etwas zu tun? SVA-Bulletin 3, 21–32
- KUeR* (Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität) (1982), 25 Jahre Radioaktivitätsüberwachung in der Schweiz
- KUeR* (Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität) (1984), 25. Bericht der KUeR für das Jahr 1982 zuhanden des Bundesrates
- Rehfuess, K.-E.* (1983): Walderkrankungen und Immissionen — Eine Zwischenbilanz —. Allgem. Forstzeitschr., 601–610
- Seelig, K.* (1982): Biologische Gefahren durch nicht-rückhaltbare Abgaben aus AKW und WAA. Biersdorf, 26 S.