



30 Jahre nach Tschernobyl – was nach „einer Halbwertszeit“ bleibt

Der Reaktorunfall von Tschernobyl und seine Auswirkungen in Bayern

1 Der Unfall und seine Folgen

Am 26. April 1986 ereignete sich im Kernkraftwerk Tschernobyl ein folgenschwerer Unfall, bei dem erhebliche Mengen radioaktiver Stoffe aus dem Reaktor freigesetzt wurden¹. Das Grafit im Reaktorkern geriet in Brand und führte zu sehr hohen Temperaturen. Dadurch stiegen die freigesetzten radioaktiven Stoffe in große Höhen auf und wurden mit den dort herrschenden Luftströmungen weiträumig verteilt.

Wenige Tage nach dem Beginn des Reaktorunfalls in Tschernobyl erreichte die kontaminierte Luft Bayern und die radioaktiven Stoffe lagerten sich am Boden ab. Durch teilweise starken Regen in dieser Zeit wurde in einigen Teilen Bayerns besonders viel Aktivität aus der radioaktiven Wolke ausgewaschen. So kam es abhängig von der Niederschlagsverteilung zu einer lokal sehr unterschiedlichen Kontamination von Boden, Bewuchs und Oberflächenwasser. Davon waren insbesondere Gebiete südlich der Donau und der Bayerische Wald betroffen.

In der nach Bayern gelangten radioaktiven Luft wurden etwa 30 unterschiedliche radioaktive Nuklide (Spaltprodukte) nachgewiesen. Für die Strahlenexposition der Menschen in Bayern waren anfangs insbesondere die Nuklide Cäsium-137, Cäsium-134 und Iod-131 von Bedeutung. Die Nuklide Iod-131 und Cäsium-134 waren dabei auf Grund ihrer kürzeren Halbwertszeiten (Iod-131 circa 8 Tage, Cäsium-134 circa 2 Jahre) bald für die Strahlenexposition nicht mehr relevant. Das Spaltprodukt Strontium-90 (Halbwertszeit 29 Jahre) wurde ebenfalls in größeren Mengen in Tschernobyl freigesetzt. Da es schwer flüchtig ist, wurde es jedoch nicht in so weit entfernte Gebiete verfrachtet, sondern ging im näheren Umfeld des Unfallortes nieder. Es gelangte daher nur wenig Strontium-90 nach Bayern.

Heute trägt von den in Tschernobyl freigesetzten radioaktiven Stoffen im Wesentlichen noch das langlebige Cäsium-137 zur Strahlenexposition der Bevölkerung bei. Die Halbwertszeit von Cäsium-137 beträgt etwa 30 Jahre, so dass die 1986 deponierte Aktivität bis heute etwa zur Hälfte zerfallen ist.

¹ Weitere Informationen zum Unfall unter
http://www.grs.de/sites/default/files/kurzbeschr_unfallablauf_tschernobyl_20110418.pdf

2 Überwachung der Umweltradioaktivität

Nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl wurde die seit den 1960er-Jahren bestehende Überwachung der Umweltradioaktivität in Deutschland deutlich ausgeweitet:

In Bayern wurde das Immissionsmessnetz für Radioaktivität (IfR)² aufgebaut. Dieses automatische Messnetz mit 31 über das ganze Land verteilten Messstationen liefert kontinuierlich Informationen über die aktuelle radiologische Situation in Bayern. Rund um die Uhr werden dort die Gamma-Dosisleistung, die Aerosol- und die Iod-Aktivitätskonzentrationen in der Luft gemessen. Alle Messergebnisse werden an das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) übermittelt und dort kontrolliert. Zusätzlich ist an den Messgeräten eine sehr niedrige Alarmschwelle eingerichtet, bei deren Überschreitung im LfU ein Alarm ausgelöst wird. Diese Alarme werden durch eine Rufbereitschaft auch nachts, am Wochenende und an Feiertagen bearbeitet. So können frühzeitig Erhöhungen der Messwerte, beispielsweise bei erneuter Ankunft einer radioaktiven Wolke aus dem Ausland, erkannt und eventuell notwendige Maßnahmen ergriffen werden.

Als Konsequenz aus dem Unfall in Tschernobyl trat noch im Jahr 1986 das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG)³ in Kraft. Es legt unter anderem fest, dass regelmäßige Proben aus verschiedenen Umweltbereichen auf Radioaktivität untersucht werden müssen. Beprobte werden für den Menschen relevante Umweltmedien, wie z. B. Lebens- und Futtermittel, Gewässer, Trink- und Grundwasser oder Boden. Heute werden im Rahmen der routinemäßigen Umweltüberwachung von den Bundesländern jährlich insgesamt rund 13.000 Laboranalysen durchgeführt. Davon entfallen auf Bayern etwa 1.800 Untersuchungen, die in den Strahlenschutzlaboren des LfU in Augsburg und Kulmbach durchgeführt werden. Die Messdaten werden in elektronischen Erfassungssystemen gespeichert und ausgewertet. Zusätzlich veröffentlicht das LfU die Messwerte der letzten drei Jahre auf seiner Internetseite⁴.

3 Strahlenexposition in Bayern durch den Unfall von Tschernobyl

Radioaktive Stoffe in der Umwelt tragen auf verschiedenen Wegen zu einer Strahlenexposition des Menschen bei (Expositionspfade; Abb. 1). Im Wesentlichen ist zu unterscheiden zwischen

- der Strahlenexposition von außen durch radioaktive Stoffe in der Luft und durch Ablagerung von radioaktiven Stoffen am Boden sowie
- der Strahlenexposition von innen durch Einatmen von kontaminierter Luft und durch Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den Körper über Lebensmittel und Trinkwasser.

Über die Überwachung der Luft (IfR), die regelmäßige Beprobung von Boden und Wasser und die Untersuchung der Ernährungsketten „Wasser“ und „Land“ werden die einzelnen Expositionspfade betrachtet.

² siehe auch <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/ifr/index.htm>

³ siehe auch <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/strahlenschutzvorsorge/index.htm>

⁴ <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/umrei/strvgprobe>

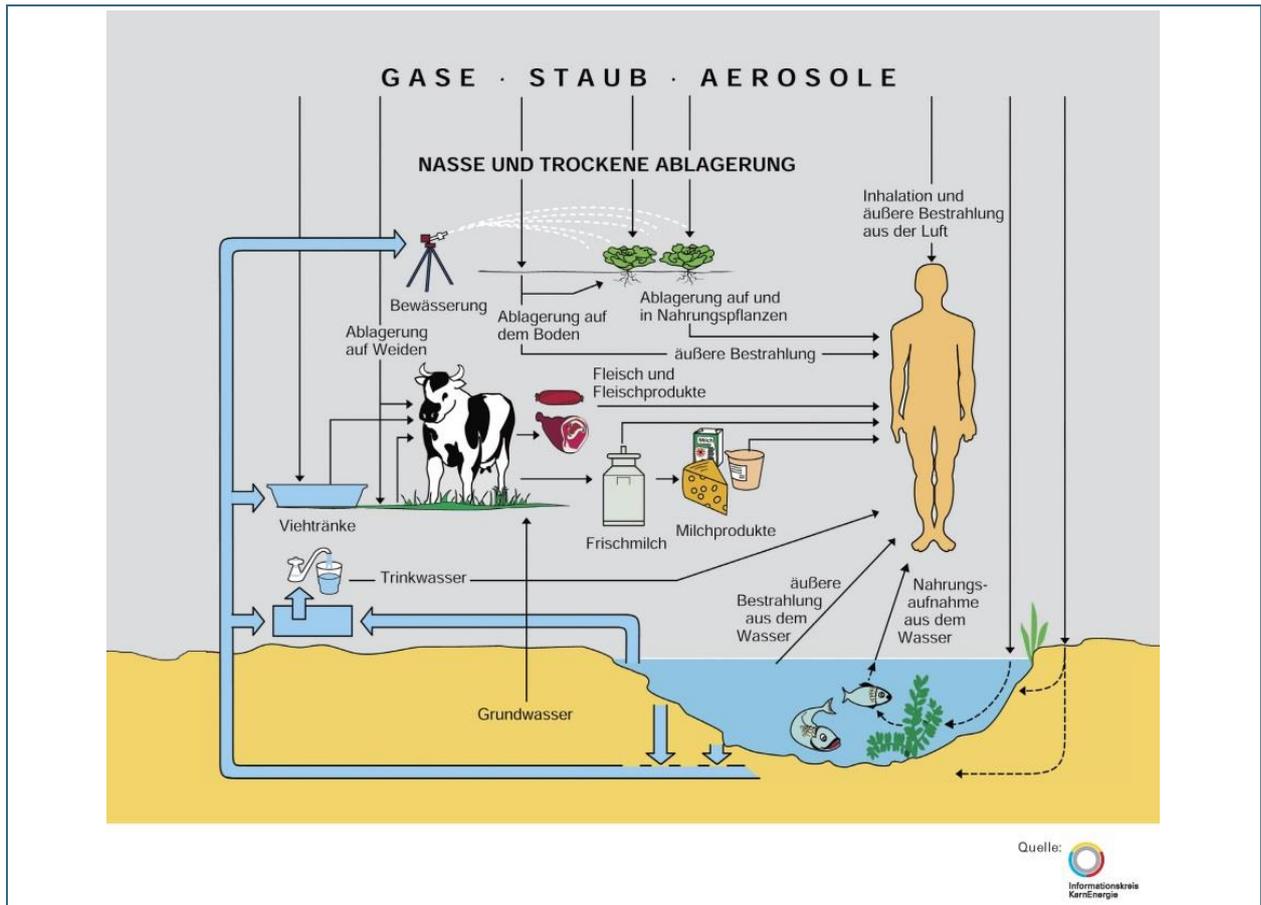


Abb. 1: Mögliche Ausbreitungs- und Transportwege radioaktiver Stoffe zum Menschen; Quelle: Informationskreis Kernenergie

3.1 Äußere Strahlenexposition

Die durch Tschernobyl verursachte Strahlenexposition von außen spielt heute praktisch keine Rolle mehr. Nach dem Unfall in Tschernobyl kam es zwar durch die am Boden abgelagerten radioaktiven Stoffe zu einem schnellen Anstieg der Umgebungsstrahlung, die durch Abklingen der überwiegend kurzlebigen Nuklide ebenso rasch wieder abnahm. Dies ist bei der Betrachtung der Jahresdosis durch Gammastrahlung (Abb. 2) am Beispiel Landshut zu erkennen.

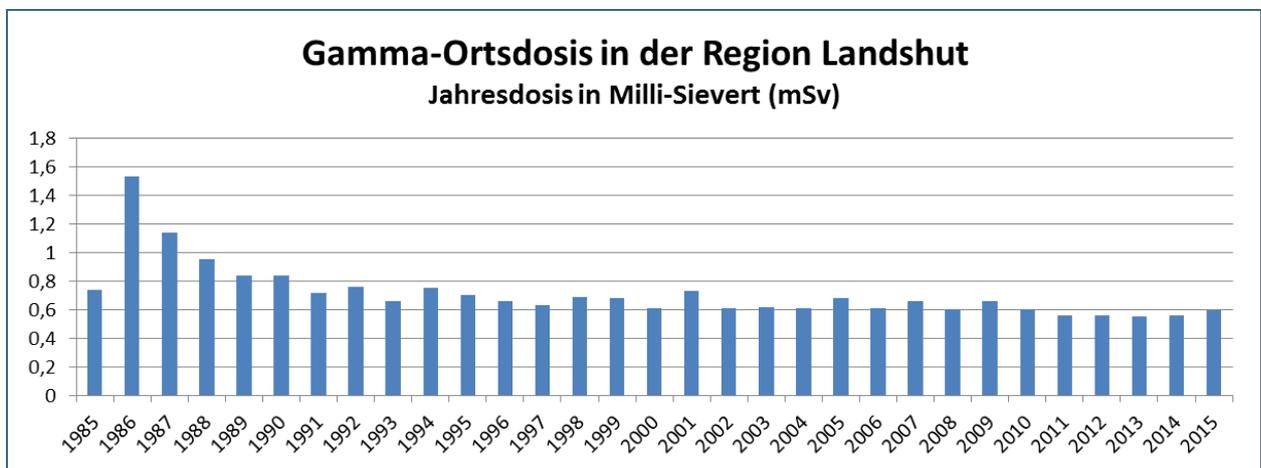


Abb. 2: Verlauf des Mittelwertes der Gamma-Ortsdosis in der Region Landshut.

Die verbleibenden langlebigen Nuklide (Abb. 3), im Wesentlichen Cäsium-137, sind in den meisten Böden mit der Zeit in tiefere Schichten abgesunken. Obwohl also noch Cäsium-137 im Boden vorhanden ist, führt der Abschirmungseffekt des darüber liegenden Bodens zum weiteren Rückgang der daraus resultierenden Umgebungsstrahlung. Die äußere Strahlenbelastung in Bayern entspricht bereits seit Beginn der 1990er-Jahre wieder der natürlichen Umgebungsstrahlung.

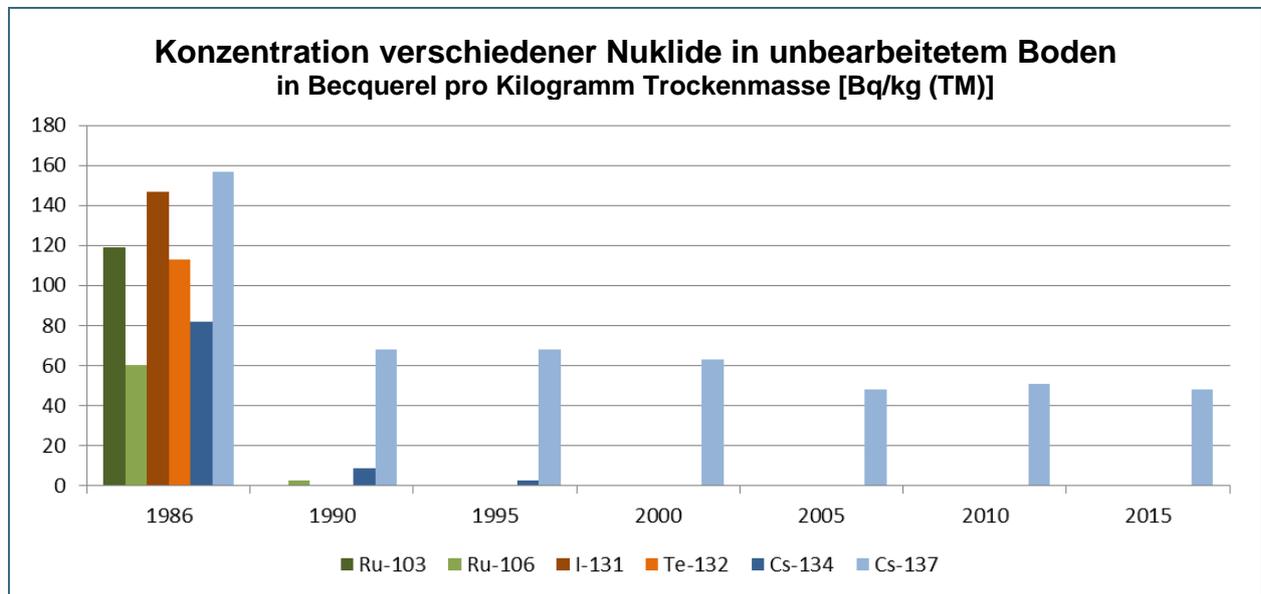


Abb. 3: Übersicht über den Zerfall unterschiedlicher Nuklide in unbearbeitetem Boden basierend auf den Mittelwerten der angegebenen Jahre

3.2 Innere Strahlenexposition

Infolge des Unfalls in Tschernobyl trägt heute nur noch das langlebige Cäsium-137, das durch Lebensmittel und Trinkwasser aufgenommen werden kann, zur inneren Strahlenexposition bei. Daher ist allein dieser radioaktive Stoff in den Ernährungsketten Wasser und Land von Interesse.

Die EU hat Höchstwerte für die Verkehrsfähigkeit von Lebensmitteln für Cäsium (Summe aus Cäsium-137 und Cäsium-134) festgelegt⁵. Diese liegen für Milch, Milcherzeugnisse und Lebensmittel für Kleinkinder bei 370 Becquerel pro Kilogramm Frischmasse (Bq/kg (FM)), für andere Lebensmittel (z. B. Wildbret) bei 600 Bq/kg (FM). Die Höchstwerte gelten für Erzeugnisse und Zubereitungen, die für den unmittelbaren Verzehr bestimmt sind. Wie in Abb. 3 bereits zu erkennen ist, wird Cäsium-134 in Bayern nur noch äußerst selten nachgewiesen und daher für die Bewertung der Verkehrsfähigkeit nicht betrachtet.

⁵ Verordnung (EWG) Nr. 733/2008 des Rates vom 15. Juli 2008

3.2.1 Expositionspfad Ernährungskette Wasser

Zur inneren Strahlenexposition über die Ernährungskette Wasser tragen sowohl die direkte Aufnahme von radioaktiven Stoffen über Trinkwasser als auch die indirekte Aufnahme über den Verzehr von Fischen aus bayerischen Gewässern bei.

Trinkwasser wird in Bayern größtenteils aus Grundwasser gewonnen. In wenigen Fällen konnten künstliche Radionuklide in Spuren im Trink- und Grundwasser nachgewiesen werden. Seit Anfang der 1990er-Jahre sind keine Nachweise mehr zu verzeichnen.

Ein Teil der auf dem Boden abgelagerten Stoffe wird durch Niederschläge abgewaschen und gelangt in Flüsse und Seen. Dort findet man sie im Wasser, in Schwebstoffen und nach dem Absetzen auch im Sediment. Die in Flüsse und Seen eingetragenen Stoffe werden dann von Wasserpflanzen und Fischen aufgenommen.

Die Belastung von Fischen ist sowohl von der Fischart als auch vom Gewässertyp sowie von besonderen örtlichen Gegebenheiten abhängig. So sind auf Grund von Anreicherungsprozessen die Aktivitätsgehalte bei den Raubfischen am Ende der Nahrungskette (z. B. Flussbarsche und Hechte) höher als bei Friedfischen (z. B. Karpfen und Renke). Während die Cäsium-Werte in Friedfischen bereits seit 1987 wieder abnahmen, stiegen sie bei Raubfischen von 1986 zu 1987 zunächst an, bevor sie in den Folgejahren wieder sanken (Abb. 4).

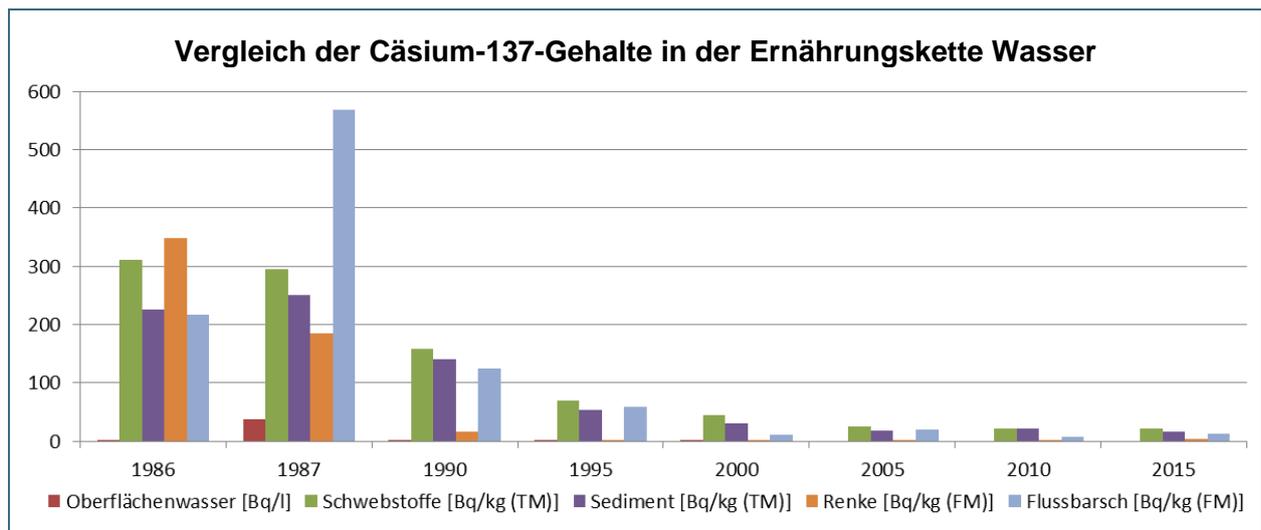


Abb. 4: Vergleich der Mediane (mittlere Werte) von Cäsium-137 in verschiedenen Umweltbereichen der Ernährungskette Wasser

Vergleicht man dieselbe Fischart jedoch in verschiedenen Gewässern (Abb. 5), so findet man stark unterschiedliche Aktivitätswerte. Dies kann, neben der unterschiedlichen Anfangskontamination der Gewässer, unter anderem auch auf die unterschiedlichen Wasseraustauschzeiten der Seen (d.h. die Zeit, in der durch Zu- und Abfluss das Wasser im See komplett erneuert wird) zurückgeführt werden (Starnberger See rund 20 Jahre, Chiemsee rund ein Jahr)⁶. Langsamere Wasseraustausch bedingt ein längeres Verbleiben und somit eine höhere Konzentration von eingetragenen Radionukliden, die sich in der Aktivitätskonzentration im Fisch widerspiegelt.

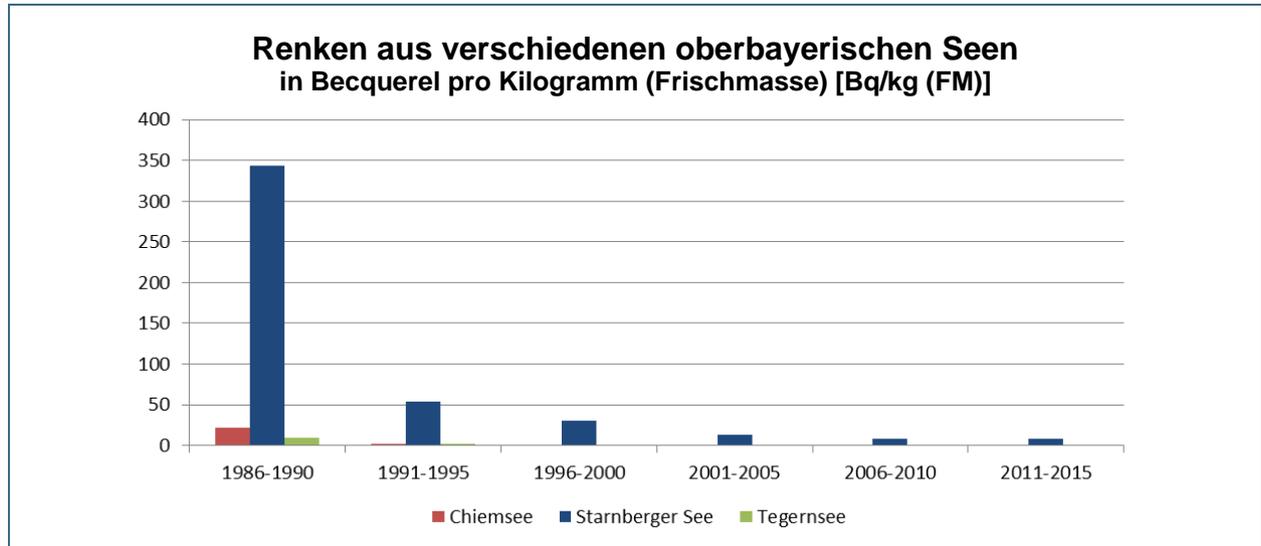


Abb. 5: Vergleich der Mediane (mittlere Werte) der Cäsium-137-Messwerte von Renken aus verschiedenen oberbayerischen Seen über unterschiedliche Zeiträume

3.2.2 Expositionspfad Ernährungskette Land

Radioaktive Stoffe, die mit der Luft aus Tschernobyl nach Bayern gelangten, lagerten sich insbesondere dort auf dem Boden und auf Pflanzen ab, wo es zu diesem Zeitpunkt regnete. Im Boden abgelagerte Stoffe werden von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen. Durch den Verzehr

- von direkt kontaminierten Pflanzen (nur kurz nach dem Unfall relevant),
- von Pflanzen, die radioaktive Stoffe über die Wurzeln aufgenommen haben oder
- von Fleisch oder Milchprodukten von Tieren, die radioaktive Stoffe über Weidegras oder anderes Futter aufgenommen haben,

können die radioaktiven Stoffe in den menschlichen Körper aufgenommen werden.

Die Cäsium-137-Konzentration im Boden hat sich seit dem Unfall in Tschernobyl abhängig von der Nutzung sehr unterschiedlich entwickelt.

In Ackerböden wird durch regelmäßiges Umpflügen das Cäsium in tiefere Bodenschichten verlagert. Es ist daher für die auf dem Acker wachsenden Pflanzen kaum mehr verfügbar. Durch das jährliche Abernten der Kulturpflanzen kann es nicht zu einer längerfristigen Anreicherung in der Pflanze kommen. Dieser Effekt tritt auch bei Gras auf, das regelmäßig gemäht oder beweidet wird. In landwirtschaftlich erzeugten pflanzlichen Nahrungs- und Futtermitteln sind heute nur noch geringe Cäsium-137-Konzentrationen festzustellen. Daher sind Milch und Fleisch ebenfalls kaum noch belastet⁷.

⁶ Aus „90 Jahre Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, Tätigkeitsbericht 1990“, Kap. 11 Radiologie

⁷ Strahlenhygienische Jahresberichte des LfU: <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/jahresberichte/index.htm>

Im Gegensatz zum Ackerboden finden im Waldboden keine Bodenbearbeitung und nur ein geringer Austrag durch die Entnahme von Pflanzen statt. Durch Laubfall und Verrottung abgestorbener Pflanzen wird aufgenommenes Cäsium wieder dem Boden zugeführt und kann erneut über die Wurzeln von den Pflanzen aufgenommen werden. Dieser Kreislauf führt zu einer Rückführung von Cäsium in den Waldboden. Dieser Unterschied zwischen landwirtschaftlich genutzten Böden und Waldböden zeigt sich beispielsweise beim Vergleich von Beeren aus landwirtschaftlicher Kultur mit Waldbeeren (Abb. 6).

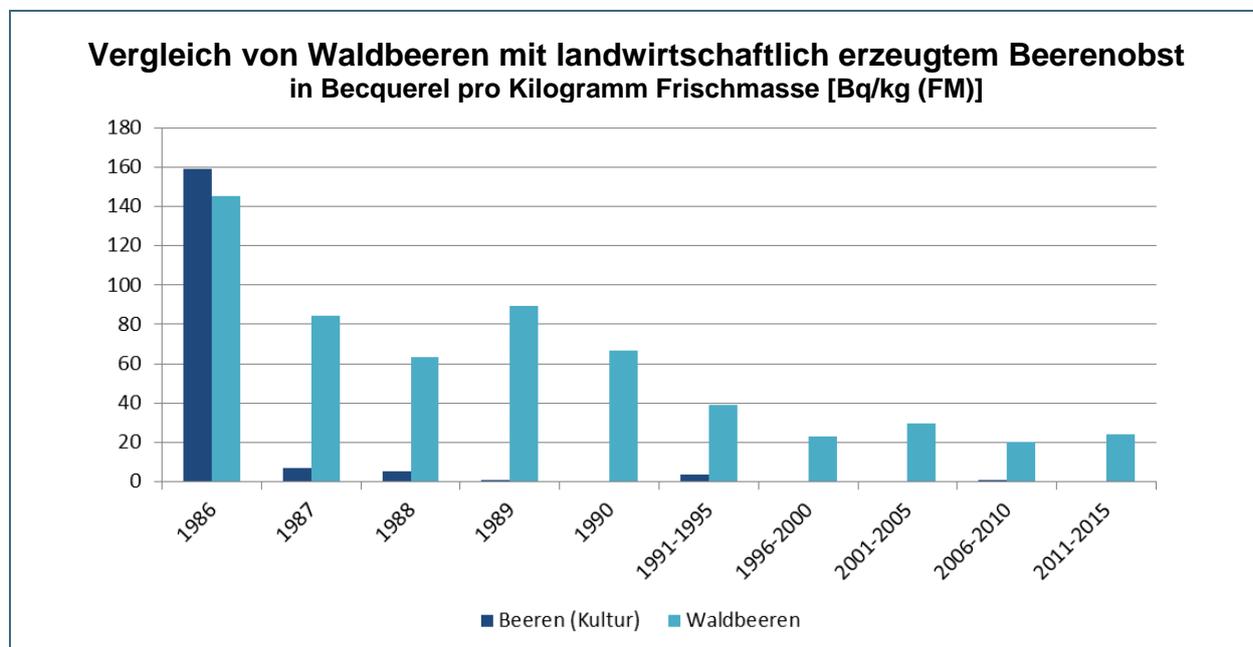


Abb. 6: Vergleich der Mittelwerte der Cäsium-137-Messwerte von Waldbeeren mit landwirtschaftlich erzeugten Beeren

Wie in Waldbeeren sind auch in Wildpilzen und Wildfleisch zum Teil deutlich höhere Cäsium-137-Konzentrationen zu finden als in landwirtschaftlichen Produkten. Die Messergebnisse für Wildfleisch weisen sehr große Unterschiede auf, die neben der regionalen Kontamination des Bodens auch auf art-spezifisches und jahreszeitlich unterschiedliches Äsungsverhalten zurückzuführen sind.

Da vor allem Wildschweine zum Teil noch hohe Aktivitätskonzentrationen aufweisen, wurde in Bayern ein Netz von qualifizierten Wildbretmessstellen etabliert, bei denen Messungen zur Überprüfung der Verkehrsfähigkeit (Unterschreitung des Höchstwertes von 600 Bq/kg (FM)) von Wildfleisch durchgeführt werden.

3.3 Gesamte Strahlenexposition

Die Strahlenexposition des Menschen wird bestimmt durch Strahlung aus natürlichen und künstlichen Quellen (Abb. 7). In Deutschland tragen natürliche und künstliche Quellen jeweils etwa 2 mSv zur gesamten Jahresdosis bei. Zu den künstlichen Strahlenquellen zählt auch der Reaktorunfall in Tschernobyl, jedoch ist der Beitrag zur Gesamtdosis kleiner als 0,011 mSv pro Jahr und damit sehr gering.

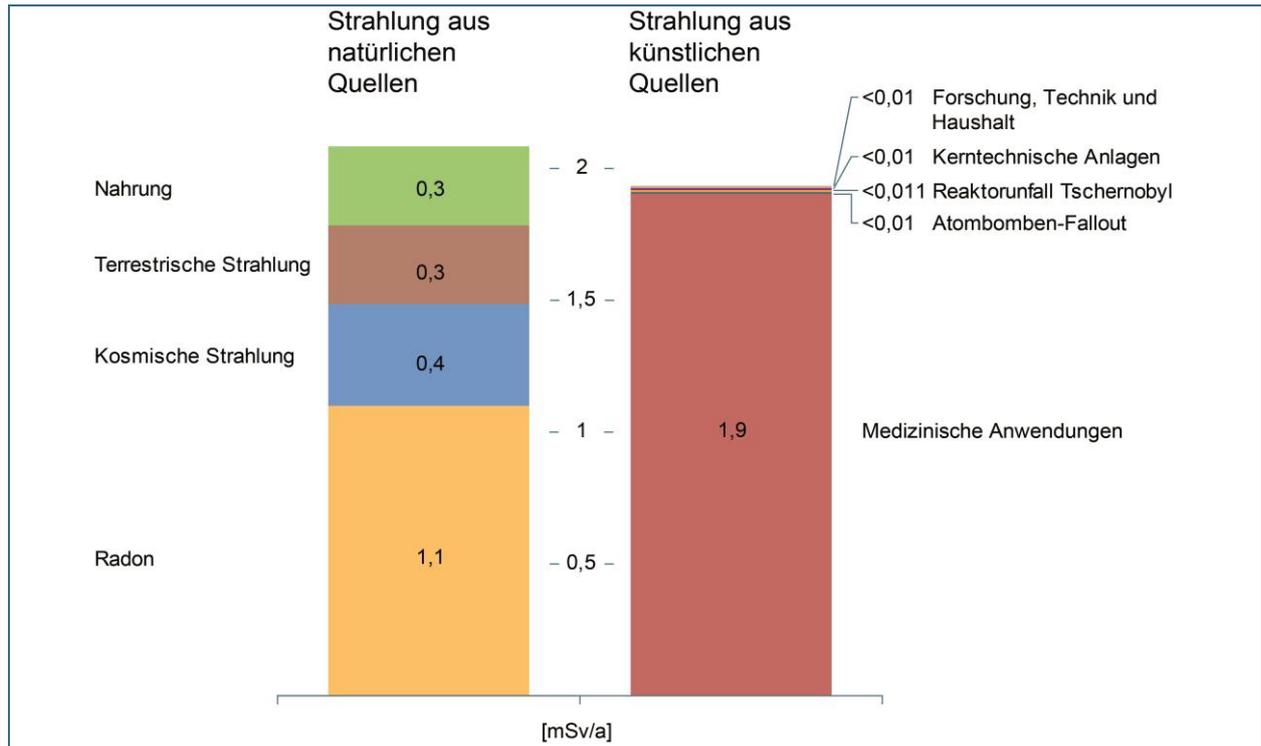


Abb. 7: Dosisbeiträge aus natürlichen und künstlichen Strahlenquellen als effektive Dosis in mSv/a (Jahresbericht 2013 „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des BMUB)

Beim Reaktorunfall in Fukushima im März 2011 wurden zwar ebenfalls große Mengen radioaktiver Stoffe in die Umwelt freigesetzt, jedoch waren der Unfallablauf und die äußeren Bedingungen anders als in Tschernobyl. Durch die bayerischen Messsysteme und -programme wurde nach dem Unfall in Fukushima keine erhöhte Umgebungsstrahlung auf Grund dieses Ereignisses festgestellt.

4 Zusammenfassung

Beim Reaktorunfall in Tschernobyl im April 1986 wurden große Mengen radioaktiver Spaltprodukte freigesetzt. Sie verbreiteten sich auf Grund des Unfallablaufs (Explosion, Grafitbrand) und der Wetterlage auch nach Nord- und Mitteleuropa und erreichten Bayern.

Als Konsequenz wurden umfangreiche Messprogramme zur flächendeckenden Überwachung von radioaktiven Stoffen künstlichen Ursprungs in der Umwelt aufgestellt. Diese dienen sowohl der frühzeitigen Erkennung erhöhter Radioaktivität in der Umwelt als auch der kontinuierlichen Erfassung und Bewertung der Strahlenexposition der Bevölkerung.

Wegen seiner Halbwertszeit von rund 30 Jahren ist heute von den im April 1986 aus Tschernobyl nach Bayern gelangten Nukliden nur noch Cäsium-137 von Bedeutung. Von den verschiedenen Expositionspfaden, die zu einer Strahlenbelastung des Menschen beitragen können, liefert heute lediglich die innere Strahlenexposition durch bestimmte Nahrungsmittel einen Beitrag. Während in landwirtschaftlichen Produkten nur noch sehr geringe Cäsium-137-Aktivitäten gemessen werden, können die Werte in Wildfleisch sowie Waldpilzen und -beeren höher sein. In Trinkwasser wird kein Cäsium-137 nachgewiesen.

Die durch den Unfall in Tschernobyl nach Bayern gelangten radioaktiven Stoffe sind heute teilweise noch messbar, ihr Beitrag zur gesamten Strahlenexposition ist aber sehr gering.

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0

Telefax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Bearbeitung:

Ref. 42 / Sigrid Richter, Thomas Pfau

Bildnachweis:

LfU

Stand:

März 2016

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.