

Teil I - Strahlenbiologie und Strahlenschutz

- [Gammastrahlen](#)
- [Strahlenbiologie](#)
- [Neue Erkenntnisse](#)
- [Nicht tumoröse Krankheitsbilder](#)
- [Strahlenschutz : Richt- und Grenzwerte für Radioaktivität und Radon](#)
- [ICRP und Strahlen-"schutz" ?](#)
- [Autor/Quellen](#)

Die gesundheitliche Relevanz der Radioaktivität und der damit verbundenen ionisierenden Strahlung ist eine wissenschaftlich abgesicherte Tatsache. Jede überschüssige und unnatürliche Dosis radioaktiver Strahlung bewirkt ein zusätzliches Gesundheitsrisiko - insbesondere Krebs. Vor dem Hintergrund neuerer Untersuchungen wird immer deutlicher, daß das Strahlenrisiko im Bereich kleiner Strahlendosen noch immer weit unterschätzt wird. Zudem wird im Niedrigdosisbereich neben Krebserkrankungen auch zunehmend von Krankheitsbildern und Effekten berichtet, die nicht unmittelbar mit einer Tumorentstehung zusammenhängen wie z.B. Störungen des Immunsystems, des Nervensystems und "oxidativem Stress". Innerhalb des internationalen Strahlenschutzes wurden diese Beobachtungen seit fast 50 Jahren konsequent mit Rücksichtnahme auf die Nuklearindustrie vernachlässigt und nur bedingt zu Empfehlungen und Grenzwertfestlegungen herangezogen. Aus Vorsorgeaspekten kann die baubiologische Untersuchung und Bewertung der Baustoff-Radioaktivität und der Radon-Konzentration eine effektive Reduzierung der persönlichen Dosis der gefährlichsten aller Strahlenarten liefern.

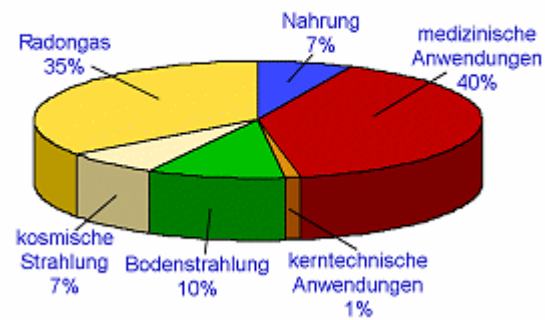
Durch den Einfluß der Zivilisation ist in Bezug auf die durchschnittliche Belastung des Menschen bereits ein beachtlicher Anteil natürlicher und künstlicher Radioaktivität (bis über 100%) hinzugekommen. Hier stehen vor allem Anreicherungen in Baumaterialien, Bergbau, medizinische Anwendungen, Kernenergie und weltweite Kernwaffenversuche im Vordergrund. Die wichtigsten Beiträge ionisierender Strahlung durlliefen.verursacht durch:

Gammastrahlung.

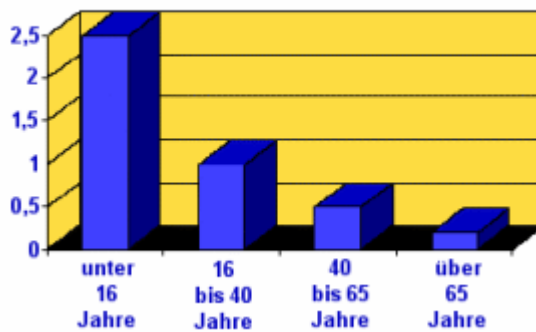
Sie stellt eine sehr energiereiche elektromagnetische Strahlung dar. Diese Strahlungsart dringt tief in das Körpergewebe ein und hat in der Luft eine Reichweite von einigen hundert Metern. Radon. Radon (Rn-222) ist ein radioaktives Gas und ein starker Alphastrahler. Es entweicht aus bestimmten radioaktiven Materialien (Boden, Baumasse) und reichert sich schnell in der Innenraumluft an.

Die derzeit überwiegend aus natürlichen Quellen stammende Strahlenexposition setzt sich aus der äußeren und der inneren Exposition zusammen. Die äußere Einwirkung durch radioaktive Erdstrahlung wird im wesentlichen durch die Gammastrahlung des natürlichen Strahlers Kalium (K-40) und der Zerfallsreihen des Radium (Ra-226) und Thorium (Th-232) verursacht. Bei der inneren Aufnahme überwiegt der Anteil des radioaktiven Gases Radon über die Luft. Kalium sowie die zahlreichen radioaktiven Folgenuklide der natürlichen Zerfallsreihen von Radium und Thorium werden auch über das Trinkwasser und die Nahrung aufgenommen. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gibt für das Jahr 1997 nachfolgende Statistik über die mittlere radioaktive Strahlenbelastung der deutschen Bevölkerung heraus. Es handelt sich hierbei um Mittelwerte, die jedoch relativ großen regionalen und individuellen Schwankungen unterliegen. Die Gesamtbelastung betrug demnach insgesamt durchschnittlich 4 mSv/a und war zu 60 % auf natürliche und zu 40 % auf künstliche Strahlenquellen zurückzuführen.

Aufteilung der mittleren radioaktiven Gesamtbelastung in Deutschland



Relatives Risiko durch radioaktive Strahlenbelastung (Altersgruppe)



Durch Anreicherungen natürlicher Radioaktivität (Erdstrahlung) in Baumaterialien kommt es in vielen Häusern und an Schlafplätzen zu einem erheblich höheren Anteil

an Gammastrahlung, als in der natürlichen Umgebung vorzufinden ist.

Ausgehend von einem in deutschen Wohnräumen zu messenden Mittelwert von ca. 50 Bq/m³ (Becquerel pro Kubikmeter) Radon in der Raumluft berechnet sich, daß der Körper zu 35% allein durch dieses radioaktive Gas belastet wird. In etwa 1-2% der deutschen Wohnungen können bereits weit höhere Radonwerte im Mittel über 250 Bq/m³ gemessen werden. Als Handlungsspielraum für eine effektive Reduzierung der radioaktiven Dosis im Wohnbereich ist in erster Linie die Baumasse und die Luftqualität zu nennen, um die ionisierende Strahlenbelastung so gering wie möglich halten zu können. Zu Einzelheiten in Bezug auf individuelle Einflußgrößen und geeigneter baubiologischer Messtechnik sei auf den Folgebeitrag Umweltradioaktivität, Teil II im Heft 95 von Wohnung und Gesundheit hingewiesen. Zunächst zu den aktuellen Erkenntnissen der Strahlenbiologie und des Strahlenschutzes auf nationaler und internationaler Ebene.

Strahlenbiologie

Die Wirkung der Radioaktivität auf biologische Systeme besteht in der Zerstörung chemischer Strukturen und biochemischer Reaktionsmechanismen im lebenden Organismus durch die sehr energiereiche Alpha-, Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlung. Es kommt z.B. zur Entstehung von Radikalen und Ionen in Organen und Zellen, Spaltung von Bindungen, Bruch von empfindlichen Wasserstoff-Brücken, Hydratisierung, Hydrolysen, etc...

Die bei radioaktiver Bestrahlung biologischer Systeme zu beobachtenden Effekte sind die Schädigung bzw. Abtötung von Organismen und Zellen, das Auftreten von Mutationen und Krebs. Für krebsauslösende Wirkungen sind in erster Linie die Schädigung der DNA und Chromosomenbrüche in der Zelle verantwortlich, die bei erhöhtem Auftreten durch das zelleigene Reparatursystem nicht mehr ausreichend behoben werden können. Innerhalb des bestrahlten menschlichen Gewebes entsteht eine erhöhte Anzahl von mutierten lebens- und vermehrungsfähigen Krebszellen.

Radioaktive Strahlung bewirkt somit unkontrollierbare Veränderungen an den Chromosomen (DNA, Erbinformation) und den Zellmembranen (Zellstoffwechsel). Bei der Zellteilung und -vermehrung werden strahlungsbedingte Veränderungen des Erbgutes (DNA) an Folgegenerationen - zunächst unerkant - weitergegeben und verbreitet. Besonders strahlenempfindlich reagieren die Stammzellen der Erneuerungsgewebe wie Knochenmark, Haut und die Keimzellen. Das strahlenbedingte Krebsrisiko ist wesentlich vom Alter bei der Bestrahlung abhängig. Das relative Risiko bei Kindern unter 16 Jahren ist ca. fünfmal höher als das bei Erwachsenen über 40.

Neue Erkenntnisse

Die Meinungen über die Wirkung kleiner Strahlendosen gehen in der Wissenschaft, Industrie und Politik weit auseinander. Erkenntnisse neuerer Untersuchungen an Modellsystemen, aber auch an exponierten Populationen zeigen immer deutlicher, daß das Strahlenrisiko im Bereich kleiner Strahlendosen noch immer erheblich unterschätzt wird. Biologische Risiken durch Radioaktivität entstehen auch schon bei kleinen Strahlendosen durch Summation über einen langen Zeitraum. Kurzzeitige, aber hohe Strahlenintensitäten werden vom menschlichen Organismus schneller kompensiert als langfristige, aber schwache Strahlendosen. Nachdem sich durch den Unfall in Tschernobyl die wissenschaftliche Aufmerksamkeit schwerpunktmäßig auf den stark gestiegenen Schilddrüsenkrebs (Einlagerung radioaktiven Iods) gelenkt hat, zeigt sich jetzt in neueren Veröffentlichungen aus der Ukraine und aus Weißrußland ein deutlicher Anstieg von Leukämien bei Kindern und Erwachsenen. Desweiteren sind auch Krankheiten aufgetreten, die bislang nicht in Verbindung mit Strahlung gebracht wurden. Nach einer Studie von 1997 konnte in der unmittelbaren Umgebung von bundesdeutschen Kernkraftwerken eine signifikante Erhöhung der Krebsrate bei Kindern beobachtet werden. Die frühkindliche Leukämierate liegt im Nahbereich der Leistungsreaktoren um etwa den Faktor 3 höher als in durchschnittlich belasteten Gebieten. Auch bei der medizinisch-diagnostischen Anwendung ionisierender Strahlung (z.B. Röntgen, Szintigramme) handelt es sich im allgemeinen um kleine Dosen. Im internationalen Vergleich ist die medizinische

Strahlenexposition in Deutschland deutlich höher als in anderen Industrienationen. Die medizinische Strahlenbelastung wird von einigen Wissenschaftlern auch für den starken Anstieg der Brustkrebshäufigkeit verantwortlich gemacht.

Nicht tumoröse Krankheitsbilder

Eine statistische Untersuchung in den USA konnte aufzeigen, daß durch die zusätzliche Radioaktivität der weltweit durchgeführten Atombombentests die Säuglingssterblichkeit enorm (ca. 30%) zugenommen hat. Für den Zeitraum von 1945 bis 1995 konnte aufgezeigt werden, daß überwiegend durch den Beitrag des globalen radioaktiven Fallouts die erhöhte Säuglingssterblichkeit in USA zu insgesamt ca. 900.000 frühkindlichen Todesfällen geführt hat. Die genomische Instabilität, eine bisher unerwartete Strahlenwirkung, führt in den Nachkommen der bestrahlten Zellen erst ca. 10 bis 15 Zellteilungen später zu chromosomalen Schäden und Veränderungen. Der Petkau-Effekt beschreibt Zellmembranschäden durch strahleninduzierte freie Sauerstoffradikale. Durch diese Art „oxidativen Stress“ steigt die relative Schädigung sogar mit abnehmender Dosisrate. Durch diesen Effekt konnte erstmals erklärt werden, daß niedrige chronische radioaktive Strahlendosen vielfach gefährlicher sind, als aufgrund der linearen Extrapolation von hoch (Opfer Hiroshimabombe) nach tief (globaler Fallout) zunächst angenommen wurde. Besonders die zuletzt genannten Effekte beziehen sich auf Wirkmechanismen, die ebenfalls bei chemischen Noxen (Wohngifte, chemische Schadstoffe) in z.T. identischer Weise als „oxidativer Stress“ beschrieben wurden. Synergistische und gegenseitig verstärkende Wirkungen zwischen ionisierender Strahlung und Umweltgiften sind im Niedrigdosis- bzw. Niedrigkonzentrationsbereich daher besonders zu beachten.

Das Gas Radon ist besonders gefährlich, da es als unsichtbares, geruch- und geschmackloses Gas direkt in die Lunge gelangt. Beim Einatmen radonhaltiger Luft werden ca. 25 % des radioaktiven Gases vom Körper aufgenommen. Das kurzlebige Radon zerfällt in der Lunge direkt, zerstrahlt in Körperflüssigkeiten und hinterlässt dort eine Kette von weiteren Strahlungsprozessen durch seine ebenfalls radioaktiven Zerfallsprodukte im ganzen Organismus. Radon und die Produkte seiner radioaktiven Zerfallskette wirken so direkt innerhalb des Körpers. Radioaktive Kleinionen als Folgeprodukte in der Luft lagern sich zusätzlich an lungengängigen Feinstaub an und finden ebenso den Weg in den Körper.

Durch die einwirkende Alphastrahlung ist das Gesundheitsrisiko, insbesondere für Lungenkrebs, sehr hoch. Nach statistischen Schätzungen kommt es in den alten Bundesländern jährlich zu 2000 - 6000 zusätzlichen Lungenkrebstoten (das sind ca. 4 -12 %) bereits durch die mittlere Radongaskonzentration von ca. 50 Bq/m³ in der Raumluft. Damit ist das Radon nach dem Rauchen die zweithäufigste Ursache von Lungenkrebs. Durch die Summe von Radonbelastung und Rauchen wird das Krebsrisiko noch um ein Vielfaches erhöht.

STRAHLENSCHUTZ

Richt- und Grenzwerte für Radioaktivität und Radon

Aus der Vielseitigkeit der heutzutage anfallenden umweltbedingten Risiken ist es oft aufgrund von mangelnden Untersuchungsergebnissen praktisch unmöglich, eindeutige Ursache-Dosis-Wirkungsbeziehungen aufzustellen. Bei Einhaltung der daraus resultierenden Grenzwerte kann von keiner Stelle ein Schutz der Gesundheit garantiert werden. Hier ist es nun angezeigt, die Bedeutung des Wortes „Grenzwert“ in das richtige Licht zu rücken, so wie es im März 1998 von Prof. Dr. Roland Scholz bei seinem Vortrag bei dem internationalen Kongreß „Die Wirkungen niedriger Strahlendosen“ in Münster nahegelegt wurde. Demnach gilt sinngemäß:

Grenzwerte sind dazu geschaffen, um das Gesundheitsrisiko der Allgemeinbevölkerung im Sinn einer wirtschaftlichen Verträglichkeit in angemessenen Grenzen zu halten, wobei ein statistisch ermittelter Verlust an Lebenstagen oder -jahren für die Bevölkerung in Kauf genommen werden muß.

Glücklicherweise gilt in der Baubiologie und für alle baubiologischen Untersuchungen:

Jede machbare Reduzierung ist anzustreben, Maßstab ist stets die Natur.

Strahlenschutz in Deutschland wird in erster Linie durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und die Strahlenschutzkommission (SSK) reglementiert.

Die akut tödliche Strahlendosis liegt nach heutigen Erkenntnissen bei ca. 7 Sievert (Sv). Die amtliche Röntgenverordnung hielt Anfang des Jahrhunderts ganze 2,5 Sievert pro Jahr noch für unbedenklich. Nach dem 2. Weltkrieg waren es nur noch 250 mSv/a (Millisievert pro Jahr) und Anfang der 60er Jahre noch 5 mSv/a. Heute gilt für die allgemeine Bevölkerung als Empfehlung ein Wert unter 2 mSv/a. Die aktuelle Strahlenschutzverordnung fordert für die Bevölkerung, daß neben der natürlichen Umgebungsstrahlung die zivilisatorische Zusatzbelastung höchstens 1,5 mSv/a ausmachen darf. Für den Arbeitsplatz sind es nach Verordnung 15 bzw. 50 mSv/a. Zum Vergleich: Hintergrundbelastung im Mittel (ohne medizinische Anwendungen) ca. 2,6 mSv/a.

Konform mit diesen Empfehlungen wird für Baustoffe dazu geraten, eine Gesamtbelastung von 1,5 mSv/a innerhalb von Häusern nicht zu überschreiten. Eine Überprüfung wird durch ein spezielles Bewertungsschema für Baustoffradioaktivität ermöglicht. Leider liegen derzeit nur sehr wenige Baustoffgutachten vor.

Es zeigt sich bei kritischer Betrachtung, daß die gültigen Empfehlungen durch auffällige Baumassen-Radioaktivität und Radonbelastungen in Häusern leicht um ein Vielfaches überschritten werden können. Die baubiologischen Richtwerte beziehen sich auf die prozentuale Erhöhung der Gammastrahlung bezogen auf die jeweilige natürliche Umgebungsstrahlung. Sie berücksichtigen die Störungen durch Baustoffe und setzen die untere Grenze auf 30% Erhöhung, über 100% sind als extreme Anomalie an Schlafplätzen zu bewerten.

Die SSK empfiehlt für Wohnräume Jahresmittelwerte der Radonkonzentration bis 250 Bq/m³ nicht zu überschreiten. Ab 1000 Bq/m³ werden erst umfangreichere Sanierungsmaßnahmen empfohlen. In Gebieten mit erhöhten Radon-Vorkommen wird jedoch empfohlen, neue Häuser generell radongeschützt zu bauen. Die baubiologischen Richtwerte für Radon orientieren sich an den durchschnittlichen Jahresmittelwerten im Freien (Bodennähe ca. 15 Bq/m³). Ab 20 Bq/m³ treten schwache Anomalien auf und über 200 Bq/m³ sind bereits als Extremwerte zu betrachten.

ICRP und Strahlen-"schutz" ?

Auf dem Gebiet des internationalen Strahlenschutzes hat eine einzige Expertenkommission einen besonders großen Einfluß auf politischer Ebene. Diese Organisation nennt sich International Commission on Radiological Protection, kurz ICRP. Die ICRP besteht aus 13 Wissenschaftlern und wird als die höchste Autorität auf dem Gebiet des Strahlenschutzes betrachtet. Es gibt keine vergleichbare Einrichtung für die Schutzbestimmungen und die Regulierung von anderen Gefahrstoffen am Arbeitsplatz und in der Umwelt. Derzeit wächst die Kritik an dieser Kommission, da deren Empfehlungen in der Vergangenheit und bis in die heutige Zeit nicht dem Stand der wissenschaftlichen Strahlenforschung entsprechen. Dieser Kommission wird u.a. vorgeworfen, sich zu sehr den Anforderungen der Nuklearindustrie zu unterwerfen und gezielt kritische, besorgte und unabhängige Wissenschaftler (u.a. Nobelpreisträger Linus Pauling) ausgegrenzt zu haben. Die SSK hat die Empfehlungen der ICRP bisher immer ohne Änderungen oder kritische Anmerkungen für den deutschen Strahlenschutz in Deutschland übernommen. Parallelen zu der heutigen kontroversen Diskussion über die Wirkung nichtthermische Wirkungen bei hochfrequenter Strahlung liegen auf der Hand.

Autor:

Dr. Thomas Haumann, Essen Umweltanalytik und Baubiologie

Quellen:

Internationaler Kongreß „Die Wirkungen niedriger Strahlendosen“ Münster. 19. bis 21. März 1998

Prof. Dr. Wolfgang Köhnlein „Der nationale und internationale Strahlenschutz: die ICRP und die SSK – ihre Aktivitäten und Empfehlungen“ Teil I und II in umwelt.medizin.gesellschaft 2/99 und 3/99

„Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1997“ **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit** 1999

Erschienen in Wohnung und Gesundheit Frühjahr 2000, Nr. 94 (ISSN 0176-0513)