

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 115 (1997)
Heft: 16

Artikel: Radon in Gebäuden: 100 Jahre nach der Entdeckung der Radioaktivität
Autor: Moor, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79225>

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: 18.03.2025

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

Hans Moor, Winterthur

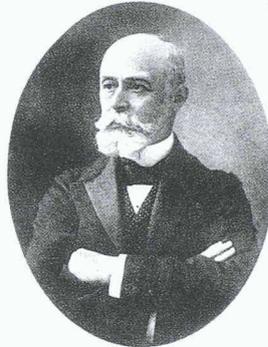
Radon in Gebäuden

100 Jahre nach der Entdeckung der Radioaktivität

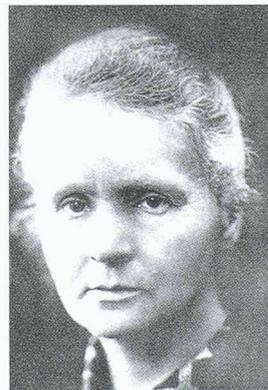
Das gasförmige und radioaktive Element Radon kann in zerklüftetem Gestein an die Erdoberfläche diffundieren und so in Häuser gelangen. In den letzten Jahren sind Radonkaster erstellt worden, die zeigen, dass vor allem die Bevölkerung im Alpengebiet deutlich höheren Belastungen ausgesetzt ist als diejenige des Mittellands und Juras. Die vielfach geäusserte Vermutung, dass Energiesparhäuser einer besonders starken Radonbelastung ausgesetzt seien, konnte aber in einer wissenschaftlichen Arbeit widerlegt werden.

Am 1. März 1896 entdeckte der französische Physiker Henri Becquerel (Bild 1) durch Zufall das Phänomen der Radioaktivität: Er stellte fest, dass gewisse Uranverbindungen ohne äusseres Zutun Photoplaten schwärzen. Im Rahmen ihrer Doktorarbeit entdeckte Maria Slodowska (1867-1934, Bild 2) zusammen mit weiteren Mitarbeitern - darunter auch ihrem späteren Ehemann Pierre Curie - in mühsamer Kleinarbeit weitere radioaktive Substanzen, darunter Thorium, Polonium und Radium. Das Isotop Radium-226 spielte im Verlauf der weiteren Erforschung der Radioaktivität eine Schlüsselrolle. Es entsteht aus Uran-238 durch einen mehrstufigen Zerfallsprozess und zerfällt seinerseits weiter in das Tochterelement Radon, welches als einziges Isotop in dieser Zerfallsreihe gasförmig ist und deshalb die Erdkruste verlassen kann.

Für ihre Erkenntnisse erhielten die Curies zusammen mit Henri Becquerel 1903 den Nobelpreis für Physik. Zu Ehren von



1
Henri Becquerel, 1852-1908



2
Marie Curie, 1867-1934

Madame Curie, die nach lebenslangem Umgang mit radioaktiven Substanzen 1934 an Anämie starb, wurde die Einheit der Radioaktivität einer Quelle Curie benannt. Eine Quelle aus einem Gramm reinen Radiums stellt eine Aktivität von 1 Curie = 1 Ci dar. Seit der Einführung des internationalen Einheitensystems (SI) ist das Becquerel (Bq) die Aktivitätseinheit. Ein Bq entspricht einem atomaren Zerfallsprozess

pro Sekunde (Details zu den Einheiten und Grössen s. Kasten).

Die wichtigsten Zerfallsarten

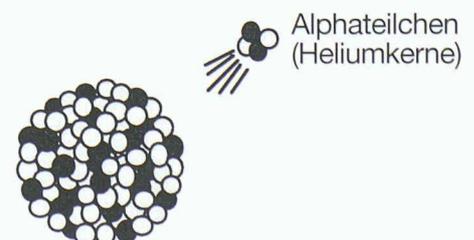
Über die Natur der Zerfallsprozesse, die im Innern der Atome ablaufen, wissen wir heute recht genau Bescheid. In der Reihenfolge ihrer Entdeckung wurden die wichtigsten Strahlenarten mit α -, β - und γ -Strahlung bezeichnet. Bilder 3, 4 und 5 veranschaulichen schematisch, wie sich die Atomkerne bei diesen Zerfallsarten umwandeln. Im allgemeinen ändert sich die Ordnungszahl, d.h. die Anzahl Protonen des Kerns. Durch den radioaktiven Zerfall können somit neue Elemente entstehen.

- **Alphazerfall:**
Durch das Aussenden von Alphateilchen sinkt die Ordnungszahl Z um zwei und die Massenzahl A um vier Einheiten (Bild 3).
- **Betazerfall:**
Im Kern zerfällt ein Neutron (n) in ein Proton (p) und ein Elektron (e^-). Während das Betateilchen den Kern verlässt, bleibt das entstandene Proton im Kern und erhöht die Ordnungszahl Z um eine Einheit (Bild 4). Die Massenzahl bleibt unverändert.
- **Gammastrahlung:**
Bei der Gammastrahlung handelt es sich um elektromagnetische Wellen (γ -Quanten), die den Röntgenstrahlen ähnlich sind. Die Ordnungszahl Z und die Massenzahl A des Atomkerns bleiben unverändert (Bild 5). Die Energie der ausgesandten γ -Quanten ist etwa 1000mal grösser als diejenige von Röntgenstrahlen.

Radon

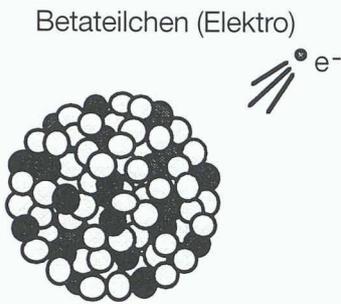
Das gasförmige und radioaktive Element Radon entsteht letztlich, wie wir bereits oben gesehen haben, durch den radioakti-

3
Alphazerfall

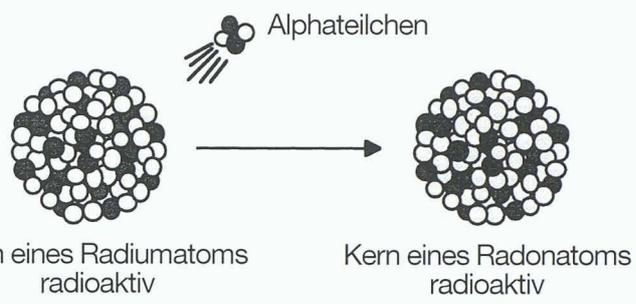
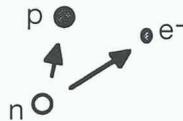


Wichtigste Grössen und Einheiten zur Radioaktivität, Dosis und Äquivalentdosis

Grösse	Anwendung auf	Einheiten	
		alt	neu
Aktivität	radioaktive Quelle	Curie (Ci)	Becquerel (Bq) $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$
Energiedosis	Material	Rad	Gray (Gy)
Äquivalentdosis (Biologische Dosis)	Mensch	rem	Sievert (Sv)
Umrechnungsfaktoren:			
		$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$	
		$1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rad}$	
		$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$	



4
Betazerfall



6
Umwandlung von Radium zu Radon



ven Zerfall von Uran. Da Uran nahezu überall in der Erdkruste vorkommt, gibt es auch fast überall Radon. Besonders hoch ist seine Konzentration in Metallbergwerkstollen, insbesondere in Uranminen. Radon hat mehrere Isotope, die sich durch das Gewicht ihrer Atomkerne unterscheiden, das wichtigste ist Radon Rn-222. Das Mutterelement des Radons ist das Radium (Bild 6).

Das Radonisotop Rn-222 hat eine Halbwertszeit von etwa vier Tagen. Die Strahlung besteht aus energiereichen Alphateilchen. Der nach dem Zerfall zurückbleibende Kern zerfällt seinerseits weiter, bis er schliesslich zu einem stabilen Bleikern wird. Unter den Zwischenprodukten des Zerfalls, den sogenannten Tochtersubstanzen, befinden sich die Poloniumisotope Po-218 und Po-214 mit den Halbwertszeiten von drei Minuten beziehungsweise 150 Mikrosekunden.

Das gasförmige Radon kann in zerklüftetem Gestein an die Erdoberfläche diffundieren und von dort in die Häuser gelangen. Dabei wird es von Menschen und Tieren eingeatmet. Wegen seiner viertägigen Halbwertszeit wird beinahe alles eingeatmete Radon auch wieder ausgeatmet, bevor die Atomkerne in der Lunge zerfallen. Dagegen erzeugen die Poloniumisotope bei jedem Atemzug in der Lunge ener-

giereiche Alphateilchen, die in die Bronchialwände eindringen, wo sie die Basalzellen der Epithelschicht schädigen und damit die Krebsentstehung begünstigen.

Radonbelastungen in der Schweiz

Radon kann - wie Bild 7 zeigt - auf verschiedene Weise ins Gebäude gelangen. Im Rahmen eines Forschungsprogramms des Bundes wurden an verschiedenen Orten in der Schweiz die Radonkonzentrationen gemessen. In letzter Zeit haben auch verschiedene Kantone damit begonnen, Radonkataster aufzustellen. Dabei zeigte sich, dass die Messwerte im Alpengebiet deutlich höher sind als im Mittelland oder im Jura (Bild 8). Es wäre aber falsch, von diesen Katasterwerten auf die Radonbelastung eines einzelnen Hauses zu schliessen, wie die folgenden Messwerte zeigen:

Davos	Ökohaus	80-105 Bq/m ³
Siat GR	Wohnhaus	20 000-30 000 Bq/m ³
Winterthur	Wohnhaus	200-300 Bq/m ³
Wiesendangen	Wohnhaus	400-600 Bq/m ³

Die 1994 in Kraft getretene Strahlenschutzverordnung [1] legt einen Grenzwert für Wohnhäuser von 1000 Bq/m³ und von 3000 Bq/m³ für Arbeitsräume fest. Bei Überschreitung dieser Grenzwerte ist innerhalb von drei Jahren zu sanieren. Für Neu- und Umbauten bei Wohnhäusern gilt ein Richtwert von 400 Bq/m³.

Oft wird im Zusammenhang mit der Radioaktivität darüber diskutiert, welche Baustoffe in bezug auf die Radonbelastung am günstigsten abschneiden. Bild 9 gibt einen Überblick über die Radonkonzentration einiger Baumaterialien. Wie bereits erwähnt, ist die Radonbelastung durch Baustoffe vernachlässigbar. Entscheidend ist, dass die Verbindungswege zwischen Bauuntergrund und Raumluft abgeriegelt werden.

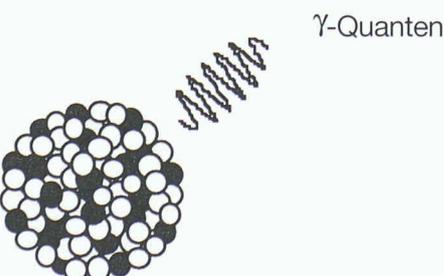
Wie schädlich ist Radon?

Dass radioaktive Strahlung menschliches Gewebe schädigen kann, hatten schon Becquerel und Pierre Curie festgestellt. Becquerel beobachtete biologische Wirkungen auf der Haut, nachdem er zufälligerweise ein Radiumpräparat in seiner Westentasche getragen hatte. In einem Selbstversuch liess Pierre Curie ein Radiumpräparat zehn Stunden lang auf seine Haut einwirken. Er zog sich dabei Verbrennungen und Wunden zu, deren Heilung vier Monate benötigten.

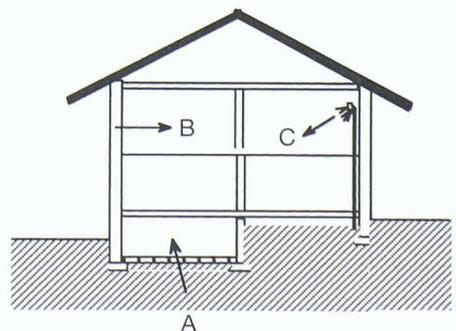
Die Abschätzung des Gesundheitsrisikos für die Bevölkerung durch Radon in Wohnhäusern ist eine äusserst schwierige Angelegenheit. Dies liegt hauptsächlich daran, dass selbst bei recht hohen Radonkonzentrationen die entsprechenden Strahlendosen im Niedrigdosisbereich liegen, womit keine verlässlichen Aussagen über die Wirkung auf den einzelnen Menschen gemacht werden können.

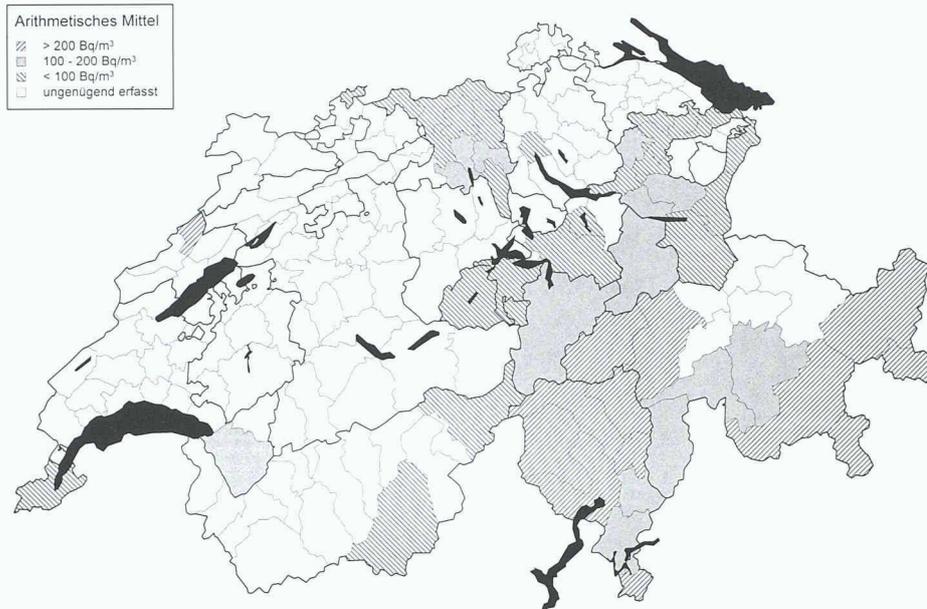
Aufgrund von theoretischen Modellen, mathematischen Extrapolationen aus dem Hochdosisbereich und weiteren statistischen Vereinfachungen gehen Schätzungen davon aus, dass etwa 10% aller Lungenkrebstoten in der Schweiz auf Radon-

5
Gammastrahlung



7
Radonimmissionen in Wohnhäusern. A: aus dem Untergrund, durch Fugen, Spalten, Ritzen (wichtigster Anteil), B: aus Baumaterialien (vernachlässigbar), C: via Trinkwasser (vernachlässigbar)





8

Radon in der Schweiz (Stand November 1996).
Quellenangabe: Bundesamt für Gesundheitswesen, Landestopographie und BFS, 1990

inhalation zurückzuführen sind. Radon wäre demnach nach dem Rauchen die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs.

Andererseits sollten wir bei der Diskussion um die Radonbelastung nicht übersehen, dass wir stets einer natürlichen Radioaktivität ausgesetzt und selber radioaktiv sind. So haben wir z.B. radioaktive Kalium-Isotope in unseren Knochen. Auch ist zu beachten, dass diese natürliche Strah-

9

Radonkonzentrationen in pCi/g für einige Baumaterialien

Material	⁴⁰ Kalium	²³³ Thorium	²²⁶ Radon
Sand, Kies	7	0,4	0,4
Naturstein	5	0,5	0,5
Zement	4	1,4	1,4
Beton	9	0,6	0,7
Ziegel	18	1,6	1,8
Bims	24	2,3	2,2
Gasbeton	5	0,5	0,5
Naturgips	2	0,5	0,7
Industriegips	2	0,5	14,0
Holz	2	0,5	14,0

lung früher grösser war als heute und aufgrund des natürlichen Zerfalls laufend abnimmt.

Durch die Gammastrahlen der radioaktiven Komponenten der Gesteine und dem Material der Gebäude wird die Bevölkerung in der Schweiz mit 0,45 mSv/Jahr belastet, durch die kosmische Bestrahlung mit 0,34 mSv/Jahr. Die künstliche Belastung durch die Röntgendiagnostik beträgt etwa 1 mSv/Jahr, diejenige durch die Nuklearmedizin 0,04 mSv/Jahr. Interessant ist die Tatsache, dass die grösste Strahlenexposition durch natürliches Radon und seine Folgeprodukte zustande kommt.

Um das Gesundheitsrisiko grob abschätzen zu können, sei erwähnt, dass bis zu einer Ganzkörperbestrahlung von 200 mSv keine Symptome am menschlichen Organismus nachgewiesen werden können. Die semiletale Dosis beträgt 4 Sv, d.h., die Hälfte der Bestrahlten würde an den Folgeschäden sterben. Eine kurzzeitig verabreichte Ganzkörper-Dosis von 10 Sv führt mit Sicherheit zum Tode.

Radon in Energiesparhäusern

In den siebziger Jahren entdeckte man, dass die Radonkonzentration in Gebäuden ein Vielfaches der Freiluftkonzentration betragen kann. Man schloss daraus, dass die Gebäudehülle eine Verdünnung des Radongehalts in der Innenluft verhindere. Als man aufgrund des Erdölembargos 1973 daran ging, durch dichtere Bauweise Energie zu sparen, schrieb das Eidgenössische Institut für Reaktorforschung 1981: «Höhere Innenlufradonkonzentrationen in Energiesparhäusern, die hauptsächlich durch reduzierte Luftwechselraten verursacht werden, werden zu einem Anstieg der Lungenkrebshäufigkeit durch Radon auf ein Mehrfaches führen.»¹

Solche Aussagen beruhten allerdings auf theoretischen Überlegungen, experimentelle Daten fehlten. Diese Lücke ist nun geschlossen: Messungen zum Problem Energiesparhäuser und Radonbelastung haben ein anderes Bild ergeben, wie Daniel Furrer in seiner Promotionsarbeit [2] nachweist. Sie lassen den Schluss zu, dass sowohl im Mittelland wie im Alpenraum Energiesparmassnahmen nicht automatisch zu einer Radonerhöhung führen.

Adresse des Verfassers:

Hans Moor, Prof. Dr. sc. techn., dipl. Phys. ETH, Technikum Winterthur, Postfach, 8401 Winterthur

Literatur

- [1]
Eidg. Strahlenschutzverordnung, Oktober 1994
- [2]
Furrer, Daniel: Building characteristics, inhabitant's behaviour and subsoil geology as main parameters determining the indoor radon concentration. Dissertation Universität Zürich, 1991

Anmerkungen

¹ «Neue Zürcher Zeitung» vom 22. 2. 1991