

2. TAGUNG RADONSICHERES BAUEN

27. SEPTEMBER 2006
DRESDEN

HOCHSCHULE FÜR
TECHNIK UND WIRTSCHAFT DRESDEN (FH)

veranstaltet durch:

KORA e.V. Kompetenzzentrum für Forschung und
Entwicklung zum Radonsicheren Bauen und Sanieren



HTW Hochschule für Technik
und Wirtschaft Dresden (FH)

ZAF Zentrum für angewandte Forschung
und Technik e.V. an der HTW Dresden

INHALT

Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig Grußwort des Vorstandsvorsitzenden von KORA e.V.	5
Prof. Dr.-Ing. habil. Roland Stenzel Grußwort des Prorektors für Forschung und Entwicklung an der HTW Dresden (FH)	7
Ministerialrat Frank Leder Empfehlungen zu Radon in Gebäuden	9
Dipl.-Ing. Georges-André Roserens Radonschutz in der Schweiz - Diverse Sanierungen; Neue Gebäude: Erwartungen und Realität; Gesetze und Immobilien.....	17
Dr. Josef Thomas Das Radonprogramm der Tschechischen Republik.....	25
Prof. Dr. rer. nat. habil. Bernd Leißring Dr. rer. nat. habil. Hartmut Schulz Erfahrungen bei der Radonsanierung an einem Objekt mit komplizierten Untergrundverhältnissen	35
Dr. rer. nat. Andreas Guhr Dipl.-Ing. Hans-Georg Henjes Dipl.-Ing. Thomas Klopzig Radonsanierung eines historischen Gebäudes aus dem Gebiet des Altbergbaus	45
Dr. rer. nat. Jürgen Conrady Dr. rer. nat. Andreas Guhr Prof. Dr. rer. nat. habil. Bernd Leißring Veränderung der Radonkonzentration in Gebäuden im Ergebnis von Bau- und Sanierungsmaßnahmen-Fallbeispiele	51
Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig Dr. Werner Preuße Dipl.-Ing. Frank Bergmann Dipl.-Ing. Alfred Taube Radonsituation in Passivhäusern – Bericht zu untersuchten Fallbeispielen	57
Dipl.-Ing. Lutz Werner Dipl.-Ing. Nick Leißring Praktischer Radonschutz mittels Verlegen von radondichten Schutzfolien in Alt- und Neubauten.....	69
Dr. Walfried Löbner Luftaustausch in Gebäuden – Bestimmung der Luftwechselrate in Räumen.....	77
Dipl.-Ing. Bernd Liebscher Dipl.-Ing. Hans-Georg Henjes Radonsicheres Bauen mit Holz – eine bauliche Alternative	85
Referentenverzeichnis.....	89



Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig
Hochschule für
Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
und Vorstandsvorsitzender KORA e.V.

Begrüßung

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

ich begrüße Sie sehr herzlich zur „**zweiten Tagung Radonsicheres Bauen**“ an der HTW Dresden. Veranstaltet wird diese wiederum durch das „Kompetenzzentrum für Forschung und Entwicklung zum radonsicheren Bauen und Sanieren – KORA e.V.“ in Kooperation mit der HTW Dresden (FH) und dem ZAFT e.V. an der HTW Dresden.

Die im September 2005 veranstaltete erste Tagung radonsicheren Bauens hat eine erfreulich gute Resonanz gefunden, verbunden mit dem mehrfach geäußerten Wunsch, das Thema in weiteren Veranstaltungen zu vertiefen. Während vor einem Jahr Fragen der Entstehung der Radonbelastung, der Eindringmechanismen radonhaltiger Luft in Gebäude, des Schutzes vor überhöhter Radonbelastung in Gebäuden, sowie der gesundheitlichen Risiken erhöhter Radonbelastung im Vordergrund der Beiträge standen, soll in der heutigen Tagung die praktischen Umsetzung des Radonschutzes im Zentrum der Beiträge stehen. Eine solche Zielstellung lässt sich besonders gut durch die Vorstellung von realisierten Radonschutzmaßnahmen darstellen. Die Tagung steht deshalb unter dem Themenschwerpunkt **Fallbeispiele**.

Fragen des radonsicheren Bauens erhalten im Zusammenhang mit dem durch die Bundesregierung beschlossenen Programms zur energetischen Gebäudesanierung zusätzliche Aktualität – bekanntlich erhöht sich in vielen Fällen nach dem Einbau dichter Fenster sowie nach weiteren abdichtenden Maßnahmen die Radonbelastung in Räumen deutlich! Das aber die energetische Verbesserung im Altbaubestand bzw. die Realisierung hoher Dämmstandards im Neubau nicht notgedrungen zu erhöhter Radonkonzentration in der Raumluft führen müssen, wird in einigen der Beiträge gezeigt werden.

Die Veranstaltung ist in drei Themenkomplexe untergliedert:

Wir freuen uns, im ersten Schwerpunkt erfahren zu können, wie das Land Sachsen auf die in weiten Landesteilen hohen Radonkonzentration reagiert, welche Strategien hier verfolgt werden. Einige unserer direkten Nachbarn haben ähnliche Probleme hinsichtlich des radonsicheren Bauens zu lösen. Gerade in Tschechien und in der Schweiz werden aber seit vielen Jahren sehr konsequent Strategien verfolgt, den Radonschutz im Bauen zu verankern. Auf die Beiträge von Verantwortlichen aus diesen beiden Ländern freue ich mich deshalb in besonderem Maße.

Im zweiten Themenschwerpunkt wird die Vorstellung ganz konkreter Objekte, sowohl aus dem Neubaubereich als auch der Sanierung von Gebäuden, stehen.

Der dritte Schwerpunkt schließlich beinhaltet Einzelaspekte des radonsicheren Bauens.

Wir hoffen, Ihnen damit viele interessante Einblicke in das Thema des radonsicheren Bauens geben zu können. Sicher werden aber eine Reihe von Fragen offen bleiben. Die Abschlussdiskussion soll hier Hinweise geben, wie es mit dem Radonschutz weiter geht, wo noch offene Fragen einer Klärung bedürfen, aber auch was bisher erreicht worden ist.

Ich wünsche unserer Tagung einen guten Verlauf und Ihnen viele neue Erkenntnisse!

Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig
Vorstandsvorsitzender KORA e.V.



Prof. Dr.-Ing. habil. Roland Stenzel
Prorektor für Forschung und Entwicklung
der Hochschule für Technik und Wirtschaft
Dresden (FH)

Grußwort von Prof. Dr.-Ing. habil. Roland Stenzel zur 2. Tagung "Radonsicheres Bauen" am 27.09.2006 in Dresden

Nachdem die 1. Tagung "Radonsicheres Bauen" im September 2005 eine sehr erfreuliche Resonanz erfahren hat und wir über 70 Teilnehmer aus verschiedensten Einrichtungen an der HTW Dresden begrüßen durften, freuen wir uns nunmehr auf die Fortsetzung und Vertiefung dieser sehr wichtigen Thematik.

Radon als unsichtbares, geschmack- und geruchloses Edelgas entsteht als Folgeprodukt des Zerfalls von Uran und gelangt je nach Bodendurchlässigkeit in die Atmosphäre bzw. durch Risse und Öffnungen sowie durch Diffusion in Gebäude. Dadurch können bei erhöhten Radonkonzentrationen Gesundheitsschädigungen eintreten. Gerade in Sachsen und hier insbesondere im Erzgebirge treten aufgrund der früheren Bergbauaktivitäten die höchsten Radonbelastungen in Deutschland auf. Daher bieten sich die Etablierung von Forschungs- und Weiterbildungsaktivitäten auf dem Gebiet der Radonbelastung sowie dem radonsicheren Bauen an.

Folgerichtig erfolgte die Bündelung der vorhandenen Kompetenzen im 2005 gegründeten Kompetenzzentrum für Forschung und Entwicklung zum Radonsicheren Bauen und Sanieren e.V. (KORA). Die Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) als Mitgründer von KORA e.V. bietet ideale Voraussetzungen für eine anwendungsorientierte Forschung und Lehre. In 8 Fachbereichen werden in 27 Studiengängen ca. 5300 Studenten betreut. Gemeinsam mit dem Zentrum für angewandte Forschung und Technologie e.V. (ZAFT) wurden im vergangenen Jahr etwa 4 Mio. Euro aus Forschungsvorhaben erwirtschaftet und daraus etwa 50 Mitarbeiter finanziert. Die unterschiedlichen Fachdisziplinen, wie Bauingenieurwesen, Architektur, Gartenbau und Landespflanze, Chemieingenieurwesen, aber auch Physik sind alle mehr oder weniger intensiv mit Problemen der Schadstoffbelastung in der Natur sowie der gebauten Umwelt befasst. Hier kann die Hochschule eine ideale Plattform für interdisziplinäre Zusammenarbeit bieten. Gleichzeitig lassen sich neueste Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben in die studentische Aus- und Weiterbildung einbinden.

Die 2. Tagung "Radonsicheres Bauen", wiederum gemeinsam vom KORA e.V., der HTW Dresden sowie dem ZAFT e.V. organisiert, soll neueste Erkenntnisse auf diesem Gebiet anhand verschiedener praktischer Beispiele diskutieren. Von besonderem Interesse sind auch die Beiträge unserer ausländischen Nachbarn aus der Schweiz und der Tschechischen Republik, da in diesen Ländern ähnliche Probleme mit Radon bestehen und somit ein Erfahrungsaustausch hinsichtlich Grenzwerten und Gegenmaßnahmen sehr sinnvoll ist.

Ich wünsche allen Tagungsteilnehmern interessante Vorträge und Diskussionen sowie einen angenehmen Aufenthalt an unserer Hochschule.

Prof. Dr.-Ing. habil. Roland Stenzel
Prorektor für Forschung und Entwicklung

Radonberatung und Radonsanierungen im Freistaat Sachsen

Radonconsultation and Radonremediation at Freistaat Sachsen

Frank Leder

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

Zusammenfassung

Der Freistaat Sachsen ist eines der Bundesländer, das aufgrund geologischer Bedingungen flächendeckend die höchsten Konzentrationen an Bodenradon aufweist. Deshalb hat er sich schon frühzeitig diesem Radonproblem angenommen. Bereits 1992 wurde ein Handlungskonzept zu Radon in Gebäuden erarbeitet, das im Wesentlichen auch heute noch Bestand hat. Hauptschwerpunkt ist die Beratung und Information der Betroffenen durch die Radonberatungsstelle in Bad Schlema. Von 1994 bis 2005 wurden in einem bundesweit einmaligen Förderprogramm Sanierungsmaßnahmen unterstützt. Im Ergebnis der bisherigen Erfahrungen zeichnet sich ab, dass es mit einem Paket von vielen Einzelmaßnahmen, die von Information über Beratung, Ausbildung und bautechnischen Maßnahmen bis hin zu Normungen reichen, gelingen kann, die Radoninnenraumkonzentration in den Gebäuden künftig dauerhaft senken zu können.

Summary

In some geological areas of the German Federal State of Saxony comparatively increased concentrations of soil radon can be observed. Knowledge about this problem caused Saxon authorities to enforce an early and extensive examination. Already in 1992 a concept of action for radon in buildings was developed which largely still is enduring. Main focus is the information and consultation of the concerned public by the well frequented Saxon Radon Information Point in Bad Schlema. From 1994 to 2005 a nationwide unique Saxon program supported remediation measures for buildings with high radon concentrations. As a result of present experience it becomes apparent that in future a package of different single measures as information and consulting, education, technical construction measures and standardisation may help to decrease radon concentrations in buildings permanently.

1. Vorbemerkungen

Nachdem erkannt worden ist, dass Radon in erhöhten Konzentrationen Lungenkrebs verursachen kann, wurde an Regelungen zum Schutz und zu Schutzmaßnahmen der Beschäftigten im Bergbau gearbeitet. Aber auch erhöhte Radonkonzentrationen in der Raumluft von Aufenthaltsräumen können bei den Bewohnern Lungenkrebs verursachen. Weil große Gebiete Sachsens ein erhöhtes Radonpotential aufweisen, hat sich die sächsische Staatsregierung schon Anfang der 90iger Jahre dem Problem gestellt. Im Folgenden soll darüber berichtet werden, mit welchen Maßnahmen sich das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) dem Problem Radon in Gebäuden gestellt hat, welche Erfahrungen gemacht wurden und welche Maßnahmen als sinnvoll angesehen werden.

2. Die Radonsituation im Freistaat Sachsen

Sachsen ist auf Grund der besonderen geologisch-mineralogischen Situation eines von den Bundesländern, die von erhöhten Radonkonzentrationen am stärksten betroffenen sind. In den Grundgebirgsbereichen treten granitische Gesteine auf, bei deren Bildung sich in hydrothermalen Lagerstätten Schwermetalle – u.a. Uran – angereichert haben. Die Vorkommen an diesen abbauwürdigen Erzen führten zu dem Jahrhunderte langen, intensiven Bergbau im Erzgebirge. Der teilweise sehr oberflä-

chennahe Bergbau, die Bergbaurückstände und die Verwendung von Bergematerial beim Hausbau verstärkten die aufgrund des Mutterisotops Uran bereits geologisch erhöhten Radonkonzentrationen in manchen Gebäuden.

Weil die geologische Struktur Sachsens sehr heterogen ist, können detaillierte weiträumige Aussagen zum Radonvorkommen nicht getroffen werden.

2.1. Das Radonpotential

Die Radonkarte für den Freistaat Sachsen (siehe Abb. 1) wurde auf Basis von 234 ausgewählten repräsentativen Messorten erstellt [1]. Im Mittel kommt damit ein Messort auf eine Fläche von 78 km². Die vorhandene Messortdichte reicht nicht aus, um mit gewisser Sicherheit Gebiete in Sachsen ausweisen zu können, in denen erhöhte Radonkonzentrationen im Boden vorkommen. Entsprechende Verdichtungsmessungen sind daher noch erforderlich.

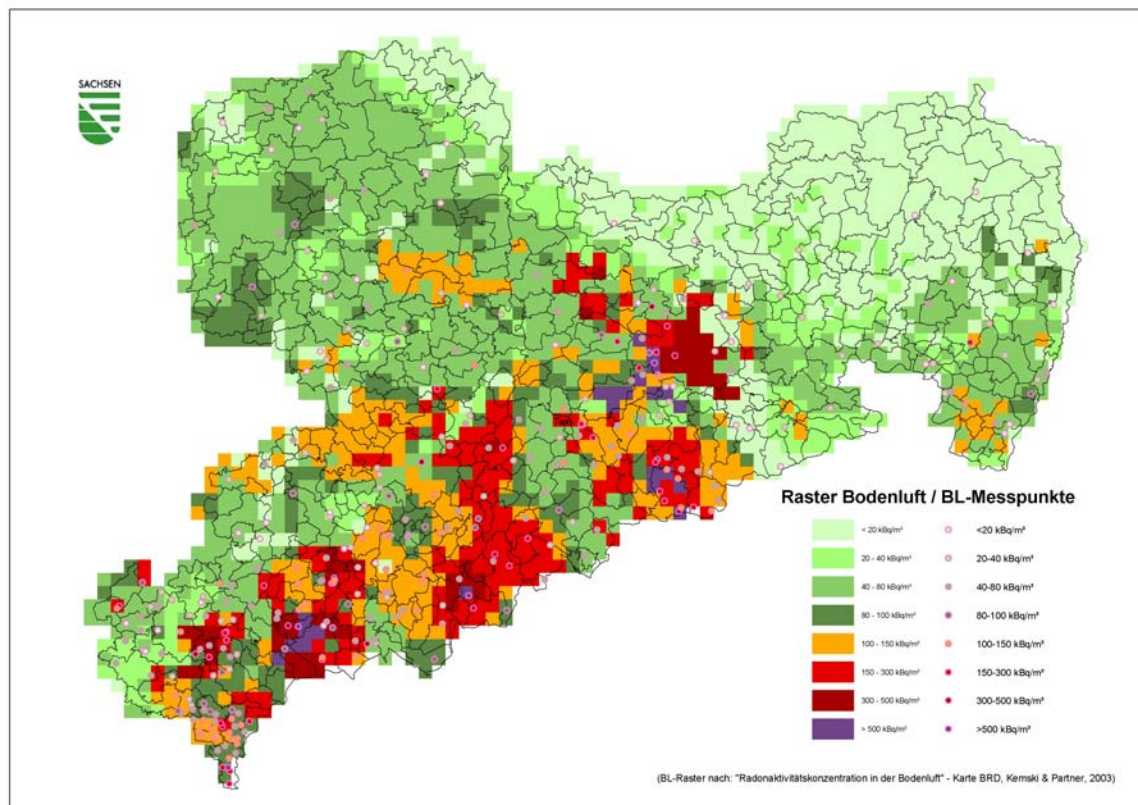


Abb. 1: Die Radonkonzentration in der Bodenluft in Sachsen

2.2. Radon in Gebäuden

Zur Einschätzung der Radonsituation in den Gebäuden Sachsen stehen etwa 51.000 Messdaten zur Verfügung, die in mehr als 10 sehr unterschiedlichen Messprogrammen ermittelt worden sind. Insgesamt liegen aus 394 Gemeinden Daten vor, welche sich über alle Landkreise des Freistaat Sachsen verteilen. In den Landkreisen Zwickauer Land, Meißen und Döbeln gibt es für alle Gemeinden Messwerte. Für 152 Gemeinden liegen bisher keine Daten vor (siehe Abb. 2).

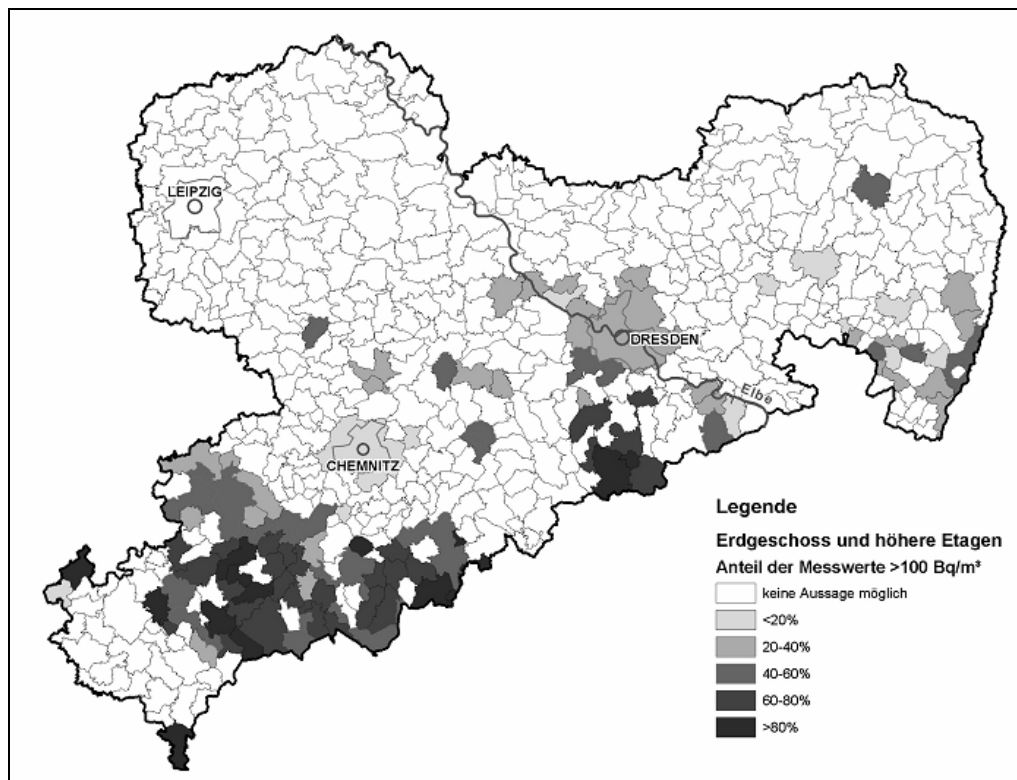


Abb. 2: Gemeinden in denen Aussagen zu Radonkonzentrationen in Aufenthaltsräumen möglich sind

Weil ca. 85 % der vorhandenen Daten aus Kurzzeitmessungen mit einer Messdauer von 1 bis 6 Tagen und nur ca. 10 % der Werte aus Langzeitmessungen mit einer Messdauer von mindestens 1 Jahr stammen, sind also weitere Verdichtungsmessungen erforderlich, um eine sichere Aussage über eine flächendeckende Bewertung der Radonsituation in Gebäuden treffen zu können.

Tab. 2: grobe Abschätzung zur Anzahl und dem Anteil betroffener Wohngebäude in Sachsen bei denen die Aufenthaltsräumen im Erdgeschoss und höher betrachtet wurden

Radon-Konzentration [Bq/m³]		0...100	100...200	200...1.000	>1.000	Summe
Erzgebirge Sachsen	Anzahl der Messwerte	10.600		5.700	2.000	18.300
	Anteil der betroffenen Häuser in Prozent	90 %		8 %	2 %	
	Anzahl der Messwerte	21.000		8.100	2.500	31.600
	Anteil der betroffenen Häuser in Prozent	73 %	22 %	5 %	1 %	

Eine erste grobe Abschätzung auf der bisherigen Datenlage ergibt, dass ca. 6 % der Wohngebäude Radonkonzentration oberhalb 200 Bq/m³ in Erd- und Obergeschossen aufweisen, oberhalb 400 Bq/m³ ca. 2 % und oberhalb 1.000 Bq/m³ ca. 1 % (siehe Tab. 2). 1 % entspricht etwa 4.500 Wohngebäuden Sachsens.

3. Maßnahmen der sächsischen Landesregierung

In Anbetracht der Untersuchungsergebnisse zum Lungenkrebsrisiko durch Radon, die zumindest für höhere Konzentrationen ein erhöhtes Risiko aufzeigen, der besonderen Betroffenheit sächsischer Regionen und der Tatsache, dass die meisten europäischen Länder Empfehlungen bzw. Regelungen zu Radon in Gebäuden haben, sind Maßnahmen zum Schutz vor erhöhten Radoninnenraumkonzentrationen sinnvoll.

3.1. Die Förderung von Sanierungsmaßnahmen

Weil die sächsische Staatsregierung der Radonthematik einen wichtigen Stellenwert beimisst, wurden bereits seit dem Jahre 1993 Maßnahmen zur Bestimmung der Radonkonzentration in Gebäuden und Sanierungsmaßnahmen gefördert. Ziel war es, die teilweise sehr erheblichen Radoninnenraumkonzentrationen zu minimieren, um das individuelle Lungenkrebsrisiko der Bewohner von Häusern drastisch zu senken. Eine breite Unterstützung von Sanierungsmaßnahmen, um die Radoninnenraumkonzentration in den Gebäuden von Sachsen durchschnittlich zu senken, war nicht vorgesehen.

Neben Einzelmaßnahmen zur Ermittlung und Minderung der Radonkonzentration in Gebäuden wurden auch Sondervorhaben, wie beispielsweise die Entwicklung und Anwendung von Techniken zur Radonsanierung von Gebäuden sowie die großflächige Reduzierung der Radonkonzentration in bebauten Gebieten unterstützt.

Die Höhe der Förderung betrug im Regelfall 30 % der zuwendungsfähigen Ausgaben. Bei Gebietskörperschaften oder Sondervorhaben konnte die Förderung auf bis zu 80 % erhöht werden. Die ausgereichten Fördermittel sind in Tabelle 3 aufgeführt.

In Auswertung der mit Fördermitteln gestützten Maßnahmen kann festgehalten werden, dass es immer möglich ist, sehr hohe Radoninnenraumkonzentrationen auf annehmbare Werte zu mindern. Selbst bei extremen Ausgangswerten wie beispielsweise von 76.000 Bq/m³ im Wohnbereich wurden in diesem Einzelfall mit Endwerten von unter 800 Bq/m³ zufrieden stellende Ergebnisse erzielt.

Tab. 3: Übersicht zu den ausgereichten Fördermitteln in T€ (in Klammern DM)

Zeitraum	Maßnahmen zur Ermittlung und Minderung der Radonkonzentration in Gebäuden	Sondervorhaben	Fördermittel gesamt
1993-2001	472 (923)	1.767 (3.456)	2.239 (4.379)
2002-2005	73	504	577
1993-2005	545	2.271	2.816

In der Regel wurden Minderungen von durchschnittlich mehr als 95 % erzielt. Die erreichten Sanierungswerte lagen in einem Wertebereich von 150 Bq/m³ bis 800 Bq/m³. Die Ausgangssituation und Sanierungsergebnisse ausgewählter Vorhaben sind in Tabelle 4 dargestellt.

Als wichtigstes Sondervorhaben sei das Projekt Schneeberg angeführt, bei dem durch eine natürliche Bewetterung des Grubengebäudes die Radonkonzentration in den darüber liegenden Gebäuden in der Stadt Schneeberg vermindert werden soll. Das Projekt läuft von 1996 bis 2007. Zwischenergebnisse, die im Rahmen spezieller Bewetterungsversuche unter Winter- und Sommerbedingungen gewonnen wurden, zeigen die Wirksamkeit des Systems und eine positive Beeinflussung einer Vielzahl von Gebäuden. Die Ergebnisse werden nach Abschluss der wesentlichsten bergbaulichen Maßnahmen Anfang 2008 vorliegen.

Tab. 4: Ausgewählte Beispiele geförderter Vorhaben

Nr.	Rn-Konzentration [Bq/m³]					Minderung
	Bodenluft	vor Sanierung		nach Sanierung		
		Keller	Wohnraum	Keller	Wohnraum	
1	678.000	14.000	49.000	700	490	>96,5
2			28.100		576	98
3		126.000	76.000	3.060	<740	99
4			3.184	410	490	85
5			4.540		440	90
6	266.500		4.500	238	150	95
7	860.000	70.000	18.000		190	99
8		5.586	1.890		219	85
9	540.000	15.000	3.970		740	82
10		8.700	7.840		760	93

Die Förderung ist zum 31.12.2005 eingestellt worden, weil die Unterstützung nicht auf Dauer ausgerichtet war, die Eigenverantwortung der Betroffenen künftig stärker im Mittelpunkt stehen soll und die Unterstützung durch Information, Beratung und Aufklärung der Betroffenen intensiver erfolgen soll.

3.2. Die Radonberatung

Parallel zur Förderung wurde 1994 vom damaligen Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung eine Radonberatungsstelle in Bad Schlema eingerichtet, die bis 1999 vom Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) betrieben wurde. Danach hat die Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft (UBG) die Beratungsstelle übernommen und den Aufgabenbereich erweitert, so dass jetzt auch eigenständige Untersuchungs- und Messprogramme durchgeführt werden können.

An diese Beratungsstelle können sich alle Betroffenen (Privatpersonen, Kommunen, Vereine u.a.) wenden. Es werden Messungen zu Radonkonzentrationen in Gebäuden und in der Bodenluft durchgeführt und Informationen zu möglichen Schutz- bzw. Sanierungsmaßnahmen gegeben. Die Beratung erfolgt direkt oder telefonisch.

Im Zeitraum 2000 bis 2005 wurden ca. 500 Beratungen und über 270 Messeinsätze mit ca. 1.900 Einzelmessungen durchgeführt. Wie groß ein Interesse an einer Beratung und Unterstützung ist, zeigen die etwa 50 Anfragen von Bürgern und Kommunen aus anderen Bundesländern. Eine solche Einrichtung war lange Zeit einmalig in Deutschland. Die Radonberatungsstelle hat sich zu einer Institution entwickelt und sich einen sehr guten Ruf erarbeitet.

3.3. Information und Öffentlichkeitsarbeit

Eine möglichst umfassende Information der Öffentlichkeit und der Betroffenen ist eine Grundsäule der Radonvorsorge. Deshalb wurden von den Behörden des Freistaates Sachsen eine Reihe Informationsmaterialien herausgegeben.

Die Broschüren und Flyer mit den Titeln „Radongeschütztes Bauen“ [2], „Radon - Gesundheitsrisiko oder Heilmittel?“ [3] und „Radioaktivität und Strahlenschutz – Normalität oder Risiko?“ [4] geben Erläuterungen zum Thema und Hinweise zu Sanierungsfragen.

In speziellen Workshops, welche regelmäßig durchgeführt werden, sollen die Betroffenen und die entsprechenden Fachleute informiert und zu weitergehenden Überlegungen angeregt werden. Die Zielgruppe für diese Informationen ist daher sehr weit gefächert. Sie reicht von Architekten, Bauingenieuren, Mitarbeitern von Bauämtern in den Kommunen und Landratsämtern, den speziellen Planungsbüros, den Kammern und Innungen bis hin zu den Betroffenen selbst. Dies ist auch eine wichtige Möglichkeit, mit Firmen und Vereinen, die sich mit der Radonthematik beschäftigen, Kontakt zu halten und Informationen auszutauschen.

Zum Tag der offenen Tür der Sächsischen Staatsministerien und der Staatskanzlei, dem so genannten „Gläsernen Regierungsviertel“ stehen stets kompetente Mitarbeiter zur Auskunft bereit. Messebeteiligungen auf den Regionalmessen in Sachsen wie beispielsweise der Umweltmesse „Terratec“ und der Verbrauchermesse „Hausmesse“ gehören auch zur Öffentlichkeitsarbeit.

Auf den Internetseiten des SMUL (www.smul.sachsen.de), des LfUG (www.lfug.smul.sachsen.de) und der UBG (www.smul.sachsen.de/de/wu/organisation/ubg) sind umfangreiche Informationen zum Thema Radon und Hinweise auf entsprechende Ansprechpartner zu finden.

Auch die Medien nehmen sich der Thematik an. So konnten verschiedene Presseberichte und TV-Sendungen veröffentlicht werden.

3.4. Bau- und Flächennutzungsplanungen

Bereits zu einem frühen Zeitpunkt wurde das LfUG als Strahlenschutzbehörde bei der Beteiligung von Trägern öffentlicher Belange einbezogen, insbesondere bei der Erstellung von Bauleitplanungen. In einem Jahr werden zwischen 300 und 400 Anfragen geprüft.

Als ein weiteres sehr wirksames Mittel haben sich konkrete Hinweise und Informationen zur Radonsituation in den entsprechenden Bauleitplänen, Bebauungsplänen, Flächennutzungsplänen oder Städtebaulichen Satzungen erwiesen. Empfehlungen zu Schutzmaßnahmen gegenüber dem Eindringen von Radon in Gebäuden für künftige Bauherren sind deshalb in eine Reihe von solchen Plänen eingeflossen.

3.5. Eigenverantwortung und Regelungen

Die Verbesserung der Radonsituation ist ein wichtiges Ziel für eine Vorsorge gegenüber Lungenkrebs. Die Behandlung der Radonthematik muss jedoch so erfolgen, dass sie einerseits dem vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gerecht wird und andererseits die historisch gewachsenen Besonderheiten und geologischen Bedingungen sowie die wirtschaftlichen Verhältnisse der Regionen berücksichtigt.

In der Vereinbarung zwischen den Landesverbänden Sachsens der CDU und der SPD über die Bildung der Staatsregierung für die 4. Legislaturperiode des Sächsischen Landtages vom November 2004 (Koalitionsvertrag) werden Normen- und Standarderhöhungen gegenüber dem jeweils geltenden EU-Recht abgelehnt, sofern sie den Interessen Sachsens entgegenstehen. Als ein aktuelles Beispiel ist das zum damaligen Zeitpunkt vom BMU geplante Radonschutzgesetz angeführt.

Weil die Deregulierung ein wichtiges politisches Anliegen ist, wurde auch in dem Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD vom 11.11.2005 zur Bildung der Bundesregierung vereinbart, dass die Entlastung von Bürgern, Wirtschaft und Behörden von einem Übermaß an Vorschriften und der damit einhergehenden Belastung durch bürokratische Pflichten und Kosten ein wichtiges Anliegen der Koalition ist.

Der Sächsische Landtag hat in seiner 37. Sitzung am 08.12.2005 einem gemeinsamen Antrag der CDU- und SPD-Fraktion „Radonrichtlinie ablehnen – qualifizierte Beartung ausbauen“ zugestimmt. Danach wird die Staatsregierung ersucht, sich dafür einzusetzen, dass gesetzliche Regelungen zur Begrenzung der Radonkonzentration unterbleiben, und stattdessen in Anlehnung an die Vorschläge der Europäischen Kommission Zielwerte empfohlen werden. Weiterhin soll die fachgerechte Beratung zum radonsicheren Bauen und Sanieren verstetigt und die Verringerung der Radonkonzentration weiterhin befördert werden.

Für die Zustimmung der Menschen zu politischen Entscheidungen wird es entscheidend sein, wie es gelingt, unnötige Bürokratie abzubauen und die europäische Gesetzgebung auf das tatsächlich Notwendige zu beschränken.

4. Weitere sinnvolle Maßnahmen zum Radonschutz

Neben möglichen gesetzlichen Regelungen und der bereits diskutierten Information und Beratung sowie Bebauungsplanung bestehen auch andere sinnvolle Lösungsansätze, die nachfolgend diskutiert werden sollen.

4.1. Aus- und Weiterbildung von Fachkräften

Die Radondichtheit eines Gebäudes hängt maßgeblich von der Qualität der Bauausführung ab. Risse, Spalten und schlecht ausgeführte Abdichtungen von Durchführungen durch Bodenplatten und Mauerwerk sind Radoneintrittspfade. Deshalb ist eine Sensibilisierung und Aufklärung im Baubereich von besonderer Bedeutung.

Erstrebenswert wäre es deshalb, wenn das Thema Radonschutz künftig in der Ausbildung von Architekten, Bauingenieuren und anderen Fachingenieuren des Bauwesens aufgenommen wird. Es ist erfreulich, dass das Thema Radon an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW) im Jahr 2005 bundesweit einmalig in das Ausbildungsprogramm integriert werden konnte.

Aber auch eine entsprechende Vermittlung der Kenntnisse zum Radon bei der Facharbeiterausbildung wäre wichtig. Wie bekannt, liegt der Schwerpunkt bei der Wirksamkeit von vorbeugenden Baumaßnahmen auf deren qualitätsgerechter Ausführung. Kleinste Fehler in der Bauausführung machen viele Projektziele zunichte.

Ebenso wäre künftig auch der Qualifizierung der Fachkräfte ein breiter Raum zu widmen.

4.2. Messtechnik und Messverfahren

Grundlage für eine exakte Bewertung der Radoninnenraumkonzentration ist zu allererst eine genaue und reproduzierbare Messung. Dafür sollten Messverfahren, -methoden und -geräte festgelegt werden. Außer der Loseblattsammlung „Übersicht über die Messung von Radon und Radonzerfallsprodukten“ [5], die von Arbeitskreis „natürliche Radioaktivität“ des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. erarbeitet wurde, und allgemeine Hinweise im Radonhandbuch des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) [6] gibt es gegenwärtig keine verbindlichen Vorgaben. Die

Erstellung einer zentralen Richtlinie oder eines Leitfadens zu Radon-Messtechnik und –Verfahren ist daher dringend geboten.

Hilfreich wären auch entsprechende DIN-Normen zur Messung der Radon-Konzentration in der Innenraumluft, im Boden und im Wasser, zur Messung der Radonfolgeproduktkonzentration in der Luft und zur Messung der Radonexhalation aus Baumaterialien. Diesbezügliche Normen auf europäischer Ebene zu erstellen, wäre möglicherweise sogar sinnvoller.

Darüber hinaus wäre es wünschenswert, wenn die mit dieser Thematik beschäftigten Ingenieurbüros und Einrichtungen im Rahmen einer „guten Laborpraxis“ regelmäßig Vergleichsmessungen zur Qualitätssicherung durchführen, wie das in anderen europäischen Ländern bereits schon üblich ist. In Ermangelung dessen, wird die UBG künftig Stichtagsbeprobungen anbieten.

4.3. Wissenschaftliche Maßnahmen

Forschungen zum Thema Radon beschränkten sich bisher im Wesentlichen auf epidemiologische Untersuchungen zur Wirkung von Radon auf den Menschen und auf Materialeigenschaften hinsichtlich der Radonexhalation und Sperrwirkung.

Voraussetzung für wirksame und effektive Vorbeuge- und Sanierungsmaßnahmen ist aber, dass die Radonverhältnisse in den jeweiligen Gebäuden und Räumen im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Baugrund-, gebäudetechnischen, Lüftungs- und Klimabedingungen verstanden werden. Neben den grundlegenden theoretischen Überlegungen bedarf es nach hiesiger Ansicht hierzu auch noch einiger praktischer Untersuchungen an entsprechenden Gebäuden. Die Radonverhältnisse sind bei Einfamilienhäusern anders als bei Mehrfamilienhäusern und öffentlichen Gebäuden zu bewerten. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die UBG in Zusammenarbeit mit der HTW die Radonverhältnisse bei Niedrigenergie- und Passivhäusern untersucht. Die Ergebnisse werden für Anfang 2007 erwartet. Interessierte werden auf die entsprechenden Internetseiten verwiesen.

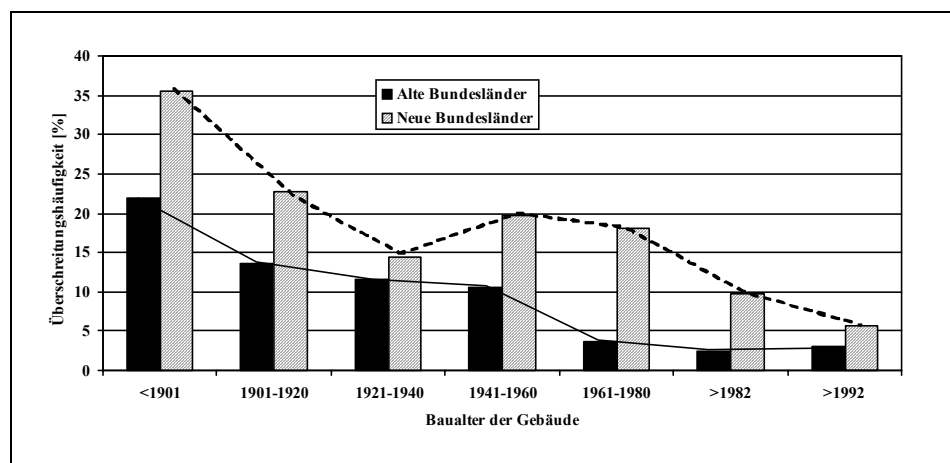


Abb. 4: Darstellung der Überschreitungshäufigkeit in Abhängigkeit vom Baualter (nach Kemski & Partner, 2004)

4.4. Bautechnische Maßnahmen

Die Erfahrungen zeigen, dass bei einer qualitätsgerechten Bauausführung, die den modernen Bau-standards entspricht, die Radoninnenraumkonzentrationen sehr niedrig gehalten werden kann. In der Regel ist dann schon ein hinreichender Radonschutz gegeben. In einer Untersuchung von Kemski & Partner im Auftrag des BMU ist ein solcher Trend möglicherweise zu erkennen (siehe Abb. 4). Radonprobleme in Innenräumen sind nämlich dann zu erwarten, wenn die Fundamentbodenplatte große Risse oder Spalten aufweist, eine DIN-gerechte Abdichtung der Gebäude gegen Bodenfeuchte nicht erfolgt oder Zu- und Abgänge der Medien in das Gebäude nicht entsprechend dicht in das Mauerwerk eingebunden sind. Radonschutzmaßnahmen müssen deshalb künftig zu allgemeinen Regeln der Baukunst werden.

4.5. Ingenieurleistungen

Ein fundamentaler Schwerpunkt liegt natürlich auf der Wirkung der auf dem Markt angebotenen Leistungen zum Radonschutz einschließlich der entsprechenden Messungen und Bewertungen von fachkundigen Ingenieurbüros und Baubetrieben, von denen sich eine Reihe in Sachsen mit Angeboten zu Beratungen und Sanierungen zur Minimierung der Radoninnenraumkonzentration sowie zu Messungen etabliert haben.

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der Freistaat Sachsen sieht es auch künftig als eine wichtige Aufgabe an, die Radoninnenraumkonzentrationen in den Gebäuden zu minimieren. Dies soll ausschließlich durch eine intensive Aufklärung, Information und durch die Stärkung der Eigenverantwortung der Betroffenen erfolgen.

Die bisher bei der Radonsanierung und dem vorbeugenden Radonschutz bei Neubauten gewonnene Erfahrung ist, dass es fast immer gelingt, ein Gebäude auf annehmbare Radoninnenraumkonzentrationen einzustellen. Ob dies organisatorische, bautechnische oder Lüftungstechnische Maßnahmen sind, soll dahin gestellt bleiben. Die Auswahl der Mittel soll in jedem Falle dem jeweiligen Eigentümer oder Nutzer überlassen sein. Um jedoch eine geeignete Auswahl der Mittel treffen zu können, ist profunde Kenntnis der Radonwegsamkeiten, der Wirkung von Radonbarrieren und des luftdynamischen Verhaltens in Gebäuden zwingend erforderlich.

Die Erfahrungen zeigen auch, dass es im Rahmen eines Paketes von vielen Einzelmaßnahmen möglich sein sollte, eine effektive und dauerhaft wirksame Minderung der durchschnittlichen Radoninnenraumkonzentrationen in Deutschland zu erreichen. Zu einem solchen Paket gehören an Hand einer ausreichenden Datengrundlage unter anderem eine fachgerechte Bewertung, eine umfassende Information und Aufklärung, eine hinreichende Ausbildung des Fachpersonals, Hinweise in den entsprechenden Bauplanungen, standardisierte Messgeräte und –verfahren einschließlich einer Qualitätssicherung sowie Qualitätszertifizierungen von Baumaterialien.

Jede einzelne Maßnahme für sich betrachtet hat möglicherweise noch keine ausschlaggebende Wirkung, aber im Komplex wirken diese sicherlich nachhaltig.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Kemski & Partner; Untersuchungen zur Radonsituation und Bodenradonsituation in Deutschland im Auftrag des BMU; 2003
- [2] Radon - Gesundheitsrisiko oder Heilmittel? SMUL; November 2003
- [3] Radioaktivität und Strahlenschutz – Normalität oder Risiko?; SMUL November 2004
- [4] Radonberatung; UBG; 1998
- [5] Übersicht über die Messung von Radon und Radonzerfallsprodukten (Loseblattsammlung); Fachverband für Strahlenschutz e.V.; Januar 2000
- [6] Radon-Handbuch Deutschland; BMU; September 2001

Radonschutz in der Schweiz – Diverse Sanierungen Neue Gebäude: Erwartungen und Realität Gesetze und Immobilien

Radon in Switzerland – various mitigations
New buildings: Expectations and reality:
Laws and real estates

Georges-André Roserens

Bundesamt für Gesundheit, Sektion Radon, CH-3003 Bern

Zusammenfassung

Gebäude mit hohen Radonkonzentrationen müssen ausfindig gemacht werden. Sie sollten je nach gemessener Radonkonzentration mehr oder weniger rasch saniert werden. Die kostengünstigste Variante ist eine Sanierung zusammen mit einer Renovation. Oft geht letztere mit einem Eigentümerwechsel einher.

Mit 1 bis 5 Wohnungen sind die meisten betroffenen Gebäude von kleinerer Grösse und befinden sich grösstenteils ausserhalb des Stadtgebiets. Werden Sanierungen bereits bei tiefen oder sehr tiefen Radonkonzentrationen ins Auge gefasst, so steigt die Zahl der Sanierungen stark an. Die Sanierungsmethoden dürfen die Eigentümer nicht abschrecken und müssen für die Investoren verhältnismässig und tragbar sein. Sonst kann die Situation auftreten, dass Radonmessungen gefälscht werden. Es ist sehr schwierig, ein altes Gebäude mit einer Radonkonzentration von einigen Tausend Bq/m³ zu sanieren und die Konzentration zu tragbaren Kosten unter 400 Bq/m³ zu senken.

Die grösste Herausforderung ist, mit neuen Gebäuden keine neuen Probleme zu schaffen. Eigentümer und Architekt müssen informiert werden, dass in einigen Regionen ein hohes Radonrisiko besteht und die Sanierungskosten oft 5- bis 10-mal höher ausfallen als präventive Massnahmen. In mehreren Hundert neuen Gebäuden wurden Messungen vorgenommen. In einigen Regionen sind die Radonkonzentrationen sehr tief. In anderen wurden Baufehler festgestellt; in diesen Fällen können die Radonkonzentrationen in den bewohnten Räumen über 2000 Bq/m³ betragen.

Es wäre nützlich, bei einem Immobilientransfer eine obligatorische Radonmessung einzuführen, deren Kosten zu Lasten des Verkäufers gingen. Ansonsten sollte der Käufer die Möglichkeit haben, nach dem Kauf eine Messung durchführen zu lassen, wobei vertraglich geregelt wäre, dass die Kosten für eine eventuelle Sanierung zu Lasten des Verkäufers gingen.

Summary

Buildings with high radon concentrations must be found. They should be redeveloped according to measured radon concentration more or less quickly. The cheapest variation is a renovation together with a renovation. Often walks along latter with an owner's change. With from 1 to 5 flats are most affected buildings of smaller size and are mainly beyond the city. If renovations are already considered with deep or very deep radon concentrations, the number of the renovations strongly rises. The renovation methods may not deter the owners and must be relative for the investors and be portable. But the situation can appear that radon measurements are faked. It is very difficult to redevelop an old building with a radon concentration of some Thousand Bq/m³ and to lower the concentration to portable costs less than 400 Bq/m³. The biggest challenge is to create no new problems with new buildings. Owners and architect must be informed that in some regions a high radon risk exists and the renovation costs are often from 5 to 10 times higher than preventive measures. In several Hundred new buildings measurements were carried out. In some regions the radon concentrations are very deep. In others construction mistakes were ascertained; in these cases the radon concentrations in the inhabited rooms more than 2000 can amount to Bq/m³. It would help to introduce a compulsory radon measurement to a real estate transfer whose costs went to loads of the shop assistant. Otherwise the buyer should have the possibility to let carry out a measurement after the purchase and would be regulated by contract that the costs went for a possible renovation to loads of the shop assistant.

1. Diverse Sanierungen

Die ganze Problematik der Radonkonzentration ist abhängig vom Druckunterschied, wobei die Konvektion entscheidend ist. Die Diffusion kann in unseren Gebäuden vernachlässigt werden.

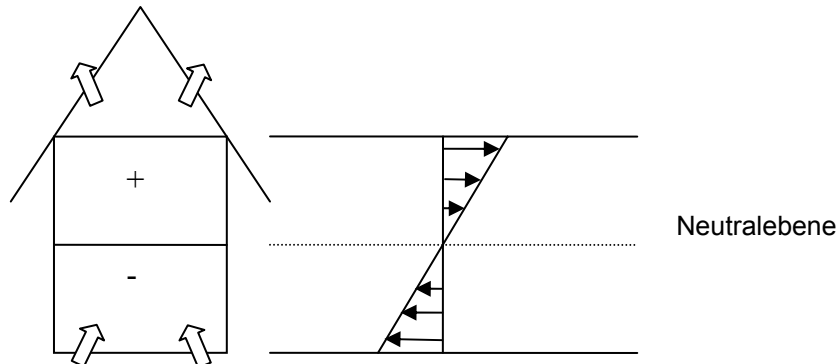


Abb. 1.1: Natürliche Druckverhältnisse im Gebäude

Folgende Methoden werden angewandt (aufgeführt nach ihrer Einfachheit).

- Umnutzung von Räumen (ein Zimmer wird in einen nicht verwendeten Raum umgewandelt)
- Abdichtung von Löchern und Rissen (im Allgemeinen ungenügende, aber notwendige Massnahme)



Abb. 1.2: Nachströmung durch die Abschlussdose des Kabelfernsehens im Schlafzimmer
Luftvolumenstrom (geschätzt mit Flowfinder-Messung) ca. 2-3 m³/h

- Natürliche Belüftung des Hohlraums (passive Methode)
- Entlüftung des Hohlraums (mit Ventilator, aktive Methode)
- Anbringung einer dichten Türe zwischen dem nicht bewohnten Untergeschoss und dem bewohnten Teil
- Absaugung des Kellers (bei Kellern mit Naturböden, Steinmauern und/oder Kellerdecke aus durchlässigem Material)



Abb. 1.3: Trockene Mauerwerke



Abb. 1.4: Boden entlüften mit einem Radonbrunnen oder Drainagesystem (je nach Situation aktiv oder passiv)

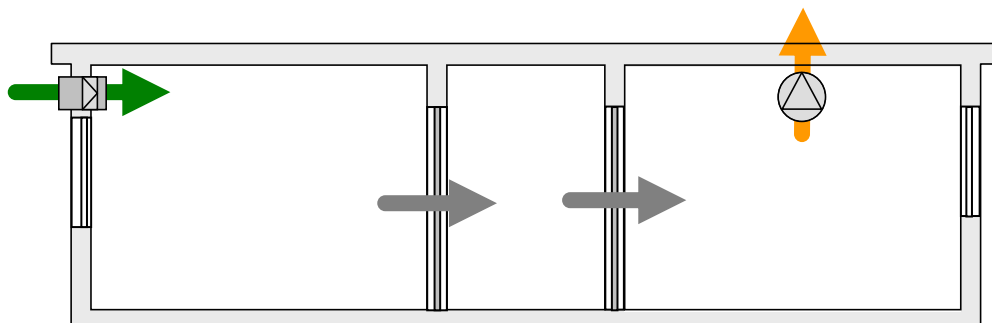


Abb. 1.5: Druckverringierung im Gebäudeinnern

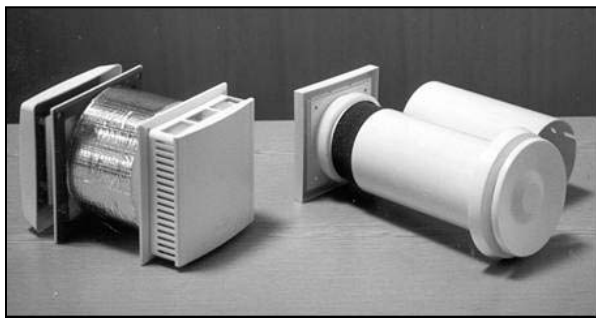


Abb. 1.6: Beispiele von Aussenluft-Durchlässen

Installation einer mechanischen Lüftung in den genutzten Räumen (Achtung: nur Belüftung)

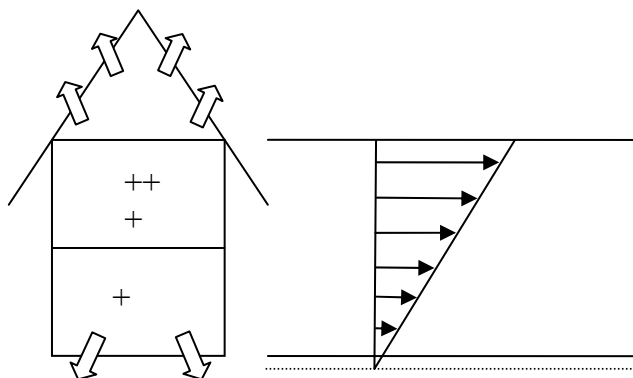


Abb. 1.7: Leichter Überdruck im Gebäude

Diese Methoden müssen oft kombiniert werden, um die gewünschte Reduktion der Radonkonzentration zu erreichen.

2. Neue Gebäude: Erwartungen und Realität

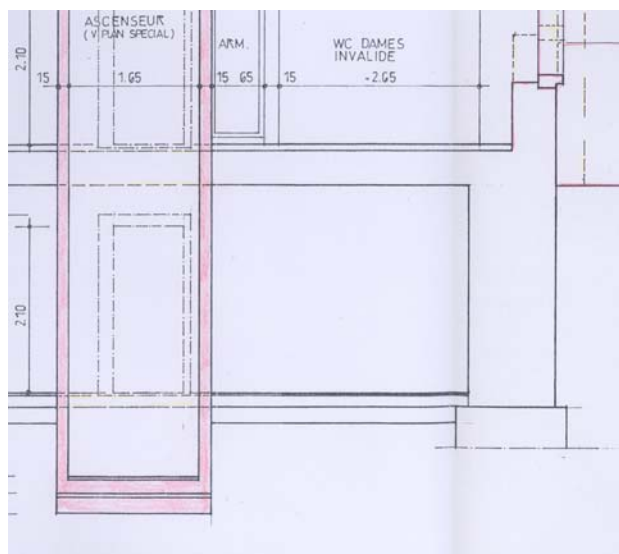


Abb. 1.8: Streifenfundamente

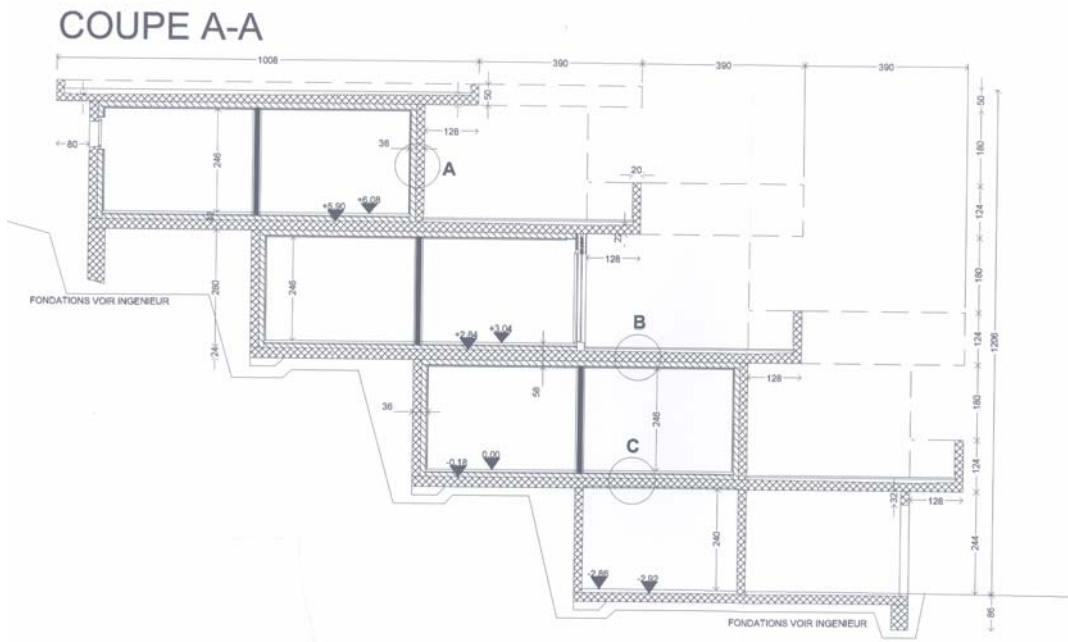


Abb. 1.9: Betonfundamentplatte

In mehreren Kantonen wurden in neuen Gebäuden Kontrollmessungen durchgeführt. In zwei Kantonen wird der Richtwert von 400 Bq/m^3 eingehalten. In einem Kanton wurden Überschreitungen des Grenzwertes von 1000 Bq/m^3 gemessen. Wir sind daran, die Gebäude zu kontrollieren und zu sanieren; es handelt sich um Mehrfamilienhäuser. Folgende Fehler wurden festgestellt.

- Installation einer Erdwärmesonde im Gebäudeinnern
- Um einen alten Gewölbekeller erhalten zu können, erfolgte der Neubau erst ausgehend vom Grundgeschoss.
- Ein Keller mit Naturboden ist mit einer undichten Türe an den bewohnten Teil angeschlossen.
- Ein in den Fels gebauter Keller ausserhalb des Gebäudes weist gegenüber dem bewohnten Teil Undichtheiten auf.
- Weitere Fälle werden zurzeit analysiert.

Architekten und Eigentümer müssen bereits bei der Ausschreibung auf die tatsächliche Radonsituation aufmerksam gemacht werden

Kantone mit hohem Radonrisiko haben in das Baubewilligungsverfahren ein Formular eingebaut, dass Architekten und Eigentümer zur Wahrnehmung ihrer strafrechtlichen und moralischen Verantwortung verpflichtet.

Beispiele der verwendeten Formulare:

Rn	Radon	Gemeinde-Nr.: _____
		Eingang: _____

PLZ / Gemeinde: _____

Amt-Nr.: _____

Strasse / Ort: _____ Nr.: _____

Parzelle(n) / Baurecht-Nr.(n): _____

Schutz vor erhöhten Radongaskonzentrationen

1. Beurteilung des Radonrisikos

Gemäss Beurteilung des Kantonalen Laboratoriums weist die Gemeinde folgendes Radonrisiko auf (allenfalls auf der Gemeindeverwaltung nachfragen):

- ☐ Gemeinde mit **hohem Radonrisiko** (Radongebiet gemäss Strahlenschutzverordnung)
- ☐ Gemeinde mit **mittlerem Radonrisiko**
- ☐ Gemeinde mit **geringem Radonrisiko**

Die Radonkarte mit allen gemessenen Häusern der entsprechenden Gemeinde kann auf der Gemeindeverwaltung eingesehen werden.

2. Aufgaben als Bauherrschaft

Bei Neubauprojekten trifft die Bauherrschaft im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens die Präventionsmassnahmen zusammen mit dem Architekten oder einem Radon-Sachverständigen.

Bei bestehenden Gebäuden schafft spätestens vor anstehenden Renovationsarbeiten eine Messung Klarheit über die Notwendigkeit von Massnahmen. Wenn eine erhöhte Konzentration auftritt, ist zum Schutz der Bewohner/innen eine Sanierung erforderlich (vgl. dazu Art. 110 und 113 der Strahlenschutzverordnung vom 22.06.1994).

3. Ein Radonrisiko in Ihrem Wohnbereich?

Nur eine Radonmessung zeigt eindeutig, ob erhöhte Radonkonzentrationen vorhanden sind, denn die Radonwerte können von Haus zu Haus stark variieren. Ob getroffene Massnahmen erfolgreich sind, kann ebenfalls mit einer Messung leicht nachgewiesen werden.

Die Messung erfolgt während der Heizperiode in einem Wohnraum im Erdgeschoss sowie zusätzlich einem Kellerraum. Die Messung dauert in der Regel drei Monate.

Die Fachstelle Radon des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) führt eine Liste von anerkannten Messstellen, bei denen Radon-Dosimeter bezogen werden können. Der Preis pro Dosimeter inklusive Auswertung liegt bei ca. 60 Franken.

4. Massnahmenvorschläge zur Minimierung der Radonkonzentration im Wohnbereich

Neubauten

- Naturböden im Keller nur mit zusätzlichen Schutzmassnahmen
- Wohnräume direkt über dem Erdreich nur mit zusätzlichen Schutzmassnahmen
- Durchgehende Fundamentplatte statt Streifenfundamente
- Beim Vorwärmen von Luft im Erdreich muss die Aussenluft durch gasdichte Rohre geführt werden
- Mit sorgfältigem Feuchtigkeitsschutz wird das Eindringen von Radon wirksam verhindert
- Durchführungen für Leitungen aller Art und Installationskanäle sorgfältig abdichten
- Absaugen der Bodenluft mit einem gelochten Röhrensystem
- Abgeschlossene Treppenhäuser, dichte Türen mit automatischen Türschliessern zwischen Kellerräumen und Wohnbereich

Werden keine Massnahmen getroffen, können je nach lokalem Grund auch in Gemeinden mit geringem Radonrisiko (kein Radongebiet) Richt- und Grenzwertüberschreitungen auftreten.

Altbauten

- Abdichten von Eindringstellen: Risse, Fugen, Installationsschächte
- Abdichtmassnahmen zwischen Keller- und Wohnbereich
- Einblasen von Frischluft in den Keller
- Abführen von eindringendem Radon mit einem Abluftkanal
- Entlüften des Wohnbereichs mit Wärmerückgewinnung
- Absaugen der Bodenluft mit einem gelochten Röhrensystem
- Mechanische Luftabführung unter dem Gebäude

Das BAG rechnet mit 230 Lungenkrebstoten pro Jahr, die durch die radioaktive Belastung ausgehend von Radongas verursacht werden, und empfiehlt daher bei Konzentrationen ab 100 Bq/m³ die Radonbelastung durch einfache bauliche Massnahmen zu senken.

05.05

5. Weitere Informationen über Radon

Folgendes Material kann beim

Kantonales Laboratorium Bern

bezogen werden:

- Liste „Resultate der Radonmessungen im Kanton Bern“
- Merkblatt "Radon-Info des Kantons Bern"

Bezugsadresse für folgende Informationen ist das

Bundesamt für Bauten und Logistik, Vertrieb Publikationen:

- Radon, Informationen zu einem strahlenden Thema (Form. 311.341) farbige Broschüre
- Radon, ein Thema beim Liegenschaftshandel (Form. 311.347), farbige Broschüre
- CD-Rom Radon (Form. 311.345), multimediale Präsentation der Thematik für PC und Macintosh
- Radon: Technische Dokumentation für Baufachleute, Gemeinden, Kantone und Hauseigentümer (Form. 311.346)

Dienstleistungen vom

Bundesamt für Gesundheit (BAG),

Fachstelle Radon und Abfälle:

- Liste von Radon-Sachverständigen
- Liste anerkannter Messstellen
- Fachliche Beratung bei Sanierungen, Umbauten und Neubauten

Rechtliche Grundlagen

Bund:

- Strahlenschutzgesetz (StSG) vom 22. März 1991
- Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994, Art. 110-118

Kanton:

- Baugesetz (BauG) vom 9. Juni 1985, Art. 21
- Bauverordnung (BauV) vom 6. März 1985, Art. 62

Adressen

- Kantonales Laboratorium Bern
Abt. Umweltschutz und Gifte,
Postfach, 3000 Bern 9
Tel. 031 633 11 41, Fax 031 633 11 98
http://www.gef.be.ch/site/index/gef_kl_kantonschemiker
- Bundesamt für Bauten und Logistik,
Vertrieb Publikationen
Tel. 031 325 50 50, Fax 031 325 50 58
<http://www.bundespublikationen.ch>
- Bundesamt für Gesundheit (BAG)
Fachstelle Radon und Abfälle,
3003 Bern
Tel. 031 324 68 80, Fax 031 322 83 83
<http://www.ch-radon.ch>

6. Erklärung der Bauherrschaft

Der/die Unterzeichnende (Bauherr/in oder Vertreter/in mit Vollmacht) bestätigt, dass die erforderlichen Massnahmen zum Schutz vor erhöhten Radongaskonzentrationen nach den anerkannten Regeln der Baukunde getroffen werden. Die Bauherrschaft hat zur Kenntnis genommen, dass die Bauabnahme grundsätzlich auch eine Radonmessung umfassen kann. Wird der Grenzwert von 1'000 Bq/m³ im Wohnbereich überschritten, muss das Gebäude zu Lasten der Eigentümerin oder des Eigentümers saniert werden. Bei Neubauten und Sanierungen ist der Richtwert von 400 Bq/m³ anzustreben.

Ort und Datum: _____

Unterschrift der Bauherrschaft: _____

Tab. 1: Beispiele von Messungen 2005/2006:
 Bei Neubauten (7) und umgebauten Gebäuden (1) im Kanton Neuenburg

	Rn [Bq/m ³] bewohnt	Rn [Bq/m ³] unbewohnt	Neubau	Umbau
Chambrelieu	68	360	x	
Cernier	192		x	
Cernier	79	114	x	
Fleurier	57	65	x	
Fleurier	315	1309		x
La Sagne	61/59		x	
Brot-Plamboz	190/218		x	
Fontaines	45	66	x	

Es handelt sich um Kontrollmessungen in Zonen mit hoher Radonkonzentration, in denen keine baulichen Maßnahmen zur Verringerung der Radonkonzentration durchgeführt wurden.

3. Gesetze und Immobilien

In Gesetzen und Verordnungen müssen für Wohn- und Arbeitsgebäude unbedingt feste Grenzwerte in Bq/m³ festgelegt sein. Diese Voraussetzung ist unabdingbar, um Sanierungen und bauliche Regeln durchsetzen zu können. Andere, flexible Formulierungen, so auch Empfehlungen für Radonkonzentrationen, sind nicht wirksam.

Mit den Grenzwerten für bestehende Gebäude lassen sich Spitzenwerte und extreme Dosen eliminieren. Baureglemente für Renovationen, Umnutzungen und Neubauten ermöglichen, den nationalen Durchschnitt zu senken.

Ein Problem stellt die Nutzung der Räumlichkeiten im Untergeschoss dar und zwar auch, wenn das Gebäude eine Konzentration unterhalb des zulässigen Grenzwertes aufweist. Genutzte Räume im Untergeschoss weisen oft Radonkonzentrationen auf, die über den gesetzlichen Grenzwerten liegen. Vor der Umnutzung von Räumen, sollte die Radonkonzentration unbedingt gemessen werden. Oft erfolgt aber eine solche Umnutzung durch den Eigentümer illegal; eine Beratung ist in einem solchen Fall nicht möglich.

DAS RADONPROGRAMM DER TSCHECHISCHEN REPUBLIK

THE RADON PROGRAMM OF THE CZECH REPUBLIC

Josef Thomas

Staatliches Institut für Strahlenschutz, Praha

Zusammenfassung

Die grundsätzlichen Dokumente (Regierungsbeschluss No. 542/1999 zum Radonprogramm und die entsprechenden Paragraphen im Atomgesetz No. 18/1997) und die wichtigsten Charakteristiken der Radonproblematik, als da sind die repräsentative Verteilung der Radonexposition der Bevölkerung, die Abschätzung der Anzahl von Risikohäusern über 400 Bq/m³ (32 000 Häuser = 2% des Hausbestandes) und die bisherigen Erfolge bei der Suche nach diesen Risikohäusern (78% nach 17 Jahren, vielleicht zu langsam) werden beschrieben. Als neues Ziel wird neben der Sanierung der Risikohäuser (bei leider niedrigem Interesse der betroffenen Besitzer) die qualifizierte Durchführung des Präventiv-Programmes in Neubauten angesehen, also die Aufgabe der Bautechnik und der Bauregelung in Zukunft (eher als Sache des Strahlenschutzes).

Summary

The basic documents (Governmental Resolution No. 542/1997 about the Radon Programme and the relevant articles of the Atomic Act No. 18/1997 Coll.) are described and the most important characteristics of the radon problems (representative distribution of the exposure to radon in the population, estimation of the number of houses at risk above 400 Bq/m³ (32 000 houses = 2% of the house-stock) and the success of the search programme up to now (78% during 17 years, may be too lengthy)) are given. Beside the mitigation of houses with higher risk (unfortunately low interest of their owners) as the new aim of the Radon Programme is seen the qualified realisation of preventive measures in new houses - therefore the task of building engineering and building regulations in future (more then the task of radiation protection).

1. Historie

- 500 Jahre Lungenkrebs im Ag-U Bergbau
- 40 Jahre Uranförderung für die UdSSR seit 1946, ab 1954 unter Überwachung durch die Abteilung Strahlenhygiene des Gesundheitsministeriums
- Lungenkrebs als Berufskrankheit seit 1960 anerkannt
- Epidemiologische Studie, Anfang 1978
- Beschäftigung mit der Radonproblematik in Wohnungen – Joachimsthal, 1979
- 1. bis 3. Radonprogramm 1990-99 durch das Umweltministerium, Gesundheitsministerium und Finanzministerium, Interresort-Radonkommission
- erstes Radon-Regulativ durch das Gesundheitsministerium, No.76/1991
- Epidemiologische Studie bei Bevölkerung, 1992
- Strahlenschutz beim Staatlichem Amt für Nuklearsicherheit ab 1996 angesiedelt
- 4. Radonprogramm, 2000-09 durch das Staatliche Amt für Nuklearsicherheit, Finanzministerium, Umweltministerium, Ministerium für Regionalentwicklung und Ministerium für Industrie und Handel sowie die 37 Kreisämter;
ab 2003: 14 Bezirksämter und Experten

2. Wie arbeitet das Radonprogramm in der Tschechischen Republik

Regierungsbeschluss No.542/1999 (novel. No. 970/2002),
vierter Regierungsbeschluss ab 1990
Legislative

- des Staatlichen Amtes für Nuklearsicherheit (und Strahlenschutz) (SANS)
- des Finanzministeriums (FM)

2.1 Beschluss der Regierung der Tschechischen Republik vom 7. Oktober 2002

Die Regierung

- nimmt den Report über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung zur Kenntnis
- genehmigt das Radonprogramm der Tschechischen Republik
- stimmt der Gewährung von Finanzmitteln aus dem Staatshaushalt für Sanierungsmaßnahmen gegen Radon in Schulgebäuden, Wohnungen, Familienhäusern und öffentlichen Wasserwerken zu, genehmigt die Beträge im Haushaltsgesetz nach bestimmten Kriterien.
- beauftragt
- den Präsidenten des Staatlichen Amtes für Nuklearsicherheit, die Minister für Finanzen, Regionalentwicklung, Umwelt, Industrie u. Handel, die Erfüllung des Radonprogramms bis 2009 zu gewährleisten,
- den Präsidenten des Staatlichen Amtes für Nuklearsicherheit, die Minister für Finanzen, Regionalentwicklung, Umwelt, Industrie und Handel, die notwendigen Finanzmittel in den Haushalt einzubringen,
- den Finanzminister in Zusammenarbeit mit dem Präsidenten des Staatlichen Amtes für Nuklearsicherheit, Richtlinien zur Gewährung von Beiträgen zu erlassen,
- den Finanzminister, ab 2000 in der Allgemeinen Verwaltungskasse eine Reserve für diese Beiträge zu bilden.
- beansprucht die Bezirkshauptmänner zum Zusammenwirken bei der Erfüllung von Punkt IV.

2.2 Radonprogramm der Tschechischen Republik

Herausfinden von Gebäuden mit hoher Radonkonzentration in der Raumluft:

- *Detektoren und Auswertung besorgen* durch das Staatliche Amt für Nuklearsicherheit
- *Verteilung und Einsammeln von Detektoren* durch die Bezirksämter (BA)
- *Sendung der Messresultate an die Bezirksämter* durch das Staatliche Amt für Nuklearsicherheit
- *Sendung der Messresultate an die Hauseigentümer* durch die Bezirksämter

Präventive Maßnahmen gegen Radon

Erstellung von prognostizierenden Radonrisikokarten für die Gebietsplanung durch das Staatliche Amt für Nuklearsicherheit und das Ministerium für Regionalentwicklung,
Erarbeitung einer einheitlichen Metodik zur Bestimmung des Radonrisikos von Bauplätzen durch das Staatliche Amt für Nuklearsicherheit und das Ministerium für Regionalentwicklung,
Gewährleistung einheitlicher Standarts in den Bauämtern durch das Ministerium für Regionalentwicklung und das Staatliche Amt für Nuklearsicherheit.

Sanierung von Gebäuden und Wasserwerken

- Gewährung von Fördermitteln aus dem Haushalt für Sanierungsmaßnahmen gegen Radon in Gebäuden:
 - *Kriterien für die Gewährung:* Staatliches Amt für Nuklearsicherheit und Finanzministerium und Ministerium für Regionalentwicklung
 - *Gewährung von Fördermitteln für Besitzer der Risikohäuser:* Bezirksamt und Staatliches Amt für Nuklearsicherheit
 - *Kontrolle der Finanzierung:* Finanzministerium und Bezirksamt
 - *Kontrolle der Maßnahmen:* Bezirksamt und Ministerium für Regionalentwicklung und Staatliches Amt für Nuklearsicherheit
- *Auswertung der Effektivität der Maßnahmen* durch das Staatliche Amt für Nuklearsicherheit
- *Gewährung von Beiträgen aus dem Haushalt für Sanierungsmaßnahmen gegen Radon in Wasserwerken* durch das Finanzministerium, das Staatliche Amt für Nuklearsicherheit und das Agrarministerium.

Information der Öffentlichkeit

- bei Neubauten über Prävention
 - *Bearbeitung und Herstellung der Druckerzeugnisse:* Staatliches Amt für Nuklearsicherheit und Ministerium für Regionalentwicklung,
 - *Verteilung unter der Bevölkerung:* Ministerium für Regionalentwicklung und Bezirksamt,
- für bestehende Gebäude über Sanierungsmöglichkeiten
 - *Bearbeitung und Herstellung der Druckerzeugnisse:* Staatliches Amt für Nuklearsicherheit und Ministerium für Regionalentwicklung,
 - *Verteilung unter der Bevölkerung:* Ministerium für Regionalentwicklung und Bezirksamt.

Entwicklung und Forschung

- *von Sanierungsmethoden und deren Bewertung:* Ministerium für Industrie und Handel und Staatliches Amt für Nuklearsicherheit,
- *von diagnostischen Methoden für Gebäude:* Staatliches Amt für Nuklearsicherheit,
- von Methoden zur Bestimmung des Radonrisikos von Bauplätzen und Bereitstellung von Referenzflächen: Umweltministerium und Staatliches Amt für Nuklearsicherheit,
- *von Radonrisikokarten für den Wohnungsbestand:* Staatliches Amt für Nuklearsicherheit und Umweltministerium.

Finanzielle Aufwendungen:

Der Teil B des Anhanges des Regierungsbeschlusses summiert die Aufgaben der beteiligten Ministerien und gibt die Höhe der Kosten des Radonprogramms pro Jahr an:

- | | | |
|---|---------------|-----------------|
| • Staatliches Amt für Nuklearsicherheit | 3 Mill. CZK | (100 Tausend €) |
| • Ministerium für Regionalentwicklung | 0,2 Mill. CZK | (7 Tausend €) |
| • Umweltministerium | 1 Mill. CZK | (30 Tausend €) |
| • Ministerium für Industrie und Handel | 1 Mill. CZK | (30 Tausend €) |
| • Agrarministerium | 0,2 Mill. CZK | (7 Tausend €) |

Sanierung (Wohnungen, Schulen, Wasserwerke)	30 Mill. CZK	(1 Million €)
---	--------------	----------------

2.3. Radon im Atomgesetz No.18/1997

- § 3, 2i: Das Staatliche Amt für Nuklearsicherheit überwacht, beurteilt und reguliert die Strahlenexposition von Personen
- § 6: Exposition aus natürlichen Quellen
- § 6, 1-3: Arbeitsplätze
- § 6, 4: Wer die Errichtung von Gebäuden mit Wohnräumen beantragt ... ist verpflichtet, dem Bauamt den Radonindex des Grundstückes mitzuteilen. Wenn sich das Gebäude nicht auf einem Grundstück mit niedrigen Radonindex befindet, muss das Gebäude präventiv gegen das Eindringen von Radon aus dem Baugrund geschützt werden. Die Bedingungen bestimmt das Bauamt in der Standort- und in der Baugenehmigung.
- § 6, 5: **In Gebäuden mit Wohnräumen**, wo die Radonkonzentration oder Gamma-strahlen-Intensität **höher als der in der Richtlinie angeführte Richtwert ist**, und die Exposition durch solche Maßnahmen reduzierbar ist, dass die erwartete Reduzierung der Gesundheitsschäden zur Begründung der mit dem Eingriff verbundenen Schäden und Kosten ausreicht, **ist der Besitzer des Gebäudes zu Bemühungen verpflichtet**, die Strahlenbelastung auf einen Wert zu reduzieren, der unter Beachtung von wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Faktoren vernünftig erreichbar ist.
- § 6, 5 Forts.: **Überschreitet** die Exposition den in der Richtlinie angegebenen **Grenzwert**, **ordnet das Bauamt die Durchführung** der notwendigen Änderungen am Gebäude auf Grund erheblicher Gesundheitsgefährdung **an**, wenn das im öffentlichem Interesse ist. Von der Überschreitung von Richt- oder Grenzwerten muss der Eigentümer den Mieter informieren.
- § 28, 2: **Der Staat kann** Zuschüsse zur Beseitigung von alten Strahlenlasten gewähren, und zwar:
- e: zum Ermitteln von Radonrisiken in Gebäuden und Wasserwerken und für Maßnahmen, die nach § 6,5 nachweisbar begründet sind.
- § 46a: **Die Bezirksämter beteiligen sich** im Rahmen des Schutzes der Bevölkerung vor Exposition durch natürliche Quellen **an der Suche nach Gebäuden mit höherem Expositionsniveau und an der Verteilung von Zuwendungen** für Sanierungsmaßnahmen in diesen Gebäuden und in Wasseraufbereitungsanlagen.
- § 9, 1: Die Genehmigung vom Staatlichen Amt für Nuklearsicherheit ist notwendig für folgende **Tätigkeiten**:
- **Dienstleistungen bezüglich Strahlenschutz** (z.B. Radonindex, Radonkonzentration in Gebäuden, in Wasser, Massenindex in Baumaterial)
 - weiter: Inspektion, QA/QC, Schulung, Prüfung, ...

3. Hauptcharakteristiken des Radonprogramms

Grundcharakteristik des Radonrisikos:

- Es ist – mehr oder weniger - immer und überall anwesend;
- es ist mit Sinnen nicht wahrnehmbar;
- es wird meistens unterschätzt, manchmal überschätzt.

Aber

- es ist nicht verschuldet – nicht bekannt, nicht entdeckt, nicht bautechnisch reguliert, kein BG;
- es ist vorhersagbar, erklärbar – Geologie und Qualität der Isolation gegen Grund;
- technisch effektiv lösbar – Sanierung und Prävention.

Voraussetzungen des Radonprogramms

- Kenntnis des Umfangs der Risiken;
- Kenntnis der Ursachen und der Lösungen;
- Konzeption des Vorgehens;
- Leitung, Organisation und Mitarbeit;
- Kontrolle;
- Entwicklung und Forschung.

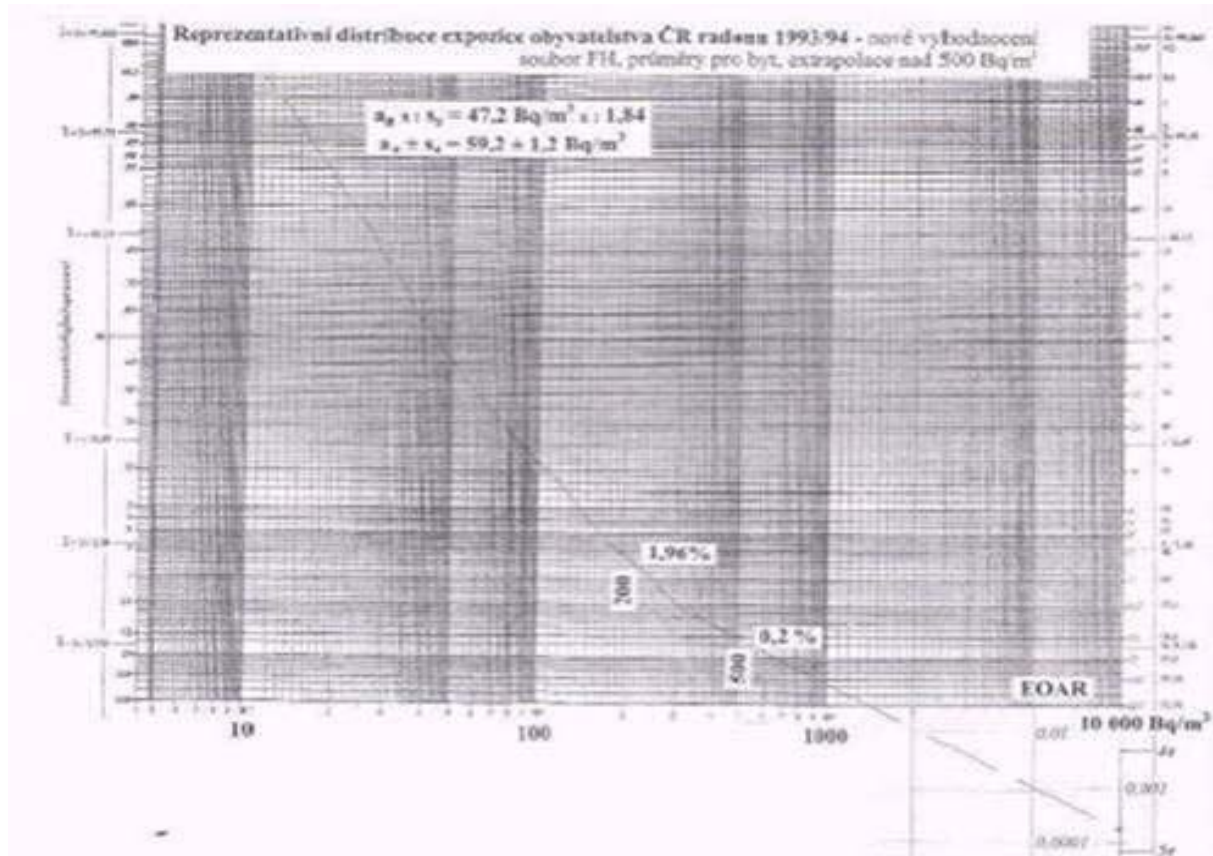


Abb. 1: Repräsentative Verteilung der Radonexposition der Bevölkerung der Tschechischen Republik, 1993/94

Tab. 1: Verteilung der Radonexposition im Wohnungsbestand der Tschechischen Republik, Abschätzung der Anzahl von Risikohäusern und die jährliche Lungenkrebsmortalität durch Radon

Rn Konz.	Anteil	Durchschn. Effektivdosis	Gebäude	Personen	Lungenkrebs, jährlich	
Bq/m ³	%	mSv/Jahr	Tausend	Tausend	Anzahl	%
bis 200	88,46	2,26	1 443	9 050	590	67
200 - 400	9,58	6,72	156	980	190	22
über 400	1,96±0,33	17,4	32±5	201	100	11
über 1000	0,195±0,108	53,2	3±1,7	20	30	3
10 - 20000	100	2,99	1 631	10 230	880	100
					430-1650	Konf. Int.

Nach kompletter Sanierung

bis 200	88,46	2,26	1 443	9 050	590	72
200 - 400	9,58	6,72	156	1 180	230	28

Komplette Vorbeugungslösung

bis 200	100	2,26	1 631	10 230	780	100
---------	-----	------	-------	--------	-----	-----

Tab. 2: Jährlich ersparte Kollektivdosis bei idealem Erfolg der Sanierung und Vorbeugung

Rn Konz.	Anteil	Gebäude	Personen	Efekt. Dosis	Kollektivdosis
Bq/m ³	%	Tausend	Tausend	mSv/Jahr	manSv/Jahr
< 200	88,4	1 443	9 050	2,3	20 400
200 - 400	9,6	156	980	6,7	6 600
> 400	2	32	200	17,4	3 500
		1 631	10 230	3,0	30 500
Idealresultat der Sanierung					
200 - 400	2	60	200	6,7	1 300
Ersparte Kollektivdosis					2 200
Idealresultat der Vorbeugung					
< 200	100	3 000	10 230	2,3	23 100
Ersparte Kollektivdosis					7 400

Physikalische Gründe für höhere Risiken

- hohe Radon-Konzentration im Boden - Geologie
- große Defekte in der Barriere der Kontaktfläche - Baufekte
- großer Unterdruck – niedrige Temperatur – konvektive Zufuhr von Radon
- geringe Lüftung – schlechtes Nutzungs-Regime

$$a(t+\Delta) = r(t) / k(t) \text{ (Bq/h.m}^3\text{)/(1/h)} \quad (1)$$

- Radondiagnostik vor/nach Sanierung
- bei niedrigem Risiko ist neben konvektiver Radon-Zufuhr auch Diffusion im Spiel

Konzeption des Radonprogramms

- Rechtfertigung der Intervention des Radonprogramms
- Komplexität des Zuganges, Kooperation
Sanierung + Vorbeugung, Baumaterial, Wasser, usw.
- Hegemonie – Strahlenschutz x Bauwesen
- Kontrolle – Planerfüllung, Wirksamkeit
- Informationen, Aufklärung
- Radonkommerz – billig oder gefördert

Rechtfertigung der Intervention des Radonprogramms

- Vermeidung von Lungenkrebsfällen
- ökonomisch – cost-benefit, cost-effectivity Analysen
- technisch – lösbar, effektiv, wenig belastigend
- soziologisch – ältere Häuser, „Sünden der Vergangenheit“, Wahrnehmung des Risikos

Multifaktor Problem - Kooperation

- Strahlenschutz – historisch
- Physik, Metrologie, Messtechnik,
- Geologie
- Bautechnik – Hauptproblem
- Ökonomie
- Psychologie, Soziologie
- Politik, Legislative (Rechte und Pflichten der Menschen)
- Massenmedien, Fachliteratur, Informatik

Kooperationen im Radonprogramm

- Staatsprogramm in Kooperation mit
- Selbstverwaltung - Regionen, Gemeinden
- Fachleuten – Instituten, Universitäten (Bautechnik, Geologie, Strahlenschutz, ...)
- Wirtschaft, Gesellschaften (Messfirmen, Profi-Assoziationen, ...)
- bürgerliche Initiativen, stakeholders

Man braucht

- einen fähigen Manager (muss nicht begeistert sein)
- politischen Willen
- breit konzipierte Kooperation
- genug Zeit, Geld und Leute

Wer und wie viele sind betroffen

- 2 % (35 000) - Gebäude mit höherem Risiko
- 0,6 % (10 000) - neue Gebäude pro Jahr
- schon nach vier Jahren des Radonprogramms gibt es mehr neue Gebäude als alte Risikogebäude, also Aufmerksamkeit auf Prävention richten,
- alles betrifft konkrete Personen, alle sind direkt ansprechbar (nach Kontaktaufnahme), also kein Grund zur Medialisierung des Radonprogramms

4. Erfolge des Radonprogramms der Tschechischen Republik

- 265 Radonkarten 1:50 000 (www.geology.cz)
- RIP-Messungspflicht nach Atomgesetz
- ČSN 73 0601 Radon-Norm – Rn Etikette
- Suchprogramm – über 70% gefunden
- effektive Sanierungsmethoden
- strenge Kontrolle der Sanierungseffektivität

Für die Bestimmung des Radonindexes sind 111 Firmen lizenziert.

Tab. 3: 3. Quartil der Radonkonzentration c_A in der Bodenluft

RIB	3. Quartil der Radonkonzentration c_A in Bodenluft kBq/m ³		
niedrig	$c_A < 30$	$c_A < 20$	$c_A < 10$
mittel	$30 \leq c_A < 100$	$20 \leq c_A < 70$	$10 \leq c_A < 30$
hoch	$c_A \geq 100$	$c_A \geq 70$	$c_A \geq 30$
	niedrig	mittel	hoch
	Permeabilität des Bodens		

Kompletter Satz von Radonkarten im Maßstab 1:50 000

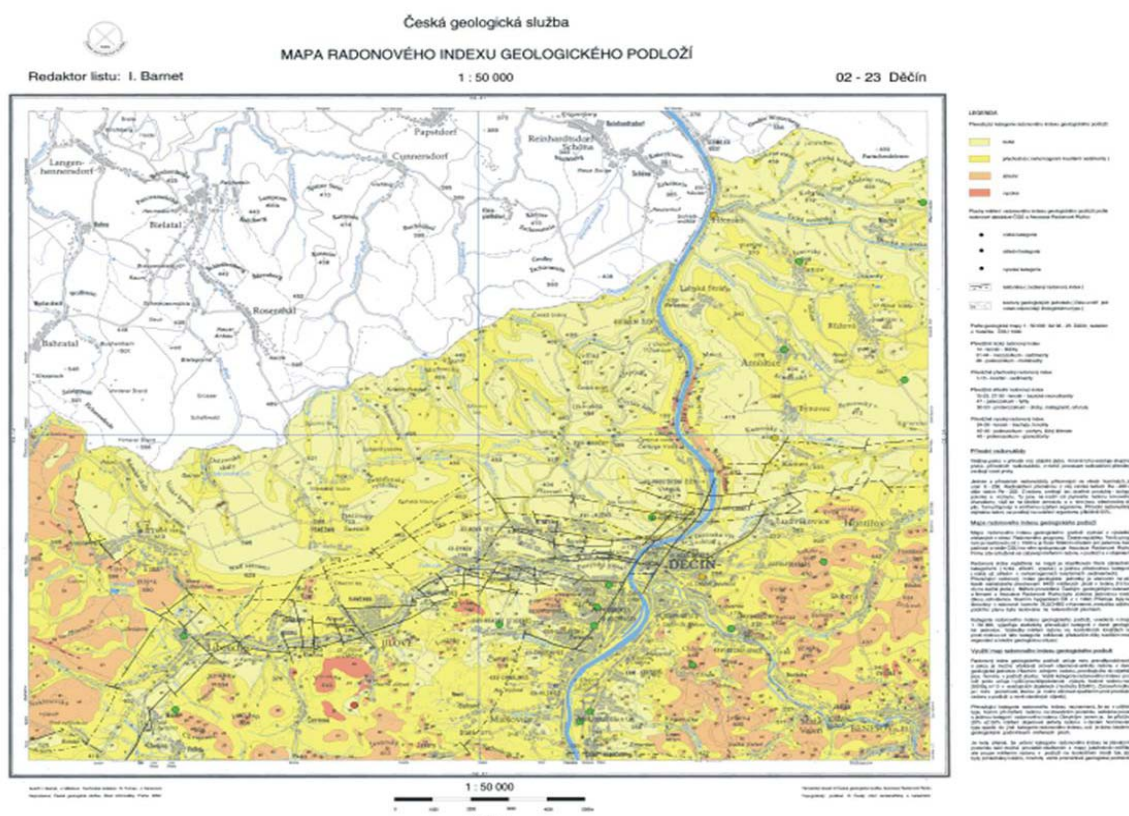


Abb. 2: Karte Radonindex Děčín



Das Radonlabel von Gebäuden wird in der Norm ČSN 37 0601 geregelt und bezeichnet das erhöhte Lungenkrebsrisiko:

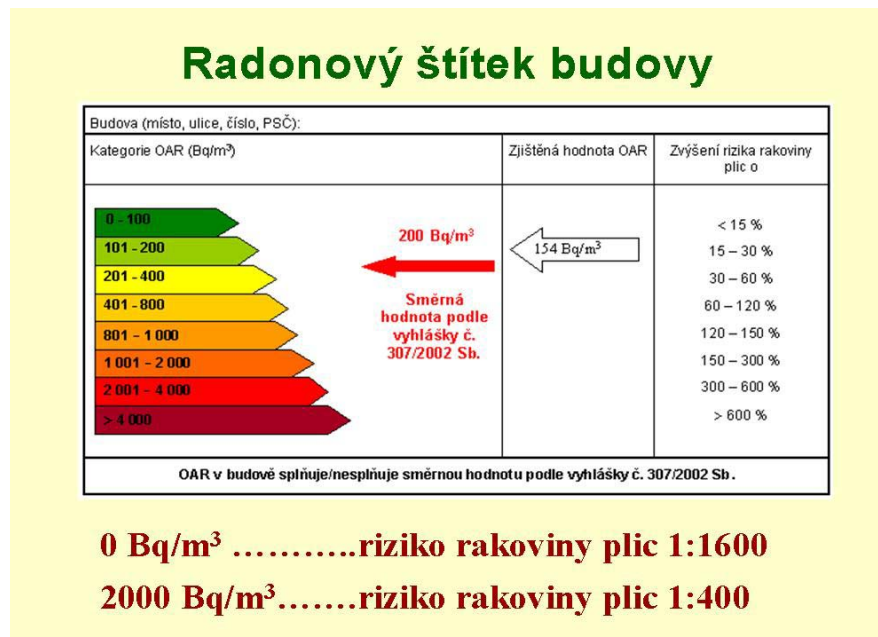


Abb. 4: Das Radonlabel von Gebäuden

Das Suchprogramm

Tab. 4: Das Suchprogramm

		Anzahl der Häuser mit mehr als 400 Bq/m ³						
Etappe	Zeitraum	gesucht/J	gefunden/J	%	saniert/J	%	Mill. Euro/J	
Strahlenhygiene	1991-96	19.300	3300	17	300	9	3,3	
Staatsverwaltung	1997-02	7600	1800	24	400	22	1,3	
Selbstverwaltung	2003-05	5300	800	15	17	6	0,08	
	kumulativ	13000	25000	19	3800	15	28	

Auch 340 Schulen und Wasser in 360 Wasserwerken wurden saniert

Suchstrategie:

- staatlich x selbstverwaltet
Staat darf nicht anordnen x Gemeinde hat wichtigere Aufgaben
- gezielt: Radonkarte, Bautyp
- zufällig: Sucherfolg + repräsentative Exposition

5. Aktuelle Problemen des Radonprogramms der Tschechischen Republik

- niedriges Interesse an Sanierungen, auch bei Förderung, keine aktive Aufklärung
- langsames Aufspüren von Risikohäusern
- niedrige Mitarbeitsbereitschaft der Gemeindevorstände, keine Pflicht
- niedrige legislative Kraft im Bauwesen und Baugesetz

Erfahrungen aus Sanierungsmaßnahmen mit komplizierten Untergrundverhältnissen

Experiences of remedial action in areas with complicated subsoil-conditions

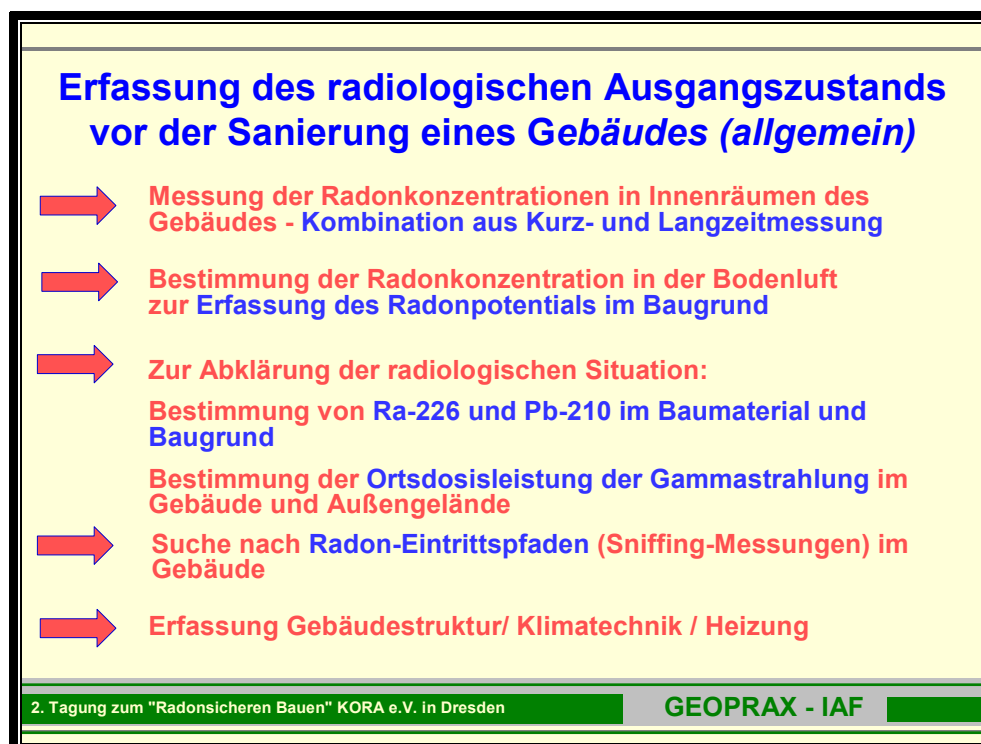
Bernd Leißring ¹⁾
Hartmut Schulz ²⁾

¹⁾ Bergtechnisches Ingenieurbüro GEOPRAX, Chemnitz

²⁾ IAF Radioökologie Dresden GmbH, Dresden

Zusammenfassung

Die Sanierung bestehender radonbelasteter Gebäude auf bergbaulich beeinflussten Untergrund stellt besondere Anforderungen an die Herangehensweise und Ausführung. Ohne das Systemverständnis zwischen Gebäude, Interface und bergbaulichen Einflüssen zu erfassen und zu verstehen ist eine Sanierung nicht relevant. In dem vorzustellenden Beispiel werden die dazu notwendigen Erfassungen und unterschiedlichen messtechnischen Schritte erläutert. Dabei spielt das zu erkennende Radontransportmodell der Quellen und der Kopplung eine primäre Rolle. Die Systemanalyse zeigt die Möglichkeiten für erfolgreiche Sanierungsmaßnahmen in diesem praktischen Fall und zeigt einen prinzipiellen Lösungsansatz für vergleichbare Verhältnisse. Abschließend werden die ausgeführten Sanierungsschritte dargestellt und die Prüfung der Wirksamkeit und der Nachweis des Sanierungserfolges dokumentiert.



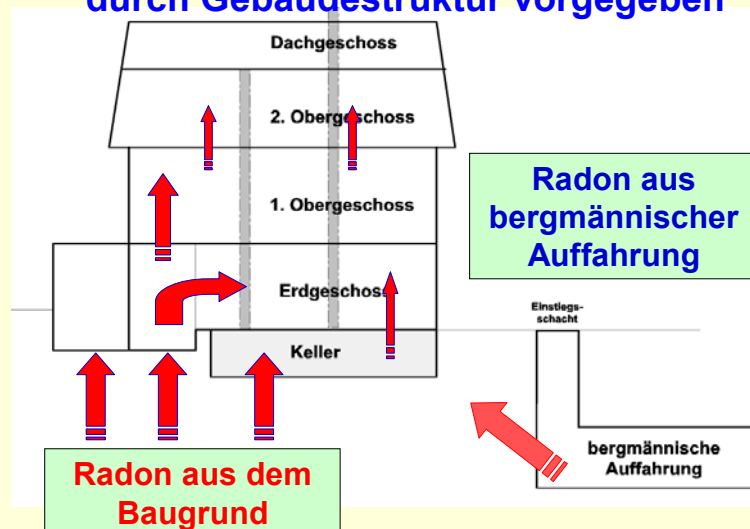
Zusätzlich ist in Bergbaugebieten zu beachten:

- ➔ Gebäude mit direkter Verbindung zum Grubengebäude
- ➔ Gebäude mit Standort auf Ablagerungen aus Bergbautätigkeit (Halde)
- ➔ Morphologische Höhenlage des Gebäudes im Bezug auf eventuelle Bewetterungssysteme im Grubengebäude

2. Tagung zum "Radonsicheren Bauen" KORA e.V. in Dresden

GEOPRAX - IAF

Haupteintrittspfade des Radons ins Gebäude sind durch Gebäudestruktur vorgegeben



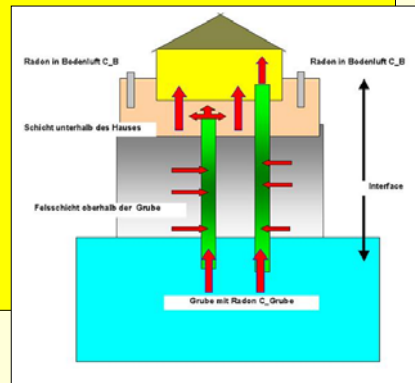
2. Tagung zum "Radonsicheren Bauen" KORA e.V. in Dresden

GEOPRAX - IAF

Existenz von 4 Radonreservoiren

Welche Radonfracht letztlich in ein Haus gelangt, hängt von der lufttechnischen Kopplung von 4 Radon- (Wärmereservoiren) ab:

- Grubenhohlräume,
- Baugrund,
- Atmosphäre und
- Haus



2. Tagung zum "Radonsicheren Bauen" KORA e.V. in Dresden

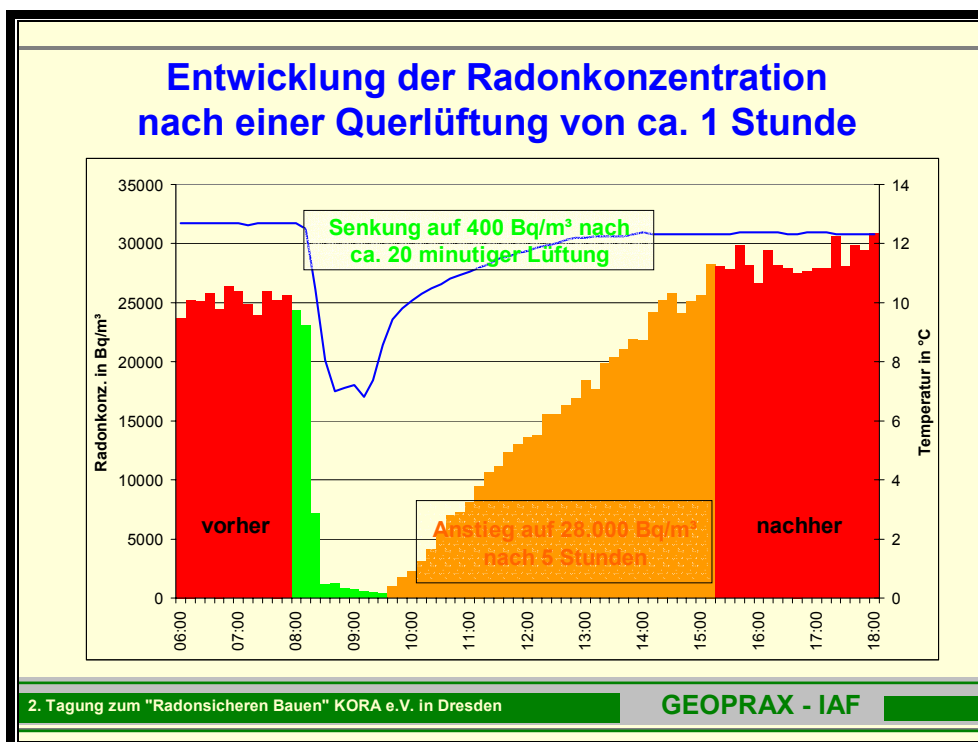
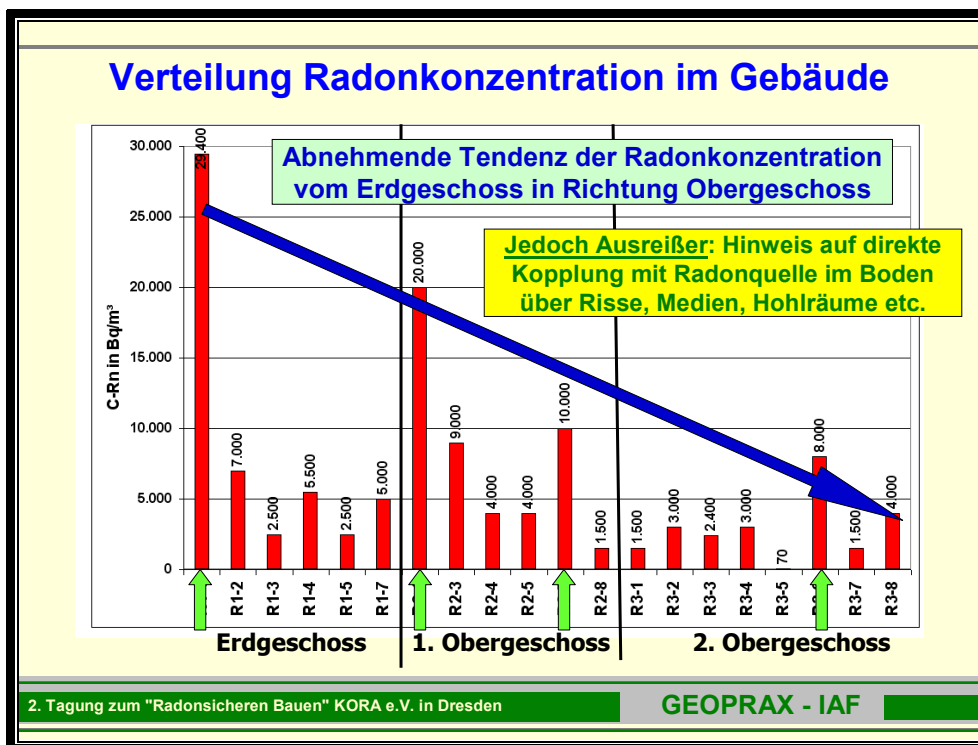
GEOPRAX - IAF

Kopplung der 4 Radonreservoirs

- Die Radon Reservoirs sind jahreszeitlich unterschiedlich und stark durch die Hausnutzung gekoppelt.
- Die daraus resultierenden verschiedenartig gerichteten Konvektionsströme sind Ursache für die Alteration der Radonkonzentration in den Häusern

2. Tagung zum "Radonsicheren Bauen" KORA e.V. in Dresden

GEOPRAX - IAF



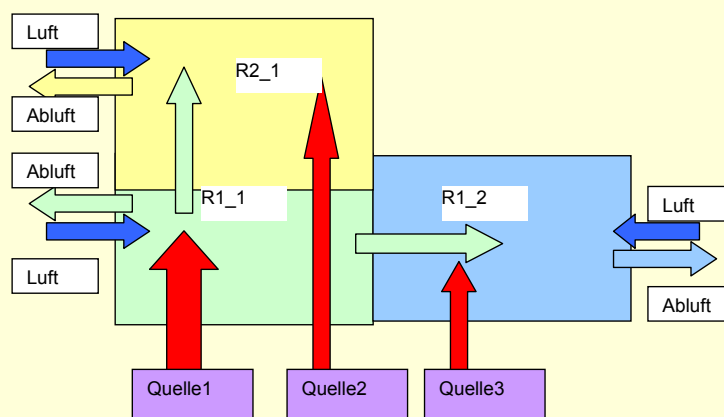
Radontransportmodell

- ➔ mehrere gekoppelte Differentialgleichungen für den Radontransport für "zusammenhängende" Räume
- ➔ jeder Raum hat separate Quelle
- ➔ jeder Raum hat separate Kopplung zu Nachbarräumen
- ➔ jeder Raum hat Luftaustausch mit der Atmosphäre
- ➔ etc...

2. Tagung zum "Radonsicheren Bauen" KORA e.V. in Dresden

GEOPRAX - IAF

Modell Quellen und Kopplung für Radontransport (schematisch)



2. Tagung zum "Radonsicheren Bauen" KORA e.V. in Dresden

GEOPRAX - IAF

Allgemeine Möglichkeiten der Radonsanierung

- ➡ Abdichtung Baugrund / Gebäude gegenüber Radoneintritt
- ➡ Installation Radonbrunnen - Gezielte Abführung
- ➡ Überdruck zur Reduzierung der Radonzufuhr
- ➡ Lüftungstechnischen Maßnahmen
- ➡ Änderung Nutzungsverhalten

2. Tagung zum "Radonsicheren Bauen" KORA e.V. in Dresden

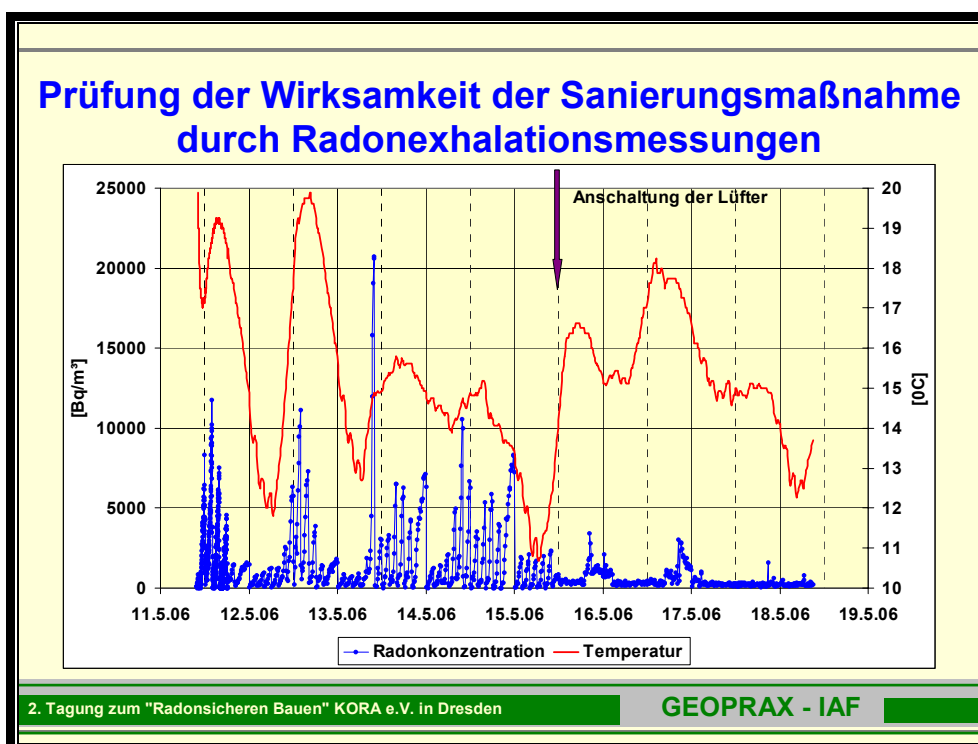
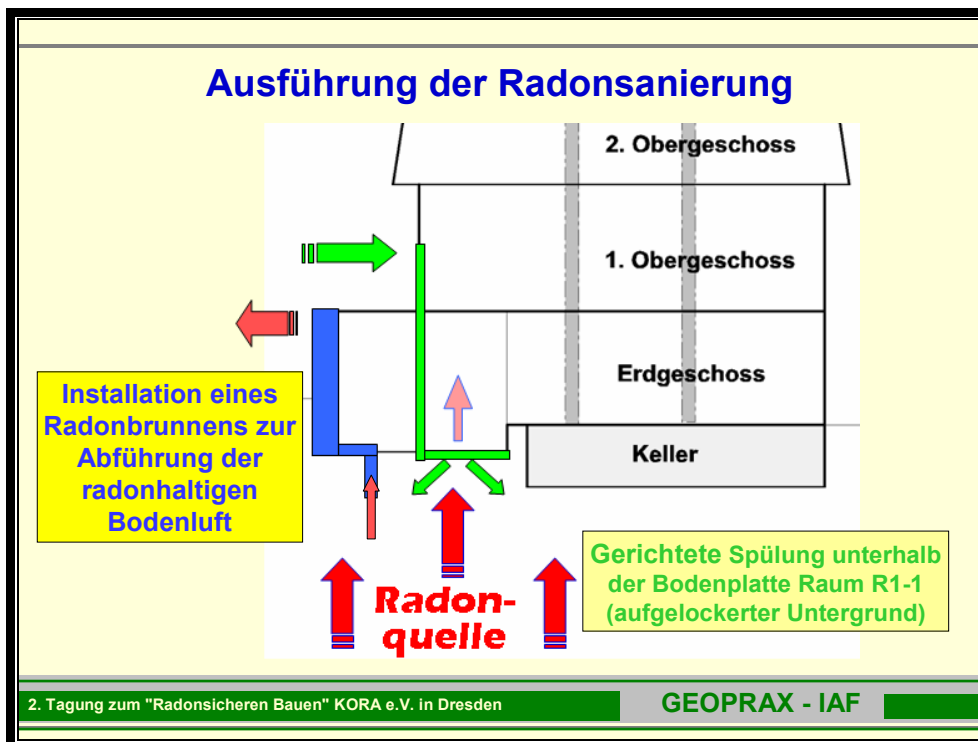
GEOPRAX - IAF

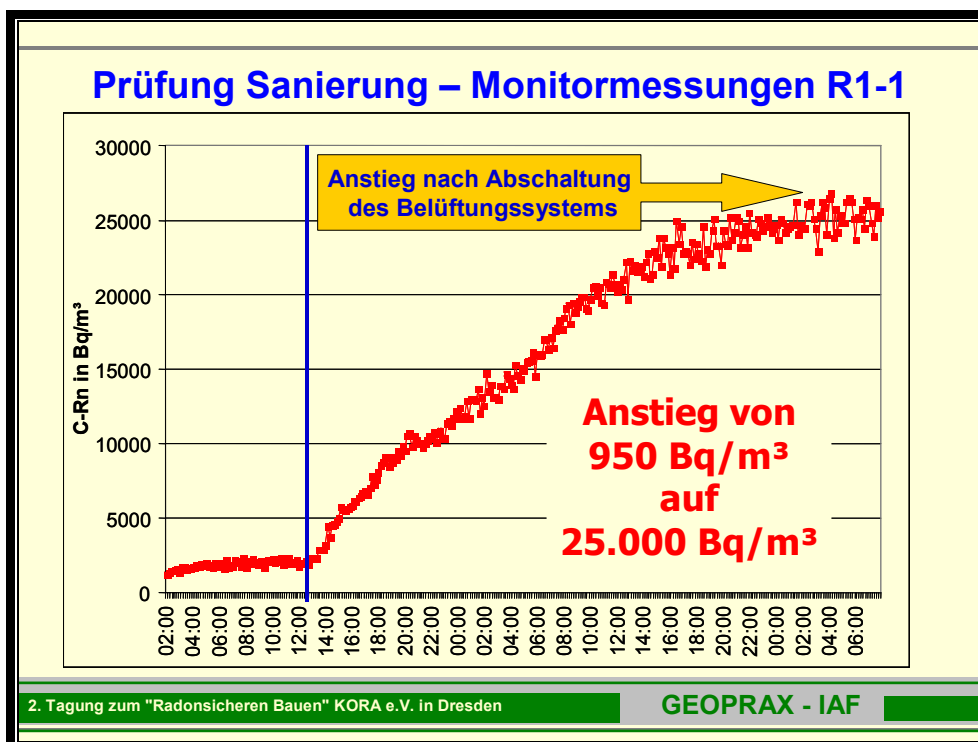
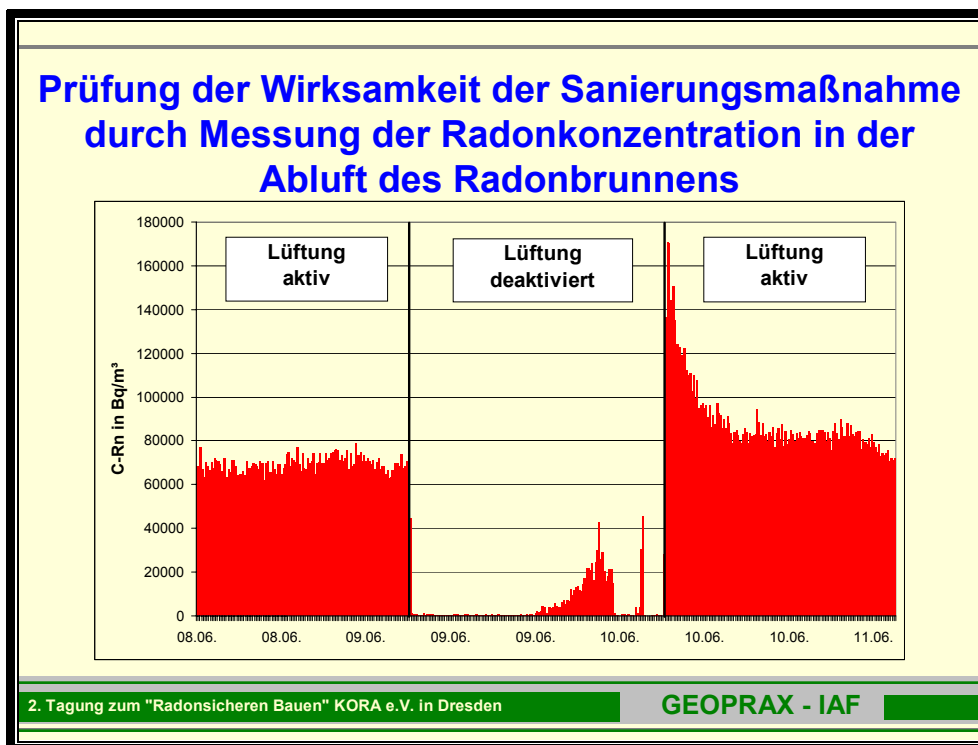
Systemanalyse hat gezeigt, dass folgende Sanierungsmaßnahmen erfolgreich sein können:

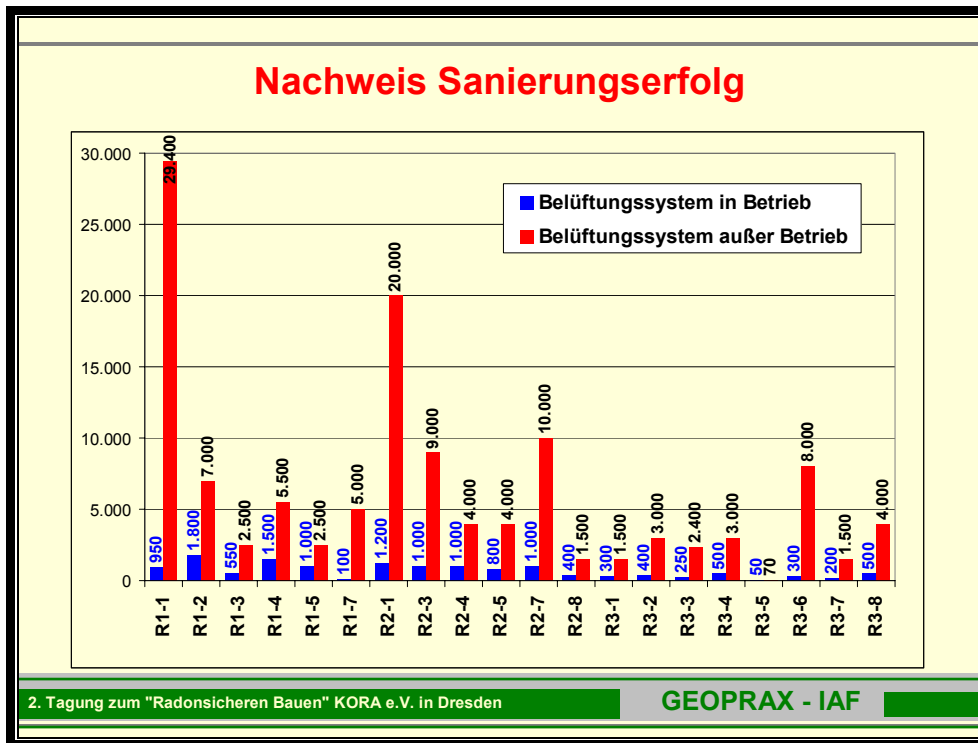
- ➡ **Wichtig:** Einbau eines Radonbrunnens zur gezielten Abführung radonhaltiger Bodenluft aus Hohlräumen unterhalb des Hauses
- ➡ **Wichtig:** Gezielte Spülung mit Außenluft unterhalb der Bodenplatte zur Verdünnung der ins Gebäude eindringenden Radonkonzentration
- ➡ Zuführung Verbrennungsluft für die Heizungsanlage von außen zur Reduzierung des Kamineffektes im Gebäude

2. Tagung zum "Radonsicheren Bauen" KORA e.V. in Dresden

GEOPRAX - IAF







Zusammenfassung und Schlussfolgerung

- ➔ Ohne Systemverständnis (Haus im Bergbaubereich) ist keine Sanierung möglich
- ➔ Vorarbeiten zur Erfassung des Ist-Zustands sowie zur Klärung des Systemverständnisses notwendig
- ➔ Durch gezielte technische Maßnahmen wird enorme Reduzierung der Radonkonzentration erreicht
- ➔ Systemverständnis ermöglicht gezielten Einsatz technischer Maßnahmen

2. Tagung zum "Radonsicheren Bauen" KORA e.V. in Dresden

GEOPRAX - IAF

Radonsanierung eines historischen Gebäudes aus dem Gebiet des Altbergbaus

Radon reorganization of a historical building from the area of the old mining industry

Andreas Guhr ¹⁾

Hans-Georg Henjes ²⁾

Thomas Kloepzig ¹⁾

¹⁾ Altrac Radon-Messtechnik Berlin

²⁾ Bergsicherung Schneeberg GmbH

Zusammenfassung

Die Bestandsaufnahme hinsichtlich der Radonkonzentration in einem etwa 300 Jahre alten Gebäude erbringt stark erhöhte Messwerte. Es wurde eine Sperrung des Fußbodens gegenüber aus dem Baugrund eindringendem Radon durchgeführt. In Kombination damit wird Radon im Fußbodenunterbau mittels Luftdrainage ausgespült. Messungen nach der Sanierung zeigen deutlich niedrigere Radonwerte. Die zusätzliche Installation eines handelsüblichen Lüfters kann eine weitere Senkung der Radonkonzentration bewirken.

Summary

The stock-taking concerning the concentration of radon in a building that is about 300 years old shows very high values. There was carried out a closure of the floor regarding radon gas from the basement. In combination with an airdrainage system radon will be flushed outside the building. Measures of the radon concentration after the refurbishment shows obvious lower values. With the additional installation of a usual ventilator it is possible to reduce the radon concentration further.

Einführung

Die Radonkonzentration in Wohn- und Aufenthaltsräumen wird im Wesentlichen durch das geogene Radonpotential im Baugrund sowie die Bauart der Häuser bestimmt. Eine geringere Belüftung des Gebäudes oder eine durch Bau- und Sanierungsmaßnahmen bedingte niedrigere Luftwechselzahl kann zu einem deutlichen Anstieg der Radonexposition der Nutzer führen. So steigt die Radonkonzentration nach Umbauarbeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz der betreffenden Häuser in etwa der Hälfte der Fälle um 300 bis 700 Prozent. Bei Bestandsobjekten können die Kosten für eine Radonsanierung stark variieren. Deshalb ist vor einer Sanierung zu prüfen, welche Maßnahmen für die jeweiligen Bedingungen geeignet sind.

Die Situation

Erhöhte Radonkonzentrationen in Gebäuden können auftreten, wenn beispielsweise die nachfolgend genannten Gegebenheiten vorliegen:

- das Gebäude liegt in einem Gebiet mit erhöhter Radonbelastung (radon-prone-areas);
- es befinden sich oberflächennahe bergmännische Auffahrungen unter dem Gebäude;
- das Gebäude wurde auf einer Halde errichtet;
- das Fundament und/oder die Außenwände des Kellers wurden nicht radondicht errichtet;
- beim Bau des Gebäudes wurde Baumaterial mit erhöhtem Radium-Gehalt verwendet.

Den Hauptbeitrag für eine erhöhte Radonkonzentration im Gebäude liefert das unter dem Fundament vorhandene Radonpotenzial. Das Radon kann auf zwei Arten in ein Gebäude gelangen:

- Eindringen von Radon als Bestandteil der Bodenluft infolge Druckdifferenzen durch Leckstellen der erdberührenden Teile des Untergeschosses;
- Diffusion von Radon in das Gebäudeinnere.

Im Folgenden wird die Situation hinsichtlich der Strahlenbelastung infolge der Inhalation von Radon der Bewohner eines ca. 300 Jahre alten Gebäudes vor und nach der Sanierung dargestellt. Das Gebäude selbst befindet sich in einer der vom Bundesamt für Strahlenschutz klassifizierten „radon-prone-areas“ im Freistaat Sachsen. Während das Gebäude am Anfang als Huthaus für den Bergbau diente, wurde es im Lauf der letzten beiden Jahrhunderte als Wohngebäude genutzt und während dieser Zeit mehrfach um- und ausgebaut.

Das Gebäude ist mit einem ca. 10 m² großen Gewölbe unterkellert. Ein Fundament war vor Beginn der Sanierungsmaßnahmen nicht vorhanden. Die Holzdielung der einzelnen Zimmer des Erdgeschosses befand sich unmittelbar über einer Erdschüttung. Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Zimmer des Erdgeschosses zu dem Zeitpunkt, als die Dielung entfernt und die Messtechnik (Prof. von Philipsborn; Radiometrisches Seminar der Universität Regensburg) zur Erfassung der Radonkonzentration in den einzelnen Räumen des Hauses aufgebaut wurde.



Abb. 1: Erfassung der Radonkonzentration vor Baubeginn

Kenntnis darüber, ob erhöhte Werte der Radonkonzentration in einem Gebäude vorliegen, kann man nur über Radonmessungen erlangen. Zu diesem Zweck wurden sowohl Übersichts- als auch Bewertungsmessungen durchgeführt. Bei den Übersichtsmessungen über einen Zeitraum von wenigen Stunden wurden kontinuierlich messende Geräte elektronischer Bauart eingesetzt, wohingegen bei den Bewertungsmessungen passive Radon-Diffusionskammern auf der Grundlage von Kernspur-Detektoren zum Einsatz kamen. In der Tabelle 1 sind die Mittelwerte der Langzeitmessungen der Radonkonzentration in den einzelnen Räumen aufgeführt.

Tab. 1: Werte der ermittelten Radonkonzentration in den Räumen des Objektes vor Beginn der Sanierung (Messzeit 1 Monat)

Raum	Belastung
Sanierungsraum EG	2.700 Bq/m ³
Mittelzimmer EG	3.650 Bq/m ³
Wohnzimmer EG	3.500 Bq/m ³
Küche EG	3.270 Bq/m ³
Bad EG	1.800 Bq/m ³
Zimmer 1 DG	1.100 Bq/m ³
Bad DG	1.230 Bq/m ³
Zimmer 2 DG: Standort 1	530 Bq/m ³
Zimmer 2 DG: Standort 2	850 Bq/m ³
Kellergewölbe	24.500 Bq/m ³

Realisierung der Radonsanierung

Die Gebäudearchitektur mit der gegebenen Teilunterkellerung erforderte Lösungen mit zwei Teilwirkungsansätzen. Die Bergsicherung Schneeberg GmbH als ausführender Fachbetrieb wählte für den nicht unterkellerten Gebäudebereich eine bereits mehrfach erfolgreich erprobte Kombinationslösung von Entlüftung des Gebäudeunterbaus mit einer Radonabdichtung des Erdgeschossfußbodens. Diesem Prinzip entspricht der nachfolgend skizzierte Fußbodenaufbau:

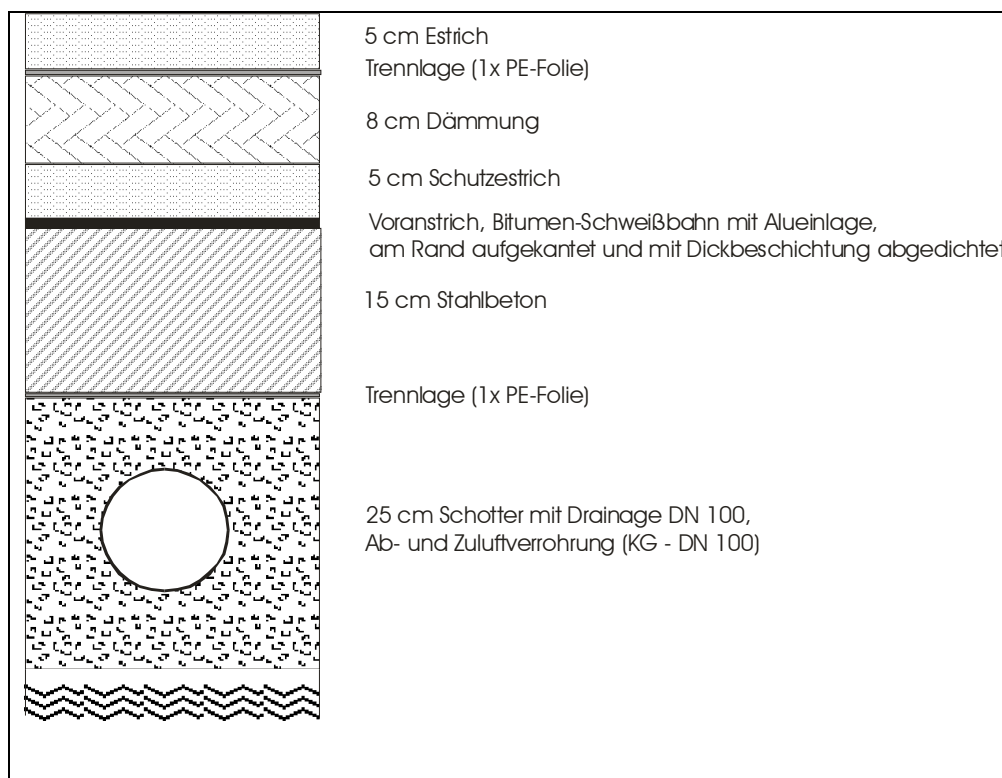


Abb. 2: Schematische Darstellung des Fußbodenaufbaus

Zu diesem Zweck musste als Erstes die vorhandene Holzbalkendielung entfernt und ein der Aufbaustärke entsprechender Bodenaushub erfolgen. Die Entlüftung des Gebäudeunterbaus wurde durch eine 25 cm starke Schotterschicht, Korngröße 45, in der in regelmäßigen Abständen Drainagerohr DN 100 eingebaut sind, erreicht. Diese werden auf eine Zuluft-Leitung und eine Abluft-Leitung zusammengebunden. Der Austritt der Abluftleitung aus dem Gebäude sollte, wenn möglich, auf einen Hochpunkt gelegt werden, wie zum Beispiel über die Einbindung in ein Regenwasserfallrohr oder einen Rauchabzug. Damit wird eine „Kaminwirkung“ erreicht, die die Durchspülung des Gebäudeunterbaus

auf natürliche Weise, ohne Zufuhr von Elektroenergie erfolgen lässt. Über der Schotterschicht befindet sich eine erste Lage aus stabiler PE-Folie, die erstens die nachfolgende Betonschicht von der Drainageschicht trennt und zweitens als Vorsperre für das aufsteigende Radon dient. Darauf wurde eine bewehrte Bodenplatte mit der statisch erforderlichen Betonqualität bzw. Stärke gegossen. Auf diese Betonbodenplatte ist die eigentliche Radonabdichtung aufgebracht. Diese besteht aus einem Voranstrich und einer aluminiumarmierten Bitumenschweißbahn mit einer Dicke von 1,5 mm, die mit einem Diffusionskoeffizienten von Radon von $8,21 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}$ vom Hersteller als radondicht zertifiziert ist. Die Schweißbahn wurde an den Außenwänden aufgekantet sowie mit einer Dickbeschichtung verschlossen. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen auszugsweise die Reihenfolge der ausgeführten Arbeiten zur Erstellung des radondichten Fußbodenaufbaus.



Abb. 3: Verlegung von Drainagerohren in einer Schüttung aus 25 cm Schotter

Als Schutz für die Radonabdichtung dient ein 5 cm starke Estrichschicht, auf die dann die Wärmedämmung aufgelegt ist. Über der Wärmedämmung liegt üblicherweise eine weitere PE-Trennfolie, auf der letztlich der Estrich für den Fußbodenbelag aufgegossen wird.



Abb. 4: Radondichte Folie mit aufgebrachter Armierung

Die Abluft wird unter Ausnutzung des Kamineffektes über ein Rohr an der Gebäudeaußenwand über Dach abgeleitet. Die



Abb. 5: Ableitung der Luft aus dem Drainagesystem über Dach (Quelle: BAG Bern)

Eine Radonsanierung des Gewölbekellers wurde seitens der Bauherren nicht gewünscht, obwohl die im Keller ermittelte Radonkonzentration mit ca. 25.000 Bq/m³ vergleichsweise hoch ausfiel. Mit dem Ziel der Verhinderung des konvektiven Eintritts von Radon aus dem Keller in das Wohngebäude wurde eine radondichte Tür zwischen Keller und Flur des Erdgeschosses eingebaut.



Abb. 6: Radondichte Kellertür

Erfolgskontrolle

Allein die Ermittlung der Radonkonzentration nach Abschluss der Sanierungsmaßnahmen kann Aufschluss über den Erfolg der ausgeführten Arbeiten zur Reduzierung der Radonkonzentration in einem Gebäude geben. Zu diesem Zweck erfolgten nach der vollständigen Realisierung der Bauarbeiten zeitaufgelöste Langzeitmessungen. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den zeitlichen Verlauf der Radonkonzentration in ausgewählten Räumen des Gebäudes.

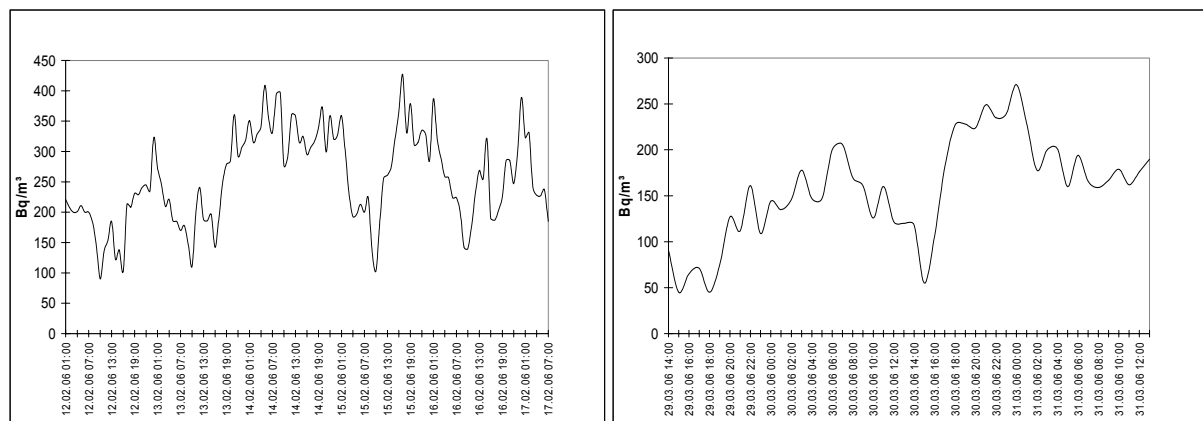


Abb. 7: Mittelzimmer Erdgeschoss und Schlafzimmer Obergeschoss

Die Abbildungen zeigen deutlich, dass die Radonkonzentration in den betreffenden Räumen im Ergebnis der Sanierungsmaßnahmen signifikant gesunken ist (vgl. Tab. 1). Mit dem Ziel, die ausgeführte Sperrung des Fußbodens gegen eindringendes Radon mit einer Lüftungstechnischen Maßnahme zu kombinieren, erfolgte im Kellergewölbe der Einbau eines kleinen Lüfters am Schornsteinzug. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Verlauf der Radonkonzentration in Abhängigkeit des Schaltregimes des Lüfters.

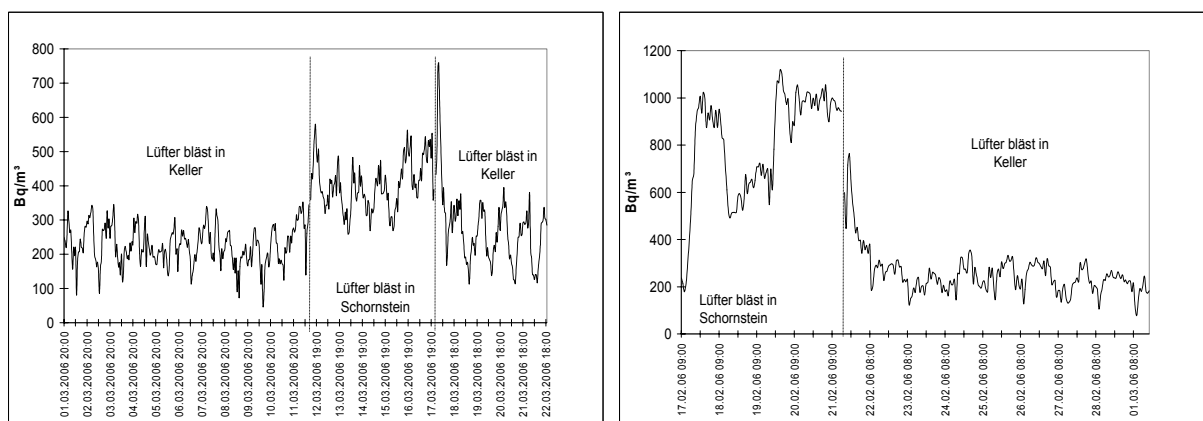


Abb. 8: Mittelzimmer Erdgeschoss und Wohnzimmer Erdgeschoss

Obwohl es sich nur um einen sehr kleinen Lüfter mit einer Leistungsaufnahme von 20 Watt handelt zeigen die Abbildungen 8a und 8b den Einfluss des Lüfters auf den Verlauf der Radonkonzentration im Gebäude. Es ist deutlich sichtbar, dass die Radonkonzentration bei Erzeugung eines Überdruckes (Lüfter bläst in Keller) signifikant sinkt. Dagegen ist offensichtlich, dass die Radonwerte bei Erzeugung eines Unterdruckes (Lüfter bläst in Schornstein) ansteigen.

Vom Bauherr selbst durchgeführte Versuche zur zusätzlichen manuellen Lüftung mit Fenster bzw. Balkontür zeigten nur kurzfristig Wirkung und sind daher nur als Sofortmaßnahme geeignet.

Zusammenfassung

Die Radonexposition der Bewohner eines Hauses in einer der „radon-prone-areas“ in der Bundesrepublik Deutschland konnte mittels der Realisierung einer Kombinationslösung von Entlüftung des Gebäudeunterbaus mit einer horizontalen Abdichtung des Fußbodens des Erdgeschosses deutlich gesenkt werden. Die zusätzliche Installation eines Kleinlüfters am Schornsteinzug im Keller mit dem Ziel der Erzeugung eines Überdruckes bewirkt eine weitere Senkung der Radonkonzentration in den Wohnräumen bis unter die Obergrenze des Normalbereiches (250 Bq/m^3).

Veränderung der Radonkonzentration in Gebäuden im Ergebnis von Bau- und Sanierungsmaßnahmen – Fallbeispiele

Change of the radon concentration in buildings in the result of measures of reconstruction and building – Case examples

Jürgen Conrady ¹⁾
Andreas Guhr ²⁾
Bernd Leißring ³⁾

¹⁾ PreCura-Institut für Präventive Medizin e.V., Schneeberg

²⁾ ALTRAC, Berlin

³⁾ Allgemeine Ausführungs- und Ingenieurgesellschaft für Bauprojekte mbH, Schneeberg

Einleitung

Die Radonexposition in Gebäuden wird nach dem Zigarettenrauchen als bedeutendste Ursache für Lungenkrebs angesehen. Gegenwärtig werden die dementsprechenden europäischen, asiatischen und amerikanischen epidemiologischen Studien gemeinsam ausgewertet. Obwohl dem Ergebnis nicht vorgegriffen werden soll ist aber davon auszugehen, dass die bisherigen Risikoschätzungen bestätigt und möglicherweise sogar erhöht werden [1]. Vor diesem Hintergrund sind Veränderungen der Radonkonzentration zu werten, die im Ergebnis von baulichen Energiesparmaßnahmen an Gebäuden entstehen können. Eine Beschreibung dieser Problematik und des internationalen Kenntnisstandes findet sich bei [2].

Danach kann bei energieeffizienter Bauweise die Radonkonzentration erheblich ansteigen, wodurch eine ökologisch sinnvolle Maßnahme möglicherweise durch ein zunehmendes Gesundheitsrisiko konterkariert wird. Im Focus unseres Interesses stehen dabei nicht die Gebäude, die neu und nach modernen Standards errichtet werden, sondern diejenigen, die alt sind und schrittweise durch einzelne, gezielte Umbau- und Rekonstruktionsmaßnahmen energieeffizienter werden sollen.

In diesem Beitrag werden daher Veränderungen der Radonkonzentration im Zeitraum von 1991-2002 im Zusammenhang mit baulichen Energiesparmaßnahmen an bestehenden Gebäuden beschrieben und einzelne Fallbeispiele demonstriert.

1. Methodik

Im Zeitraum von 1991-2002 wurde die Radonkonzentration in einer Gebäude Stichprobe aus Schneeberg und Schlema und anderen Orten des Landkreises Aue/Schwarzenberg wiederholt gemessen (n = 385). Die Messungen erfolgten jeweils über ein Jahr mit Kernspurdetektoren und wurden teilweise durch retrospektive Messungen ergänzt. Im Ergebnis wurde eine s.g. verbundene Stichprobe geschaffen, die für die Analyse der Fragestellung vorteilhaft ist. Neben den Messungen wurden Daten zu den baulichen Veränderungen nach Art und Zeitpunkt mittels standardisierter Methoden erhoben. Dabei war der Zustand der Gebäude 1991 von besonderem Interesse, weil es erst danach Bau- und Rekonstruktionsmaßnahmen im großen Umfang durchgeführt wurden. Diese Substichprobe umfasst 117 Gebäude und liegt dieser Auswertung zugrunde. Dabei wird als Anstieg oder Abfall ein Wert des Quotienten aus der Radonkonzentration von 1991/2002 von $\geq 1,5$ bzw. $\leq 0,5$ gewertet. Ein Wert des Quotienten $> 0,5$ und $< 1,5$ steht dabei für keine Veränderung.

2. Ergebnisse

Im Beobachtungszeitraum von 1991-2002 wurden ca. 97% der Gebäude mehr oder weniger umfassend rekonstruiert. Im Gegensatz zu den Gebäuden, die nicht baulich verändert wurden (Abb.1), ist die Radonkonzentration hier im Vergleich zu den Ausgangswerten entweder angestiegen, gefallen oder auch unverändert geblieben (Abb. 2).

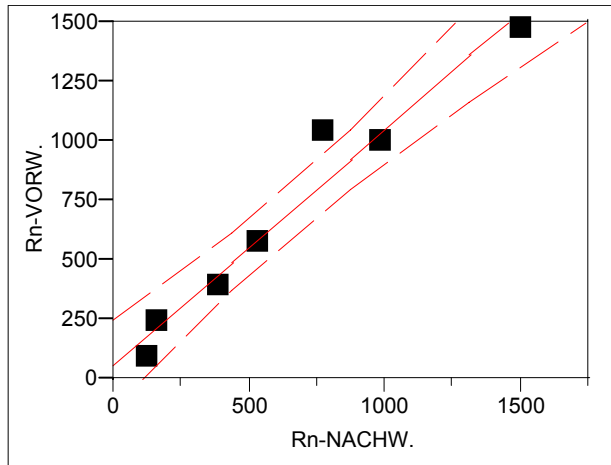


Abb. 1: Vergleich der Radonkonzentration in unveränderten Gebäuden 2002 (Rn-NACHW) zu 1991 (Rn-VORW).

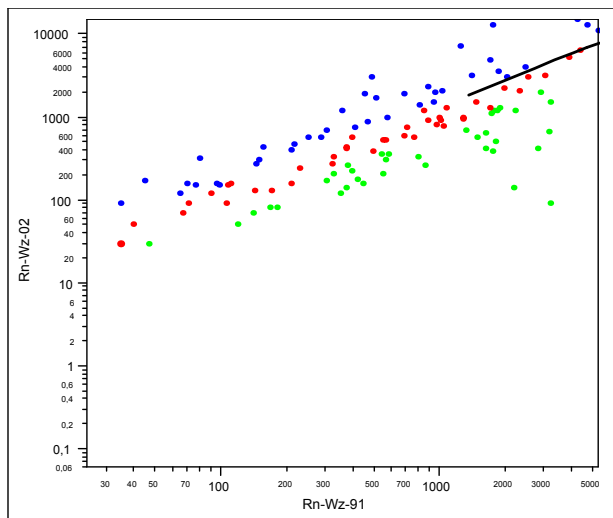


Abb. 2: Vergleich der Radonkonzentration in der Gebäudestichprobe 1991 zu 2002 im Wohnzimmer. Die blau gekennzeichneten Werte sind erhöht, die grünen Punkte stehen für erniedrigte Werte. Rot sind die unveränderten Werte gekennzeichnet. (Lineare Regression $F < 0,0001$).

Zwischen diesen verschiedenen Gruppen bestehen dabei keine Unterschiede hinsichtlich des Gebäudealters, der Beschaffenheit des Baugrundes ($\chi^2 p = 0,06$, Fels; $\chi^2 p = 0,224$, Halde und Altbergbau), und hinsichtlich der Beeinflussung der Gebäude durch Anlagen des Altbergbaus ($\chi^2 p = 0,473$). Die Ausgangswerte der Radonkonzentration sowohl im Wohnzimmer als auch im Keller unterscheiden sich zwischen diesen Gruppen nicht. (Abb. 3). Im Vergleich zum Normalwert der Radonkonzentration im Aufenthaltsbereich von Gebäuden, sind diese Werte allerdings stark erhöht.

Nach Umbaumaßnahmen ist in einem Teil der Gebäude die Radonkonzentration im Wohnbereich deutlich gefallen, im Kellerbereich sind die Werte konstant geblieben (Abb. 4). Der Abfall von durchschnittlich 1311 Bq/m^3 auf durchschnittlich 348 Bq/m^3 ist hoch signifikant. Die Beispiele 1-3 demonstrieren einzelne Fälle aus dieser Gruppe. Im ersten Fall wurde das Gebäude bis auf die Außenmauern

komplett umgebaut, ohne dass allerdings spezielle Maßnahmen zum Radonschutz durchgeführt wurden. Das Gleich trifft auch im zweiten Fall zu. Neben der Betonierung des Kellerbodens und der Erdgeschoßdecken, scheint auch die Umstellung von Einzelöfen auf eine Zentral- oder Fernheizung und die Lokalisation des Heizkessels von Bedeutung zu sein. Unter diesen Umständen verursacht selbst der Einbau von Isolierfenstern keinen Anstieg der Radonkonzentration.

AUSGANGSWERTE DER RADONKONZENTRATION IN DEN TEILGRUPPEN

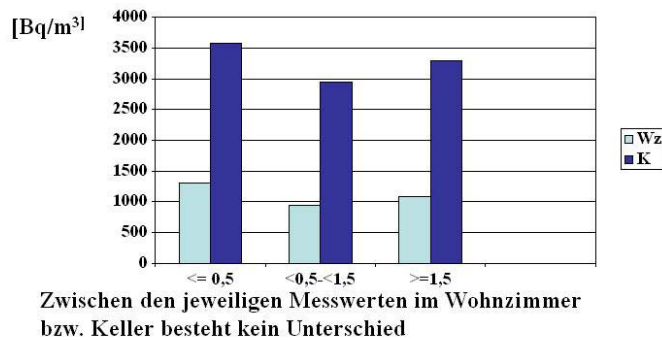
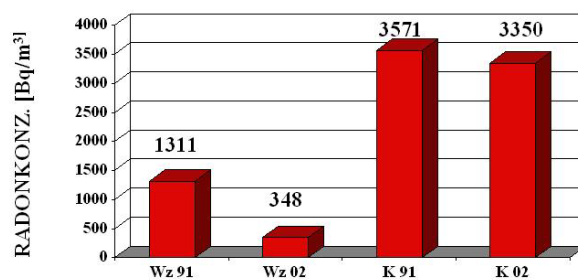


Abb. 3: Gegenüberstellung der Radonkonzentration 1991 der Gruppen mit fallender, unveränderter und ansteigender Radonkonzentration zu 2002

VERÄNDERUNG DER RADONKONZENTRATION IM WOHNZIMMER UND KELLER 1991 ZU 2002, GRUPPE ≤ 0,5

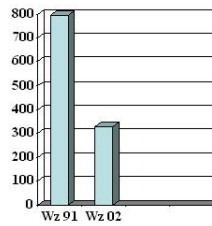


$p = 0,0016$ (Diff. Wohnzimmer)

Abb. 4: Mittlere Radonkonzentration im Wohnzimmer und Keller in Gebäuden mit erniedrigter Radonkonzentration im Wohnzimmer 1991 zu 2002

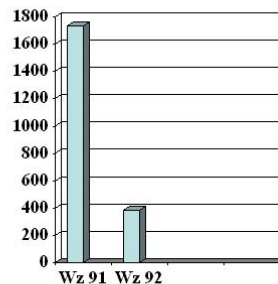
BEISPIEL 1 : ABFALL DER RADONKONZENTRATION NACH NAHEZU KOMPLETTER REKONSTRUKTION

- Hausumbau 1997 (Fenster, Kellerfußboden, Fassade, Geschosßdecken, Heizung, Dach)
- Kellerboden von Sand zu Beton
- Kellerdecke Holzbalken zu Beton
- Einzelöfen zu Zentralheizung, Heizkessel außerhalb
- Zimmerdecken von Holzbalken zu Beton
- Einfachfenster zu Isolierfenstern komplett
- Dach ohne Isolierung vorher jetzt gedämmt
- Fassade keine Wärmedämmung



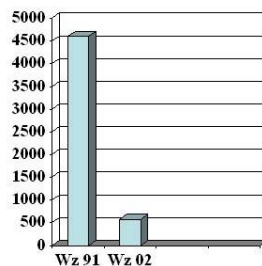
Beispiel 2 : Abfall der Radonkonzentration nach kompletter Rekonstruktion eines Gebäudes

- Kompletter Umbau 1996
- Baugrund Halde mit Altbergbau
- Keine spezielle Radonsanierung
- Kellerboden von Lehm zu Beton
- Kellerdecke von Holzbalken zu Beton
- Einfache Fenster zu Isolierfenstern
- Heizung von Einzelöfen auf Zentralheizung, Heizkessel auf dem Dachboden



Beispiel 3 : Abfall der Radonkonzentration nach Umstellung des Heizungssystems von Kohle auf Elektroheizung

- Umstellung der Etagenheizung mit Kohle auf Elektroheizung
- Keine weiteren baulichen Veränderungen



Wenn die Radonkonzentration nach Umbauarbeiten angestiegen ist, bietet sich ein anderes Bild. Im Gegensatz zu den Gebäuden mit fallender Radonexposition ändert sich die Radonkonzentration nicht nur in Wohnbereich, sondern auch im Keller. Auch hier sind die Veränderungen hochsignifikant (Abb. 5). Betrachtet man anhand von Beispielen das Spektrum von Umbaumaßnahmen in dieser Gruppe, fallen einige Unterschiede auf. Rekonstruktionsmaßnahmen, die in der Regel eine Zunahme der Radonkonzentration bewirken (Isolierfenster, Ofenheizung, Dämmung von Fassade und Dach) werden häufig isoliert durchgeführt und in ihren Auswirkungen nicht durch Maßnahmen begrenzt, die dieser Tendenz entgegenwirken können (z.B. gleichzeitige Betonierung des Kellerbodens und der Kellerdecke, Einbau einer modernen Heizung, Verlagerung des Heizkessels aus dem Keller oder Erdgeschoß u.a.).

VERÄNDERUNG DER RADONKONZENTRATION IM
WOHNZIMMER UND KELLER 1991 ZU 2002,
GRUPPE $\geq 1,5$

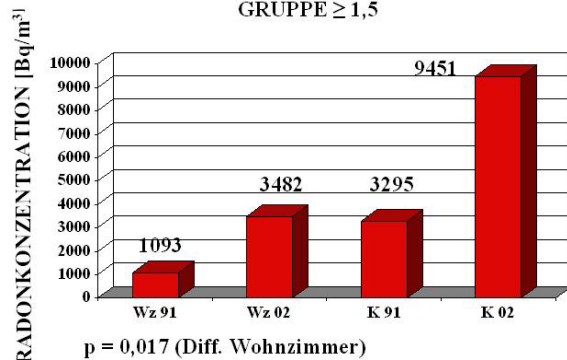
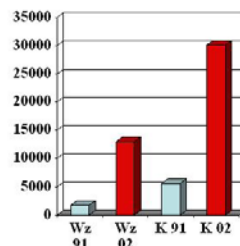


Abb. 5: Veränderung der Radonkonzentration im Wohnzimmer und Keller in den Gebäuden mit erhöhter Radonkonzentration nach Umbaumaßnahmen.

Die Beispiele 4-6 zeigen das Spektrum der Umbaumaßnahmen in dieser Gruppe.

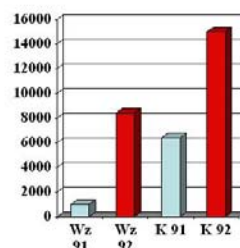
Beispiel 4: Anstieg der Radonkonzentration nach
partiellen Umbauarbeiten bzgl. Fenster und
Heizung

- Kellerboden Lehm unverändert, Kellertür alt, nicht gasdicht
- Kellerdecke Gewölbe ohne Radonschutz
- Teilweise Einzelöfen beibehalten im OG, im EG Gasheizung mit Kesselstandort
- Isolierfenster im EG, im OG einfache Fenster
- keine Fassaden- oder Dachdämmung



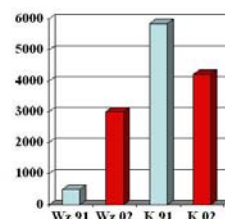
Beispiel 5 Anstieg der Radonkonzentration nach partieller
Rekonstruktion des Obergeschosses

- 1997 wurde das Dachgeschoß (2. Etage) aus- und umgebaut
- Einfachfenster wurden durch Isofenster ersetzt
- Kohleöfen wurden teilweise beibehalten
- Das Dach wurde bis in den Spitzboden mit Mineralwolle gedämmt, vorher ohne Isolierung



Beispiel 6 : Veränderung der
Radonkonzentration durch den Einbau von
Isolierfenstern

- Abdichtung von Rohr- und Leitungsdurchbrüchen
- Kompletter Einbau von Isofenstern
- Ansonsten keinerlei Veränderungen



3. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Radonkonzentration in einem Gebäude wird von vielen Faktoren beeinflusst, zu denen auch die Gebäudeeigenschaften gehören.

Veränderungen dieser Eigenschaften durch Umbau- und Rekonstruktionsmaßnahmen können zu erheblichen Veränderungen der Radonkonzentration führen.

Diese Problematik sollte bei der Planung und Ausführung von Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung, insbesondere in Regionen mit erhöhter Radonexposition, beachtet werden.

Baumaßnahmen mit dem Ziel der Energieeinsparung verursachen in der Regel einen Anstieg der Radonkonzentration.

Unter diesen Umständen sollten diese Baumaßnahmen gezielt durch solche ergänzt werden, die unter Beachtung der Effektivität diesem Anstieg entgegenwirken können.

Methoden zur Prognostizierung der Auswirkungen von baulichen Veränderungen in der Planungsphase sind in der Entwicklung und sollten letztlich

- die Ankopplung des Gebäudes an den Baugrund
- den Radontransport in das Gebäude
- die Kinetik der Transport- und Austauschprozesse innerhalb des Gebäudes und deren Wechselwirkung mit baulichen Veränderungen

beschreiben können.

Im Rahmen einer gezielten Risikokommunikation mit der Bevölkerung, der Wirtschaft und Politik sollte über diese Problematik aufgeklärt und eine adäquate Handlungsbereitschaft potentiell Betroffener entwickelt werden.

Literatur

- [1] The 1st Meeting of National Experts for WHO's International Radon Project
Geneva, 17-18. Januar 2005
- [2] J. Conrady, A. Guhr, B. Leissring: Modelllösung für die Vermeidung erhöhter Werte
von Wohnungsradon durch bauliche Energiesparmaßnahmen
AZ 17349, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 2004

UNTERSUCHUNGEN ZUR RADONSITUATION IN PASSIVHÄUSERN

INVESTIGATIONS FOR RADON SITUATION IN PASSIVE HOUSES

Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig ¹⁾

Dipl.-Ing. (FH) Frank Bergmann ¹⁾

Dr. Werner Preuße ²⁾

Dipl.-Ing. (FH) Alfred Taube ²⁾

¹⁾ Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)

²⁾ Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft, 2. Landesmessstelle für Umweltradioaktivität Chemnitz

Zusammenfassung

Passivhäuser sind Gebäude, die einen außerordentlich niedrigen Verbrauch an Heizenergie ausweisen. Erreicht wird das durch eine sehr gute Dämmung und hohe Dichtheit der Gebäudehülle. Passivhäuser werden grundsätzlich mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgestattet.

Die Frage, inwieweit in Passivhäusern durch die hohe Dichtheit der Gebäudehülle und die Nutzung eines Erdwärmetauschers die Gefahr erhöhter Radonkonzentrationen entsteht, war Inhalt der hier vorgestellten Studie. Dazu wurden für vier ausgewählte Passivhäuser, die in Gebieten mit erhöhtem Radongehalt in der Bodenluft errichtet worden sind, Innenraum-Radonkonzentrationen im zeitlichen Verlauf erfasst. Die Messungen haben ergeben, dass die Passivhäuser, weitestgehend unabhängig von der Bodenluft-radonkonzentration sowie der Bauweise der Gebäude, dann sehr geringe Radonkonzentrationen zeigen, wenn die Lüftungsanlage in Betrieb ist. Sobald diese ausgeschaltet wird, steigt die Radonkonzentration im Gebäude deutlich an. Als besonders kritisch müssen Räume oder Raumbereiche, die nicht in das Passivhaussystem und damit in den Wirkungsbereich der Lüftungsanlage eingebunden sind, eingeschätzt werden. Dagegen hatten in den Untersuchungsobjekten andere Faktoren, wie die Radonexhalation der Baustoffe sowie das System der Frischluftfassung untergeordneten Einfluss auf den Radongehalt in der Raumluft.

Summary

Passive houses are buildings showing an extraordinary low level of heat energy consumption. This is achievable by a very good heat insulation and high tightness of the external envelope of the building. Passive houses are always equipped with a ventilating system using heat recovery.

Subject of this study was whether the high tightness of the external envelope and the use of a ground heat exchanger cause a risk of high indoor radon concentration in passive houses. Therefore four selected passive houses, which were all situated in regions of high radon concentration in soil gas, were investigated for indoor radon concentration and its temporal variation. Virtually independent on the soil gas radon concentration and the architecture of the passive houses, the concentration of radon was very low as long as the ventilating system was operational. As soon as the ventilating system was switched off, the radon concentration increased significantly. Rooms or areas which are not integrated into the passive house system and thus not included in the ventilating system were most critical. Other factors like the radon exhalation of building material and the inlet system for fresh outdoor air had minor influence on the indoor radon concentration of the investigated buildings.

1. Problemstellung Passivhaus und Radonbelastung

Nur wenige Fragen des Bauens stehen heute so im Mittelpunkt wie die Energieeinsparung in der Gebäudenutzung. Das umso mehr, da die Energiepreise in den letzten Jahren in erheblichem Maße gestiegen sind - und sich ganz sicher noch weiter erhöhen werden. Bereits in den 70-er Jahren des 20. Jahrhunderts setzte sich – ausgelöst durch die erste Energiekrise 1973 – die Erkenntnis durch, dass fossile Energieträger nicht in unbegrenzter Menge zur Verfügung stehen. Hinzu kommen in den letzten Jahren verstärkt mahnende Stimmen, die die derzeit zu beobachtenden Klimaänderungen, deren Auswirkungen nur erahnt werden können, zu einem großen Teil anthropogenen Ursachen zuordnen.

Analysiert man den Primärenergieverbrauch in Deutschland, entfallen auf die Beheizung von Gebäuden ca. 20% des Gesamtenergieverbrauchs. Diesen zu senken, ist Aufgabe aller Energiesparmaßnahmen im und am Gebäude. Der Gesetzgeber reagierte auf das Erfordernis zur Energieeinsparung im Gebäudebau mit der 1977 eingeführten Wärmeschutzverordnung, seit 2001 und nach mehreren Novellierungen als Energieeinsparverordnung (EnEV) bekannt.

In der EnEV werden energetische Standards definiert, die für Neubauten und – mit gewissen Einschränkungen – in der Gebäudesanierung eingehalten werden müssen. Neben diesen Mindeststandards existieren eine Reihe von darüber hinausgehenden Konzepten, so das Niedrigenergiehaus, das Passivhaus, Nullenergiehaus usw.

Dabei beschreibt das **Passivhauskonzept** einen außerordentlich hohen energetischen Standard. Durch steigende Energiepreise, gewachsenes Umweltbewusstsein, aber auch durch großzügige Förderinstrumente in Verbindung mit sich ständig weiterentwickelnden technischen Lösungen hat das Passivhaus in den letzten Jahren eine rasante Entwicklung erlebt, sind viele Projekte geplant und realisiert worden. Weitere werden folgen.

Ausgehend von den prinzipiellen Erkenntnissen zur Gefährlichkeit der Inhalation der kurzlebigen Folgeprodukte des natürlichen, radioaktiven Edelgases Radon-222 wurden in Deutschland wie auch in anderen Ländern eine Reihe von Untersuchungsprogrammen zur genaueren Bestimmung des radon-induzierten Lungenkrebsrisikos in Abhängigkeit von der Exposition, zur Verteilung von Radon-222 in Gebäuden sowie zur Charakterisierung des geogenen Radon-Potentials durchgeführt. Einige für die bauliche Praxis interessante Fragestellungen wurden dagegen bisher nur wenig untersucht. In diesem Beitrag soll daher der Frage nachgegangen werden, welche Auswirkungen das Passivhauskonzept auf die Radonbelastung der Raumluft hat. Die gefundenen Ergebnisse lassen zumindest tendenziell Rückschlüsse auf eine Reihe weiterer Schadstoffbelastungen zu.

2. Beschreibung des Passivhauskonzeptes

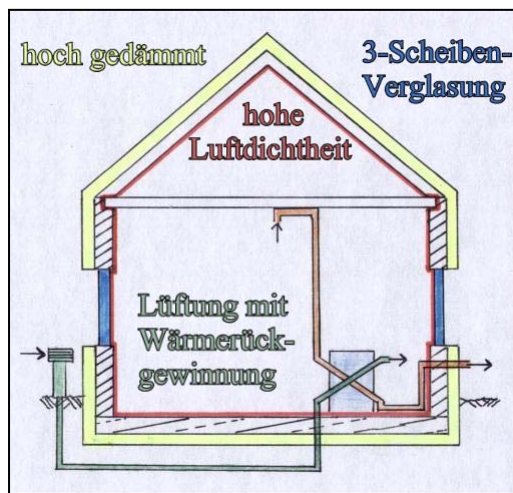
Mit dem Begriff des Passivhauses wird ein energetischer Standard für Gebäude beschrieben, der nach [1] wie folgt eingegrenzt werden kann:

- Der maximale Heizenergiebedarf darf den Wert von $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ nicht überschreiten. Das entspricht, in Heizöl umgerechnet, einem jährlichen Bedarf von maximal $1,5 \text{ l}/\text{m}^2$. Damit wird über 90 % weniger Heizenergie als in einem noch nicht energetisch sanierten Altbau benötigt.
- Mit Einhaltung dieser Grenzwerte wird erreicht, dass behagliche Temperaturen sommers wie winters ohne separates Heizsystem, ausschließlich über die Einspeisung der erforderlichen Wärmeenergie in das Lüftungssystem erreichbar sind.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden zwei Grundprinzipien verfolgt: **Vermeidung von Wärmeverlusten** und **Optimierung der Wärmegewinne**. Konkrete Maßnahmen sind im Folgenden zusammengestellt:

- Es ist ein sehr hohes Dämmniveau der opaken Bauhülle mit Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werten) zwischen $0,10$ und $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ zu realisieren. Besonderes Augenmerk ist auf die Vermeidung von Wärmebrücken zu legen.

- Um die äußere Hüllfläche zu minimieren, sollten Passivhäuser sehr kompakt gestaltet werden. Große Fensterflächen sollen bevorzugt in Richtung Süden (zwischen Südost und Südwest) orientiert sein.
- Dreifachverglasung und supergedämmte Rahmenkonstruktionen ermöglichen einen U-Wert des Fensters von weniger als $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Damit durch das hohe Dämmniveau der Fenster die solaren Wärmegevinne nicht zu stark eingeschränkt werden, soll der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der Fenster 50% nicht unterschreiten.
- Sehr hohe Anforderungen sind an die Dichtheit der Gebäudehülle, die mit dem Blower-Door-Verfahren zu überprüfen ist, zu stellen. Für die Drucktestluftwechselzahl (Wert für den stündlichen Luftwechsel bei einer Druckdifferenz von 50 Pa) n_{50} muss $\leq 0,6^{-1}$ erreicht werden.
- Zwingend erforderlich ist eine kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung (Wärmetauscher). Sinnvoll ist die Vorerwärmung der angesaugten Frischluft über einen Erdwärmetauscher auf ca. 5°C .
- Die Erwärmung des Brauchwassers kann durch Solarkollektoren oder auch eine Wärmepumpe unterstützt werden.
- Ergänzt wird das Passivhauskonzept durch den Einsatz energiesparender Haushaltgeräte und Beleuchtungsmittel.



Die Art des Heizungssystems ist für das Passivhaus von untergeordneter Bedeutung, da – wie beschrieben – die benötigte Heizenergie sehr gering ist. Es können nahezu alle heute angewendeten Lösungen, wie traditionelle Öl- bzw. Gasheizungen, aber auch Holz-Pelletheizung, Solarunterstützung, Wärmepumpe usw. zur Anwendung kommen.

In Abb. 1 ist das Schema für ein Passivhaus beispielhaft dargestellt.

In der folgenden Tab. 1 sind die für den Passivhausstandard einzuhaltenden Kriterien den Anforderungen der EnEV sowie realen Werten im Altbestand gegenüber gestellt. Diese Zusammenstellung verdeutlicht das vergleichsweise hohe Anforderungsniveau an Passivhäuser.

Abb. 1: Prinzipdarstellung der wesentlichen Elemente des Passivhauskonzeptes (nach [3])

Tab. 1: Vergleich der Anforderungskriterien für Passivhäuser mit den Mindestforderungen nach Energieeinsparverordnungen sowie üblichen Werten im Altbaubestand

Kriterium	Dimension	Altbaubestand	EnEV	Passivhaus
		übliche Werte	Anforderungen	Anforderungen
Jahres-Heizenergiebedarf	$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	120 ... 200	50...95	≤ 15
Dämmniveau der opaken Bauteile (U-Wert)	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	ca. 0,50 ... 2,00	0,20 ... 0,35	0,10 ... 0,15
Dämmniveau der Fenster (U-Wert Gesamtsystem)	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	2,8 ... 5,6	$\leq 1,6$	$\leq 0,8$
Gesamtenergiedurchlassgrad g der Fenster	-	k. A.	$\geq 0,6$	$\geq 0,5$
Drucktestluftwechselzahl n_{50}	1/h	k. A.	1,5 bzw. 3,0	$\leq 0,6$

3. Radon – ein natürlicher Luftschadstoff!

Das natürliche radioaktive Edelgas Radon-222 kann über seine kurzlebigen Folgeprodukte Lungenkrebs verursachen. Die Wahrscheinlichkeit hierfür nimmt mit steigender Exposition zu. Die Anreicherung hoher Radonkonzentrationen ist – abhängig von Bauweise und Gebäudezustand – in Gebäuden möglich. Mit dem Problem "Radon in Gebäuden" haben sich deshalb nationale und internationale Strahlenschutzgremien mehrfach befasst. Für Deutschland gibt es Stellungnahmen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) und Empfehlungen der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK). Auch die Europäische Kommission hat zu Radon in Gebäuden Empfehlungen ausgesprochen. Gesetzliche Regelungen gibt es für spezielle Arbeitsplätze (z.B. Untertage). Radium-226, das langlebige Mutternuklid von Radon-222, ist im Gestein, in Böden und in anorganischen Baumaterialien vorhanden und bildet daher dort ständig Radon nach, das als Edelgas aus dem "Wirtsmaterial" zu einem bestimmten Anteil freigesetzt und durch Konvektion und Diffusion zur Bodenoberfläche und ggf. in ein Gebäude befördert werden kann.

Durch den Unterdruck, der in einem Gebäude i.d.R. gegenüber der Bodenluft herrscht, kann es in das Gebäude gesaugt werden. Die Konvektion durch Undichtigkeiten in der erdberührenden Gebäudehülle ist meist die Hauptursache für erhöhte Radonkonzentrationen in Gebäuden.

Für eine niedrige Konzentration von Radon in der Raumluft, sind bei vergleichbaren Bodenradonkonzentrationen in erster Linie die folgenden Kriterien verantwortlich:

- hohe Dichtheit der Gebäudehülle gegen das Erdreich
- ausreichender Austausch der Gebäudeluft

Durch die im Passivhaus geforderte hohe (und kontrollierte) Gebäudedichtheit werden konvektive Ströme aus dem Erdreich weitestgehend unterbrochen, sodass das Einströmen von Radon aus der Bodenluft gegenüber heute üblichen Baustandards und vor allen Dingen gegenüber Altbauten deutlich niedriger ausfallen dürfte. Die Reduzierung des Luftwechsels könnte andererseits zu einer Erhöhung der Schadstoffbelastung in den Räumen führen. Hier ist vor allen Dingen die Art und Größe des Luftaustausches maßgebend für die Qualität der Raumluft.

4. Beschreibung der Untersuchungsobjekte und der durchgeführten Messungen

4.1 Auswahl der Untersuchungsobjekte

Für die Untersuchungen wurden vier in den letzten Jahren in Sachsen errichtete Passivhäuser ausgewählt. Die Gebäudedaten sowie Daten zur Luftdichtheit und Ausbildung der Außenluftfassung wurden aus den zur Verfügung gestellten Bau- und Messunterlagen entnommen.

Die Objektauswahl erfolgte nach den folgenden Kriterien:

1. Vorliegen des Passivhausstandards als geprüftes Qualitätskriterium
2. Bereitschaft der Hausbewohner zur Durchführung der Messungen
3. hohe Radonbelastung in der Bodenluft
4. unterschiedliche Bausysteme und Entwurfskonzepte

Das erste Auswahlkriterium konnte auf Grund der Vorauswahl – es wurden ausschließlich durch das Landesamt für Umwelt und Geologie geförderte Objekte in die Auswahl einbezogen - gesichert werden. Eine erste Auswahl der Objekte erfolgte über die zu erwartende Radonbelastung der Bodenluft. Hierzu konnten die in der 2. Landesmessstelle für Umweltradioaktivität vorhandenen umfangreichen Daten genutzt werden. Die Bereitschaft der Hausbewohner zur Unterstützung der Untersuchungen wurde durch eine schriftliche Anfrage eingeholt. Mit dieser Anfrage wurden gleichzeitig die Gebäudedaten abgefragt.

Insgesamt kristallisierten sich vier Objekte heraus, die in die Untersuchungen einbezogen werden konnten. Die Bodenlufradonwerte im Umfeld der untersuchten Gebäude liegen im Bereich der oberen durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) definierten Kategorie ($> 100 \text{ kBq/m}^3$).

Unter den ausgewählten Gebäuden sind sowohl in Massiv- als auch Holzständerbauweise errichtete Gebäude zu finden. In zwei Gebäuden bezieht sich der in die Belüftung einbezogene Bereich auf das Gesamtgebäude, in zwei Beispielen sind einzelne Räume bzw. das gesamte Kellergeschoss nicht in den belüfteten Bereich einbezogen.

In der folgenden Übersicht sind die wichtigsten Gebäudedaten sowie Ausgangswerte der Radonbelastung zusammengestellt:

Tab. 2: Zusammenstellung der Ausgangsdaten für die Untersuchungsobjekte

Kriterium	Haus 1	Haus 2	Haus 3	Haus 4
Bild				
Geschossanzahl	3 Geschosse, vollunterkellert	3 Geschosse, vollunterkellert	3 Geschosse, teilunterkellert	3 Geschosse, vollunterkellert
Beschreibung der Baukonstruktion	Massivbau (Kalksandstein, Massivdecken) Klassisches Holzdach mit Vollsparrendämmung	Kellergeschoss massiv (Beton) Erd- und Obergeschoss als Holzständerkonstruktion Klassisches Holzdach	Massivbau (Kalksandstein), um Massivbaukörper aus Denkmalschutzgründen historische Holzständerkonstruktion wiedererrichtet Klassisches Holzdach mit Vollsparrendämmung	Massivbau (Kalksandstein, Massivdecken) Massivdach
Besonderheiten		Ein Raum des Untergeschosses (Flur) ist nicht in das Lüftungskonzept einbezogen!	Umbau einer Scheune; Keller und Seitengebäude sind nicht in das Passivhauskonzept einbezogen	
Baujahr	2006	2001	2002	2005
Außenluftfassung	50 cm über dem Erdreich, Erdregister	70 cm über dem Erdreich, Erdregister	1 m über dem Erdreich, Erdregister	2,5 m über dem Erdreich, Erdregister
Drucktestluftwechselrate n_{50} [1/h]	0,39	0,56 bzw. 0,61	unbekannt	0,12 (!)
Nennluftwechsel [1/h]	0,4	0,46	0,96	unbekannt
Bodenluft radonkonzentration [Bq/m³]	135.000	139.000	121.000	111.000
Radonkonzentration in der Außenluft [Bq/m³]	30	23	36	27

4.2 Beschreibung der Messungen

Die Messung der Bodenluft radonkonzentration erfolgte über vier bzw. – für Haus 2 - drei Messpunkte in unmittelbarer Nähe zum Untersuchungsobjekt mittels des Messgerätes AlphaGUARD und einer Bodenluft-Sonde. Die Radonkonzentration in der Außenluft wurde parallel zu den Messungen der Radonbelastung im Gebäude mit dem Messgerät AlphaGUARD gemessen. Für die Messungen in den Innenräumen wurden die folgenden Messgeräte eingesetzt:

- AlphaGUARD
- DOSEman
- Radim 3a und Radim 5a

In den vier Untersuchungsobjekten wurden über einen Zeitraum von 9,5 bis 11,75 Tagen kontinuierliche Messungen mit einem Messintervall von einer Stunde durchgeführt. Die Anzahl der Messpunkte und deren Anordnung im Gebäude ergaben sich aus den örtlichen Gegebenheiten. In der folgenden Tabelle sind die Daten für die einzelnen Untersuchungsobjekte zusammengestellt.

Tab. 3: Zusammenstellung der Messungen in den Untersuchungsobjekten

Kriterium		Haus 1	Haus 2	Haus 3	Haus 4
Messdauer		11,75 Tage	9,75 Tage	10,5 Tage	9,5 Tage
Anzahl und Ort der Messpunkte	gesamt	4	5	5	4
	Unter- bzw. Kellergeschoss	1	3	1	1
	Erdgeschoss	1	1	2	1
	Dachgeschoss	1		1	1
	außen	1	1	1	1

Da unterschiedliche Messgeräte zum Einsatz kamen, mussten die gemessenen Werte zum Teil korrigiert werden.

Gemessen wurden die folgenden Daten:

- Radonkonzentration innen und außen
- Luftdruck innen und außen
- Temperatur innen und außen
- Luftfeuchte innen und außen

5. Ergebnisse der Messungen

5.1. Übersicht

Die Messungen der Radonkonzentration lassen verallgemeinerungsfähige Aussagen zur Radonbelastung in Passivhäusern bei Betrieb der Lüftungsanlage (Regelbetrieb) sowie abgeschalteter Lüftung zu. In engem Zusammenhang wurde die Frage der Luftdichtheit der Gebäudehülle betrachtet.

Weiterhin wurden die folgenden Fragestellungen betrachtet, ohne endgültige, verallgemeinerungsfähige Aussagen anzustreben:

- Radonbelastung von nicht in die Lüftungsanlage einbezogenen Räumen sowie deren Auswirkungen auf die belüfteten Räume;
- Belastung der Räume durch Exhalation aus den Baustoffen
- Einfluss der Luftfassung und des Erdregisters auf die Radonbelastung im Gebäude

5.2 Radonbelastung im Regelbetrieb sowie bei abgeschalteter Lüftungsanlage

Immer dann, wenn die Lüftungsanlage ordnungsgemäß betrieben wurde, sind in den Räumen sehr geringe, im Bereich der Radonkonzentration der Außenluft liegende Werte, gemessen worden. Dieses Ergebnis war insofern zu erwarten, da ein kontinuierlicher Luftaustausch gewährleistet ist und – wie am Beispiel des Hauses 2 zu beobachten – zu jeder Zeit ein wenn auch geringer Überdruck im Gebäude vorhanden war, der mit dazu beiträgt, dass keine radonbelastete Bodenluft durch Konvektion nachströmen kann.

Sobald die Lüftungsanlage ausgeschaltet wurde, stiegen die Radonwerte in den Räumen der Gebäude zum Teil deutlich an. Dieser Anstieg wurde vor allen Dingen dann beobachtet, wenn das Haus nicht genutzt war, also auch keine Türen und Fenster geöffnet wurden. Sobald durch Fenster und Türen Außenluft einströmen konnte (in Haus 2 Bezeichnung „Handwerker“ – s. Abb. 2), reduzierte sich die Radonkonzentration in den Räumen, ohne auf die Werte im Lüftungsbetrieb abzusinken. Aus Abb. 3 ist erkennbar, dass sich nach einer gewissen Zeit nach Abschaltung der Lüftungsanlage ein neues Belastungsniveau ergibt, dieses aber nach Wiederaufnahme des Lüftungsbetriebes schnell wieder auf das geringe Belastungsniveau bei Lüftungsbetrieb absinkt.

Diese Zusammenhänge sind in den folgenden beiden Kurven deutlich ablesbar:

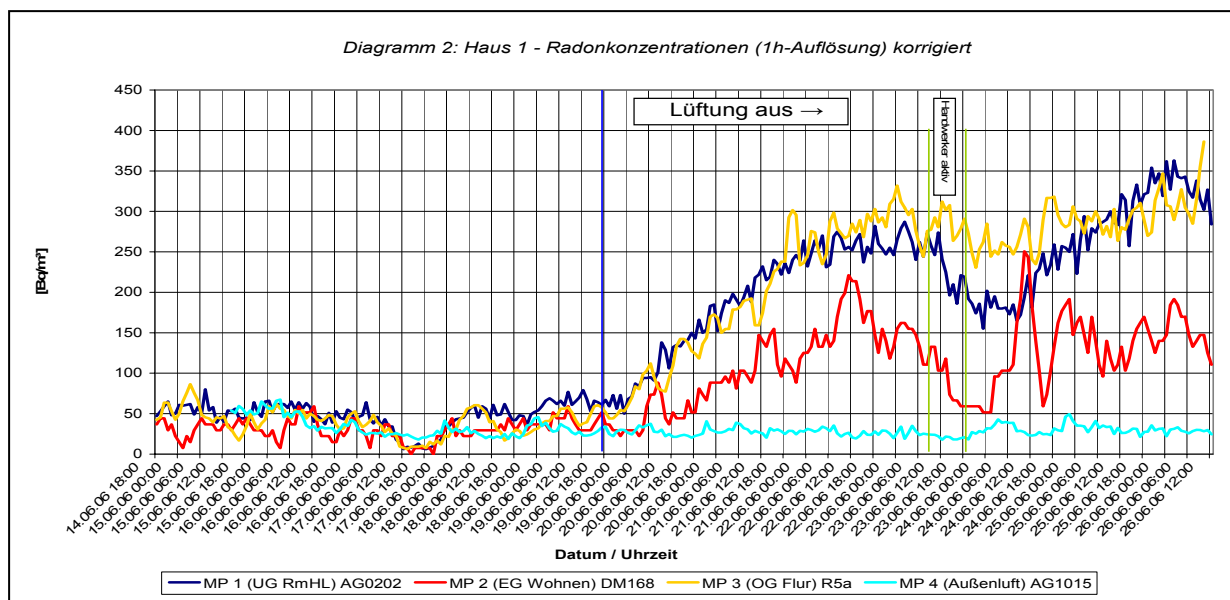


Abb. 2: Radonkonzentration Haus 1

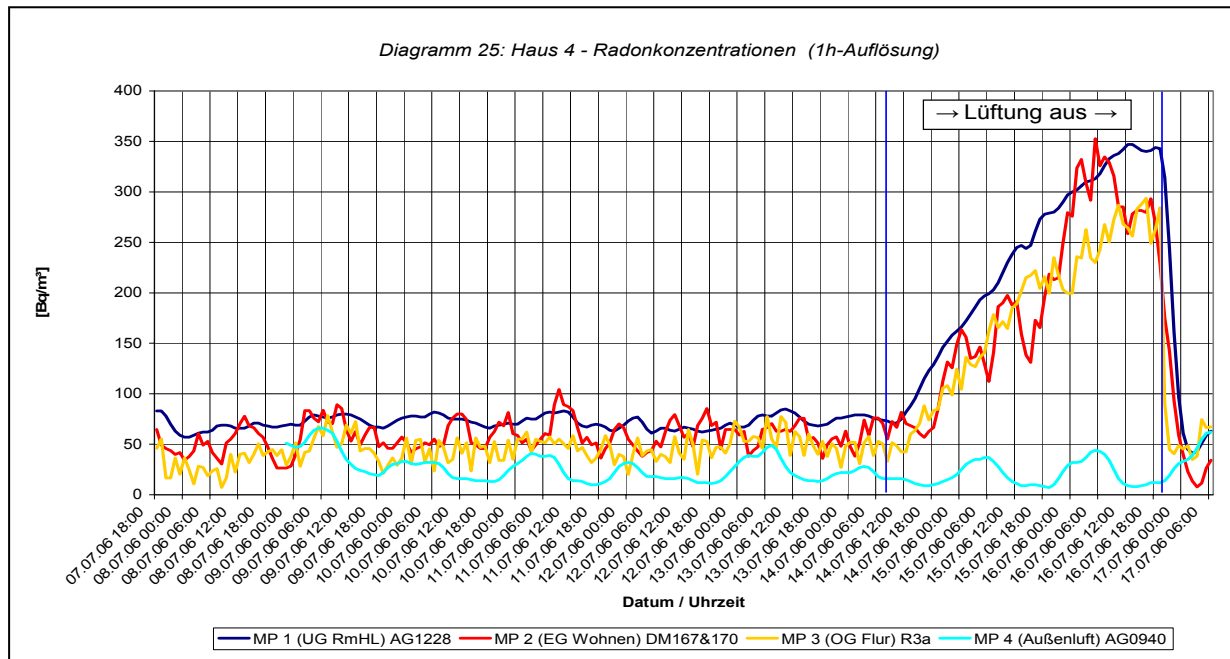


Abb. 3: Radonkonzentration Haus 4

Die Größe sowie Geschwindigkeit des Anstieges der Radonbelastung bei abgeschalteter Lüftungsanlage wird durch die folgenden Kriterien beeinflusst:

- Undichtigkeiten in der an das Erdreich angrenzenden Gebäudehülle (z.B. Durchdringungen)
- Exhalation aus den Baustoffen (Einbau radonhaltiger Baustoffe)
- Diffusion radonhaltiger Luft durch die Gebäudehülle.

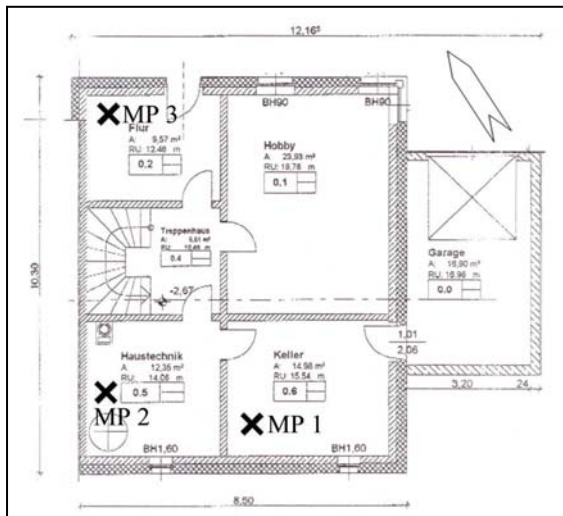
Welche der hier genannten Ursachen im konkreten Falle wirkt, konnte im Rahmen der Studie nicht eindeutig geklärt werden. Aus den Bauunterlagen der einzelnen Gebäude konnte aber entnommen werden, dass – trotz Passivhausstandards – nicht in jedem Falle Baustoffe eingesetzt worden sind, die nach dem Klassifizierungsvorschlag von Keller/Hoffmann [4] die Kriterien an Radondichtheit erfüllten (siehe hierzu eine Zusammenstellung in [5]), sodass mit einem gewissen Anteil diffusiven Eindringens von Radon gerechnet werden kann.

5.3 Radonquellen im Gebäude

Erhöhte Radonbelastungen in einzelnen Bereichen der Gebäude wurden vor allen Dingen dann gemessen, wenn Räume oder Raumbereiche nicht in das Lüftungskonzept eingebunden und diese Räume nicht genügend zum Erdreich abgedichtet waren.

Dieses betraf:

- den Eingangsbereich in das Untergeschoss des Hauses 2 (Abb. 4 – dort MP 3) sowie
- Kellergeschoss und Nebengebäude des Hauses 3 (Abb. 5 und 6).



In Lüftungsanlage einbezogener Bereich (gilt für Abb. 4 bis 6)

Abb. 4: Grundriss Untergeschoss Haus 2

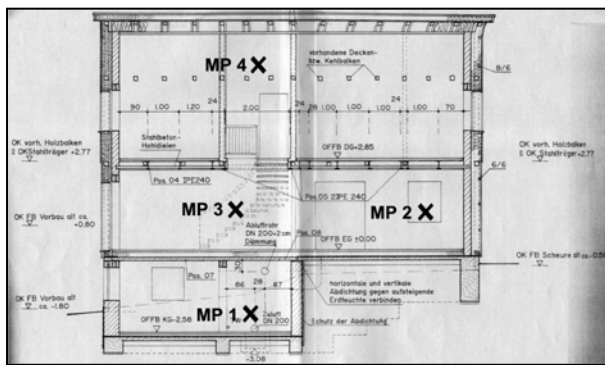


Abb. 5: Längsschnitt Haus 3

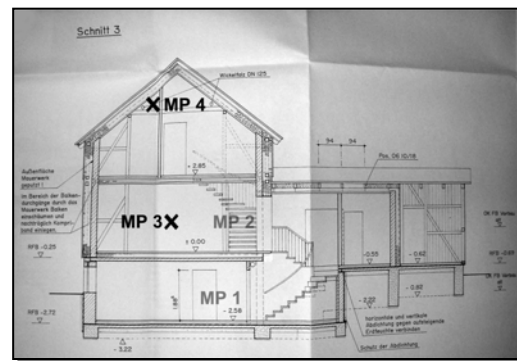


Abb. 6: Querschnitt Haus 3

In Haus 2 ergibt sich für den Vorraum (MP 3) eine sehr hohe und stark schwankende Radonbelastung (Abb. 7), die auch auf die umliegenden Bereiche in abgeschwächter Form ausstrahlt (Abb. 8).

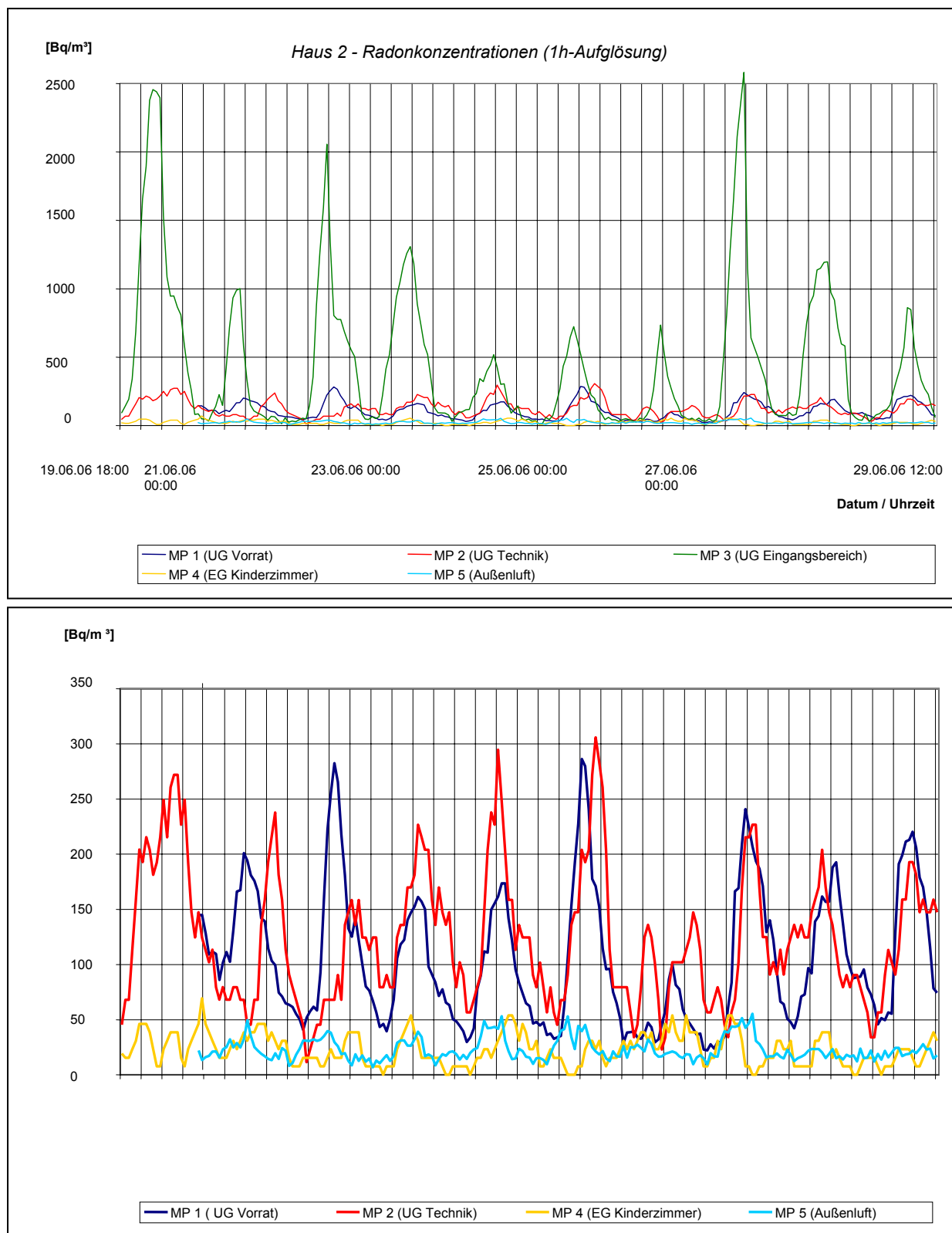


Abb. 7 und 8: Radonbelastung im Untergeschoss des Hauses 2 (mit bzw. ohne Meßpunkt 3)

Der Verlauf am Messpunkt MP 3 (s. Abb. 7) zeigt einen klaren Tagesgang wie er für viele Gebäude mit erhöhten Radonbelastungen charakteristisch ist. Durch die ungenügende Dichtheit der erdberührten Hülle werden durch die sich im Tagesrhythmus ändernden Druckverhältnisse zwischen Gebäude und Boden periodisch schwankende Radonkonzentrationen in das Haus gesaugt. Auffällig ist, dass die Messpunkte MP 1 und MP 2 – beide im selben Geschoss wie MP 3, aber im belüfteten Bereich des Gebäudes liegend – die Schwankungen des MP3 nachvollziehen, allerdings in deutlich abgeschwächter Form (s. Abb. 7 und 8), was eine nicht ausreichende Dichtheit der in den Lüftungsverbund eingebundenen Räume belegt. Dagegen ist am MP 4 (Obergeschoss) das Niveau des Radongehaltes in der Außenluft festzustellen, was bereits für die Häuser 1 und 4 beschrieben wurde.

Für das Haus 3 (s. Abb. 9) lassen die großen zählstatistischen Messunsicherheiten der an MP 2 und 3 eingesetzten Messgeräte keine Aussagen über die Ankopplung des Kellers (MP 1) an die in den Lüftungsverbund eingebundenen Räume zu. Lediglich der Verlauf der Messwerte an MP 4 mit gerätebedingt kleineren Messunsicherheiten belegt diese Ankopplung, da bei einem um mehr als einen Faktor 10 niedrigeren Konzentrationsniveau ein ähnlicher Verlauf mit charakteristischen Minima und Maxima wie an MP 1 zu beobachten war. Die Radonbelastung des Kellergeschosses mit Werten über 1.000 Bq/m³ ist in einen kritischen Bereich einzuordnen, während in den Wohnbereichen die Konzentration von Radon in der Raumluft nur selten über 100 Bq/m³ steigt und damit im normalen Bereich liegt.

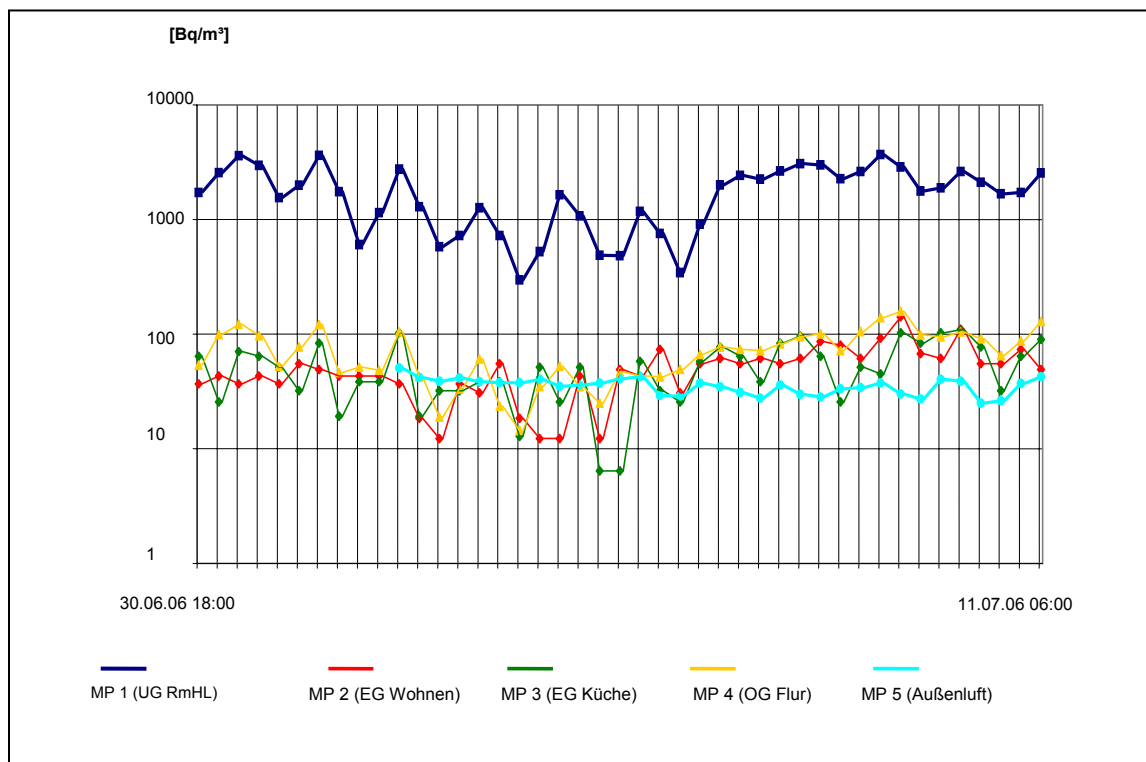


Abb. 9: Radonbelastung Haus 3

5.4 Einfluss der Außenluftfassung und des Erdregisters

Für die Ansaugung der der Lüftungsanlage zuzuführenden Frischluft sind verschiedene Lösungen bekannt. Hinsichtlich der Senkung des Radongehaltes in der Raumluft sollte ausschließlich eine Ansaugung deutlich über der Geländeoberfläche erfolgen. Dadurch wird sichergestellt, dass die den Räumen zugeführte Frischluft mit den sehr geringen Radonkonzentrationen der Außenluft und nicht den viel höheren der Bodenluft vorbelastet wird. Das zur Temperierung der angesaugten Luft zumeist verlegte Erdregister muss in gleicher Weise wie die Gebäudehülle gegen Nachströmen von Bodenluft abgedichtet sein, um den Radongehalt niedrig zu halten.

Bei den untersuchten vier Gebäuden – allesamt mit Ansaugstutzen für die Frischluft über dem Geländeniveau (s. *Tab. 2*) und mit Erdregister – konnten keine Indizien für eine erhöhte Radonkonzentration in der angesaugten Luft gefunden werden. Trotzdem sollte diesem Problem – auch in Hinsicht auf einen längerfristigen Betrieb der Lüftungsanlage – weitere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

6. Zusammenfassung

Die Untersuchungen an insgesamt vier Objekten haben gezeigt, dass Passivhaus und Radonschutz keinen Gegensatz bilden. Durch die kontrollierte Lüftung mit einem ständig wirkenden geringen Überdruck in den Räumen und durch die hohen Anforderungen an die Dichtheit der Gebäude liegt die Radonkonzentration in den Räumen im Bereich oder nur gering über der Radonkonzentration in der Außenluft und damit deutlich niedriger als in den meisten konventionell errichteten Gebäuden.

Erhöhte Radonbelastungen ergeben sich immer dann, wenn die Lüftungsanlage nicht betrieben wird oder Räume und Raumbereiche nicht in die Zwangsbelüftung einbezogen sind. Hier führen dann kleinste Undichtheiten in der an das Erdreich angrenzenden Gebäudehülle und/oder Exhalationen aus den eingesetzten Baustoffen zu erhöhten Radonkonzentrationen in den Räumen. Diese könnten bei sehr hohen Radonwerten in der Bodenluft zu kritischen Werten in der Raumluft führen. Die Forderung muss deshalb im Zusammenhang mit dem Bau von Passivhäusern sein, alle Räume des Gebäudes in das Lüftungskonzept einzubeziehen.

Von Interesse für weitere Untersuchungen dürfte sein, wie sich die Dichtheit der Gebäudehülle und der technischen Anlagen sowie die ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit der Lüftungsanlage über einen längeren Zeitraum verhalten. Zurzeit existieren keine Regelungen zur wiederkehrenden Prüfung der Dichtheit der Gebäudehülle über die Lebensdauer eines Gebäudes. Hier sollten über weitere Untersuchungen Grundlagen geschaffen werden, um zu einer sinnvollen Regelung zu kommen.

7. Literaturverzeichnis

- [1] Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist: www.passiv.de
- [2] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden - Energieeinsparverordnung (EnEV) - vom 16.11.2001 in der Fassung vom 8.12.2004
- [3] Bergmann, Frank: Untersuchungen zur Radonsituation in Passivhäusern; Diplomarbeit HTW Dresden(FH), 2006
- [4] Keller, G. und B. Hoffmann: Forschungen zum Problemkreis Radon, 14. Statusgespräch 2001
- [5] Uhlig, Walter-Reinhold: Baulicher Radonschutz im Neubau und Sanierungsmaßnahmen an bestehenden Gebäuden; Tagungsband zur 1. Tagung Radonsicheres Bauen, Dresden 2005

Praktischer Radonschutz mittels PEHD-Kunststoffdichtungsbahnen

Practical Protection from Radon with HDPE-Liners

Lutz Werner ¹⁾
Nick Leißring ²⁾

¹⁾ AKW Umwelttechnik Service GmbH, Grünhain

²⁾ Bergtechnisches Ingenieurbüro GEOPRAX, Chemnitz

Zusammenfassung

Der Einsatz von PEHD-Dichtungsbahnen zum praktischen Radonschutz für Neubauten und zu sanierende Altbauten ist von aktuellem Interesse. Ausgehend von der Beschreibung des Produktes und den Vorteilen von PEHD-Dichtungsbahnen werden die möglichen Anwendungsgebiete angegeben. Die fachgerechte Verlegung der Folien mit genormter chemischer Beständigkeit durch einen Spezialbetrieb sowohl als Abdichtung gegen Wasser als auch gegen Radonzufüsse wird dargestellt. Die dabei zu erzielenden ökologischen Vorteile sind mit ökonomisch günstigen Bedingungen verbunden. An mehreren Beispielen werden gewonnene Erfahrungen vermittelt und spezielle Elemente zum Radon- und Feuchtigkeitsschutz vorgestellt.

Summary

The use of HDPE-Liners for the practical protection from radon for new buildings and old buildings which are redeveloped is of acute interest. Coming from the description of the product and the advantages of HDPE-Liners the possible areas of use will be mentioned. The professional (expert) laying of the HDPE-Liners with standardized chemical resistance by a special firm as seal against radon-inflows will be showed. The gained experiences will be presented and also special elements for the protection against radon and damp.

Der Vortrag wird durch ausgewählte Folien der Powerpoint-Präsentation dargestellt.

Produktbeschreibung

Kunststoffdichtungsbahnen werden seit mehr als 15 Jahren aus PE hoher Dichte im Extrusionskalanderverfahren hergestellt. Das UV-stabilisierte Granulat wird dabei in speziell für diesen Verwendungszweck gebauten Extrudern aufgeschmolzen, homogenisiert und anschließend über eine Breitschlitzdüse extrudiert.

Unmittelbar nachher wird die Dichtungsbahn in einem Kalanderglätzwerk geformt, kalibriert und mit der jeweiligen Struktur versehen.

Zur Herstellung der nahtlos extrudierten PEHD Dichtungsbahnen werden nur speziell ausgewählte, hochwertige Polyethylentypen mit ausgezeichneten physikalischen, chemischen Eigenschaften sowie geprüften Langzeiteigenschaften ohne die Zugabe von Regranulaten verwendet.

Diese Technologie ermöglicht die Herstellung von glatten und strukturierten Bahnen in kalandrierter Ausführung bis zu 7 m Breite. Die Haupteinsatzgebiete der PEHD Dichtungsbahnen sind Deponie- und Wasserspeichertechnik.

Glatte Dichtungsbahnen dienen primär der Basisabdichtung, die strukturierten Bahnen kommen vorwiegend als Oberflächenabdichtung und im Böschungsbereich von Deponien zum Einsatz. Durch die speziellen Oberflächenausbildungen der Bahnen können selbst steilste Böschungen einwandfrei abgedichtet werden.

Quelle: www.agru.at

Produktbeschreibung

Vorteile der PEHD Dichtungsbahnen

- ✓ **hohe Chemikalienbeständigkeit**
- ✓ **hohe Reißdehnung**
- ✓ **hohe Durchstoßfestigkeit**
- ✓ **auch bei niedrigen Temperaturen flexibel**
- ✓ **Wärmebeständigkeit**
- ✓ **hohe Dauerdruckfestigkeit**
- ✓ **UV-beständig**
- ✓ **gute Schweißbarkeit**
- ✓ **hohe chemische und biologische Beständigkeit**
- ✓ **nagetier- und wurzelbeständig hohe Witterungsbeständigkeit**
- ✓ **geprüft nach nationalen und internationalen Normen und Richtlinien**

Quelle: www.agru.at

Produktbeschreibung

Anwendungsgebiete

Die bedeutendsten Anwendungsmöglichkeiten der schwarz eingefärbten, UV-stabilisierten PEHD Dichtungsbahnen sind:

- Basis- und Oberflächenabdichtung für Haus-, Industrie- und Sondermülldeponien
- Auffangwannen und -räume für grundwassergefährdende Medien
- Rückhaltebecken für Öl-, Industrie- und Klärschlämme
- Abdichtung von Manipulationsbereichen in der petrochemischen Industrie
- Grundwasserschutz im Bereich von Erzaufbereitungsanlagen
- Auskleidung von Kanälen und Flussläufen
- Abdichtung von Dämmen und Deichen bei Kanälen, Talsperren und Flüssen
- Wasserspeicher
- Minenindustrie
- **Feuchtigkeits- und Radonschutz in der Bauindustrie**

Quelle: www.agru.at

Firmenbeschreibung

Unser Leistungsangebot umfasst Beratung und Ausführung von

1. Grundwasser und Bodenschutz nach WHG § 19

- Deponiebasis und Oberflächenabdichtungen für Haus-, Industrie- und Sondermüll
- Auffangwannen und Räume für wassergefährdende Flüssigkeiten, auch CKW und doppellagig prüfbar
- Tanklager, Verladestationen, Tankstellen
- Straßenabdichtungen in Wasserschutzgebieten
- Kühlanlagen, Deponiesickerwasserbecken, auch doppellagig prüfbar
- Güllebecken

2. Wasserbau

- Abdichtung von Flussläufen, Grabensystemen, Dämmen und Deichen
- Auskleidung von Reservoirs und Regenrückhaltebecken, künstliche Seen und Teiche
- Auskleidung kommunaler Schwimmbäder sowie privater Schwimmbecken, Pools

3. Ingenieurbau

- Wannen- und Bauwerksabdichtungen gegen Feuchtigkeit und Radon
- Betonschutzplatten für Abdichtungen von Kläranlagen, SWA-Behältern, Wasseraufbereitungsanlagen und Solebehälter, auch in prüfbarer doppellagiger Ausführung.

Fachbetrieb nach § 191 WHG



Der Schutz des Bodens und des Grundwassers nimmt eine wachsende Bedeutung aufgrund zunehmenden Einsatzes umweltgefährdender Stoffe ein (z. B. Chipindustrie).

Die der Gesellschaft auferlegten Verantwortung findet ihren Niederschlag in den strengen Gesetzesauflagen wie dem WHG (Wasserhaushaltsgesetz).

Die AKW-Umwelttechnik GmbH beweist ständig, dass der Umweltschutz nicht nur ökologische Vorteile bringt, sondern auch auf sehr ökonomische Weise zu erzielen ist.

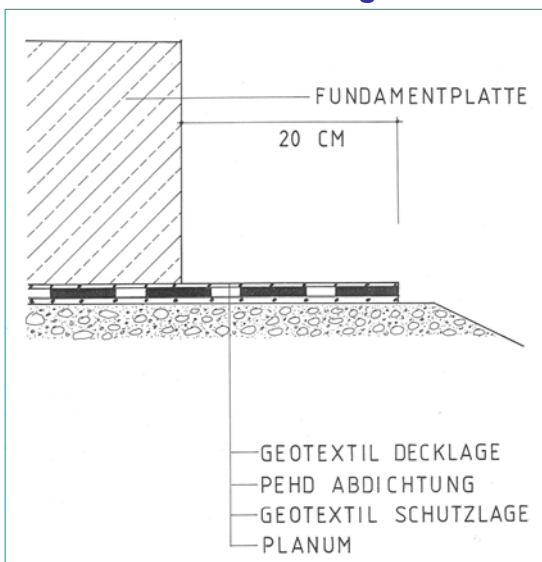
Die AKW-Umwelttechnik verwendet vorrangig Kunststoffdichtungsbahnen, die den Anforderungen nach § 19 WHG entsprechen.

Bei der Lagererrichtung ist die Abdichtung gegen wassergefährdende Stoffe unentbehrlich. Dabei ist es sinnvoll, Systeme zu verwenden, die eine chemisch genormte Beständigkeit aufweisen.

Die Wahl derartiger Systeme gestattet dem Anwender multifunktional nutzbare Lagerflächen in Betrieb zu nehmen.

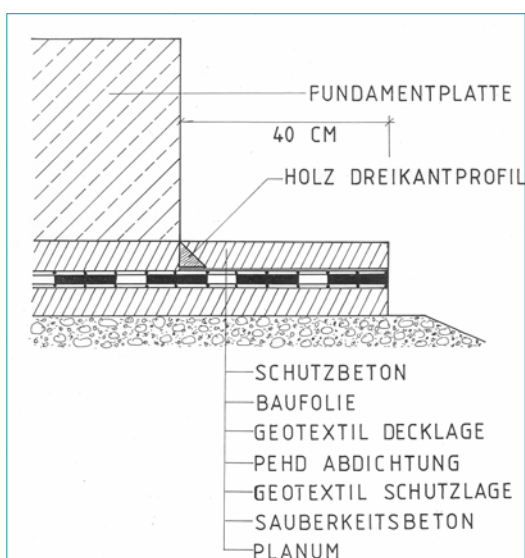
Radon & Feuchtigkeitssperre

Horizontale Abdichtung mit PEHD-Schutzfolie



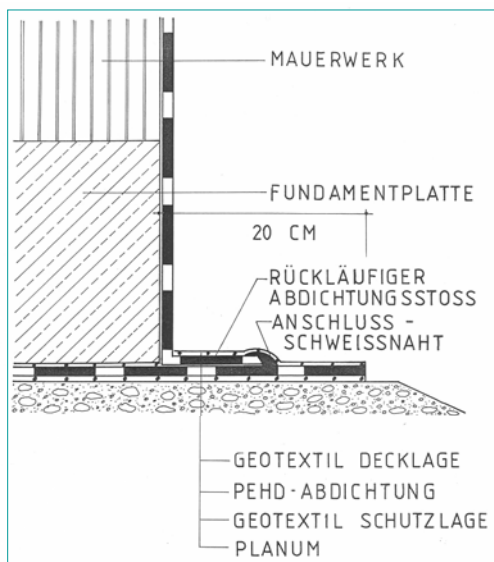
Radon & Feuchtigkeitssperre

Horizontale Abdichtung mit PEHD-Schutzfolie in Beton



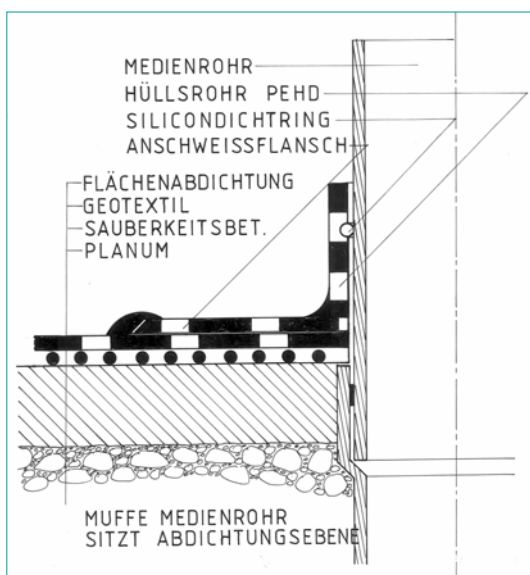
Radon & Feuchtigkeitssperre

Horizontale Abdichtung mit vertikalen Wandanschluss



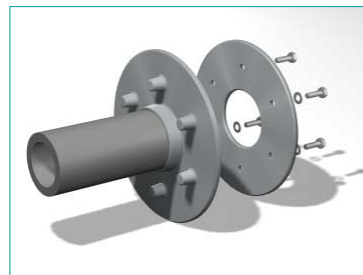
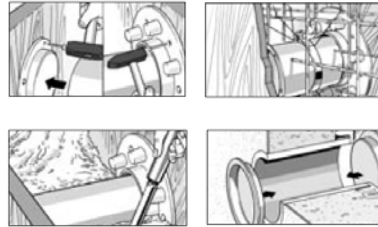
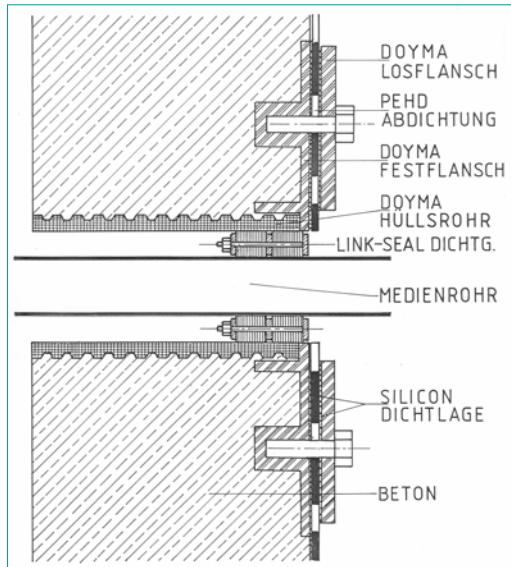
Radon & Feuchtigkeitssperre

Horizontale Abdichtung mit Mediendurchführung



Radon & Feuchtigkeitssperre

Vertikale Abdichtung mit Mediendurchführung (System Doyma)



Qualitätssicherung

Die Abdichtung des Gebäudes gegen Radon mit verschweißten Kunststoffbahnen aus PEHD erfordert spezielle Voraussetzungen und Bedingungen.

Dazu gehören:

Die Kunststoffbahnen aus PEHD dürfen nur durch qualifizierte Fachfirmen mit entsprechenden Referenzen verlegt werden, die ein gültiges Prüfzeugnis hinsichtlich der Schweißnahtausführung für PEHD-Dichtungsbahnen gemäß DVS 2212 Teil 2 und 3 für nachfolgende Schweißverfahren nachweisen können:

- Heizkeilschweißen "HH" (III-3); Überlappnaht einfach und doppelt
- Warmgas-Extrusionsschweißen "WE/II" (II-1), V-Nacht, s = 20 mm

Die Verlegefirma muss entsprechende Referenzen über ausgeführte Objekte nachweisen können. Die Referenzen müssen dem entsprechenden Angebot beigelegt werden. Für die Verlegung der Kunststoffdichtungsbahnen gelten folgende Rahmenbedingungen:

Für die horizontale Dichtung sind Kunststoffdichtungsbahnen aus PEHD, Basis Dowlex von mind. 2 mm Dicke zu verwenden, die verschweißt werden können und eine entsprechende DIBt-Zulassung haben.

Das verwendete Material muss ein aktuelles Prüfzeugnis hinsichtlich seiner Radondichtheit aufweisen. Das aktuelle Prüfzeugnis muss dem Angebot beigelegt werden.

Qualitätssicherung

Für die Verschweißung der Dichtungsbahnen und Formteile sind folgende Schweißverfahren zu verwenden:

- **Heizkeilschweißen mit Überlappung und Prüfkanal**
- **Extrusionsauftragsnahtschweißen.**

Die auf der Baustelle ausgeführten Schweißnähte sind im Rahmen der Eigenüberwachung zu prüfen. Entsprechende Prüfprotokolle (mind. 1 Protokoll je Baukörper) sind der Bauleitung zu übergeben, externe Schweißnahtdichtekontrolle wird vorbehalten. Die Verlegung und Verschweißung der Kunststoffdichtungsbahnen ist an folgende klimatische Bedingungen gebunden:

- **Temperatur > 5 °C**
- **Relative Luftfeuchte < 80 %**

Um den Baufortschritt auch bei ungünstigen Witterungsbedingungen zu gewährleisten, sind Abdeckungen der Schweißflächen sowie ggf. Schweißunnel mit Lufttrocknung durch den Verleger einzusetzen. Entscheidend für die Ausführbarkeit der Schweißung ist dabei das Ergebnis der Probeschweißung.

Für die Ausführung der horizontalen Dichtung gelten nachfolgende verlegetechnische Grundsätze: .

- **Alle Schweißnähte der Bahnen sind mit Überlappungen auszubilden.**
- **Die Kunststoffdichtung wird auf einem bauseits zu erstellendem stein- und wurzelfreiem, ebenem und verdichtetem Planum (auch Beton-Sauberkeitsschicht) verlegt.**

LUFTAUSTAUSCH IN GEBÄUDEN - BESTIMMUNG DER LUFTWECHSELRATE IN RÄUMEN

AIR INTERCHANGE IN BUILDINGS - DETERMINATION OF THE CHANGE OF AIR RATE IN ROOMS

Walfried Löbner

WISMUT GmbH Chemnitz

Zusammenfassung

Der Luftaustausch in Gebäuden hat einen wesentlichen Einfluss auf die Radonkonzentration. Es werden verschiedene Verfahren zur experimentellen Bestimmung des Luftaustausches durch die Gebäudehülle diskutiert. Dabei wird auf bestehende Normen verwiesen. Die gesonderte Bestimmung der Luftwechselrate bzw. des mittleren Alters der Luft in Räumen eines Gebäudes mittels Tracergas-Technologie hat sich für die Bewertung der Radonsituation in praktischen Anwendungsfällen als hilfreich erwiesen.

Summary

The air flow and the air exchange in buildings have a significant influence on the indoor radon concentration. It will be discussed several techniques to characterize the infiltration air flow and the air exchange through the building envelope or through walls with imperfections and openings. Standards developed are mentioned. For the assessment of the radon situations in buildings the determination of the air exchange rate or the mean age of air the tracer gas dilution turned out to be rather useful.

1. Problemstellung

Da sich der erwachsene Mensch in den industrialisierten Ländern Europas durchschnittlich bis zu 90% des Tages in Innenräumen aufhält, hat die Innenraumluftqualität und damit auch die Radonsituation in Gebäuden für die Gesundheitsvorsorge bzw. den Strahlenschutz der allgemeinen Bevölkerung einen hohen Stellenwert. Die Charakterisierung der Radonsituation in Wohnhäusern, in Gebäuden mit ständigen Arbeitsplätzen und in öffentlichen Gebäuden (Schulen, Kindergärten, Verwaltungsgebäuden) steht im engen Zusammenhang mit den verstärkten Anstrengungen zur Gewährleistung der Luftqualität in Innenräumen bei beabsichtigten Maßnahmen zur Gebäudesanierung und Energieeinsparung. Die heutige Ausstattung von Gebäuden mit dicht schließenden Fenstern, gedämmten Fassaden und Dächern kann einen zu geringen Luftaustausch und damit eine Zunahme der Schadstoffkonzentrationen (somit auch Radon) zur Folge haben. Die praktischen Erfahrungen der letzten Jahre haben ergeben, dass die Radonproblematik in Gebäuden nicht losgelöst vom Luftaustausch und den Luftvolumenströmen bewertet werden kann, da häufig konvektive Transportprozesse die dominierende Ursache für erhöhte Radonkonzentrationen in den Innenräumen darstellt und das Radon durch Gebäudeluftströmungen aus dem Baugrund vom Kellergeschoß bis in die obersten Etagen transportiert wird [1]. Infiltration und Lüftung haben einen entscheidenden Einfluss sowohl auf das Raumklima und den Energiebedarf von Gebäuden als auch auf die Radonsituation in den Innenräumen. Radonsicheres Bauen und fundierte Radon-Sanierung von Gebäuden mit vorhandenen erhöhten Radonkonzentrationen verlangen deshalb eine verstärkte Nutzung des ingenieurtechnischen Wissens der Gebäudeklimatisierung und experimentelle Verfahren zur Bestimmung des Luftaustausches in Gebäuden. In der Regel reichen integrierende Radonmessungen in den Innenräumen eines Gebäudes nicht aus, um den Einfluss des Luftaustausches auf die Radonsituation bewerten zu können.

Bereits in den 80er Jahren wurden vom Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC) einfache Berechnungsmethoden zum Luftaustausch in Gebäuden angegeben [2]. Der Luftaustausch in Gebäuden ist mittlerweile Gegenstand spezieller internationaler Konferenzen (z. B. AIR DISTRIBUTION IN ROOMS *Ventilation for Health and Sustainable Environment Reading, UK, 2000*) [3] geworden. Entsprechende Erkenntnisse fanden in letzter Zeit auch in deutschen Normen [4] ihren Niederschlag. Mit dem Blower-Door-Verfahren wurde ein Messverfahren insbesondere im Zusammenhang mit der Umsetzung der Energieeinsparverordnung in die Baupraxis eingeführt [5]. Die Bestimmung des lokalen Alters der Luft in Gebäuden zur Charakterisierung der Lüftungsbedingungen wurde von der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) als Norm-Entwurf [6] der Öffentlichkeit vorgelegt. Diese Messverfahren werden noch zu wenig im Zusammenhang mit der Bewertung der Radonsituation in Gebäuden praktiziert.

Anliegen dieses Beitrages ist es, die Methoden zur Charakterisierung des Luftaustauschs in Gebäuden für die Ermittlung von Parametern zur Quantifizierung der Radonsituation in Innenräumen zu diskutieren. Die Kombination von experimentellen Verfahren zur Charakterisierung des Luftaustausches und der Bestimmung der Radonkonzentration (zeitaufgelöste Messungen der Rn-Konzentration) in Gebäuden kann einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung des Systemverständnisses leisten.

2. Bestimmung von Luftvolumenströmen in Gebäuden

Im Zusammenhang mit erhöhten Radonkonzentrationen in einem Gebäude sind zwei verschiedene Infiltrations-Volumenströme in ein Gebäude von Interesse:

- die Infiltration von Bodenluft durch die Gebäudehülle im Keller- bzw. Erdgeschoß, die die Radoneintrittsrate wesentlich bestimmt und
- die Infiltration von Außenluft durch die Gebäudehülle bzw. durch Lüftungsöffnungen, die infolge des Verdünnungseffektes in der Regel zu einer Reduzierung der Radonkonzentration in einzelnen Räumen des Gebäudes führt.

Diese Prozessgrößen sind für jedes Haus unikal und können aus Bauunterlagen und Gebäudegeometrien nicht abgeleitet werden.

Bei der Infiltration handelt es sich um den unkontrollierten Luftaustausch durch Undichtigkeiten (Risse, Fugen und Öffnungen) in der Gebäudehülle. Infiltrations-Volumenströme werden durch Winddruck und Druckdifferenzen infolge von Temperaturunterschieden (Auftriebsdruck) hervorgerufen. Der Auftriebsdruck wird weiterhin dadurch beeinflusst, ob sich eine senkrechte Luftleitung (Lüftungsschacht, Schornstein, Treppenhaus) im Gebäude im offenen oder geschlossenen Zustand befindet. Die mathematische Beschreibung der Luftströmung durch Risse, Spalten und Öffnungen in der Gebäudehülle ist sehr komplex, so dass vereinfachende Annahmen getroffen werden müssen. Für relativ große Öffnungen (Lüftungsschlitze, große Fugen, geöffnete Fenster) ist die Strömung normalerweise turbulent und der Infiltrationsvolumenstrom kann durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$q_{V-\text{inf}} = C_d A \left[\frac{2}{\rho} \Delta p \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

wobei C_d der Öffnungsbeiwert,
 ρ die Luftdichte,
 A die Querschnittsfläche der Öffnung und
 Δp die Druckdifferenz an der Öffnung sind.

Für enge Ritzen und Spalten mit relativ langen Strömungswegen ist die Strömung im Wesentlichen laminar und der Infiltrationsvolumenstrom proportional zur Druckdifferenz. Im praktischen Anwendungsfall kann in der Regel zwischen den Strömungsarten nicht unterschieden werden. Es hat sich für den Infiltrationsvolumenstrom ein Potenzansatz

$$q_{V-\text{inf}} = C_{\text{inf}} (\Delta p)^n \quad (2)$$

bewährt, wobei n der Strömungsexponent ($n = 0,67$) und C_{inf} der Durchlässigkeitskoeffizient [2, 4] sind, die experimentell (z. B. nach ISO 9972) oder durch Erfahrungswerte (siehe AIVC) zu bestimmen sind.

Die Druckdifferenz durch den thermischen Auftrieb wird durch die Temperaturunterschiede zwischen der Innenraumluft und Außenluft bzw. dem Temperaturunterschied zwischen verschiedenen Geschossen eines Gebäudes bestimmt. Durch Wind hervorgerufene Infiltrations-Volumenströme können ebenfalls mit einem Potenzansatz gemäß Gl. (2) beschrieben werden. Die Winddruckdifferenzen sind vom Gebäudetyp sowie vom Windschutz (Lage des Gebäudes in der Umgebung) abhängig und proportional dem Quadrat der Windgeschwindigkeit v_w [2, 4]. Auftriebsbedingte Druckunterschiede sind oft in der gleichen Größenordnung wie diejenigen infolge des Winddrucks.

Die Infiltrations-Volumenströme an einem Gebäude sind in der Regel einer direkten Messung (mittels Anemometer) nicht zugänglich, so dass sie über Modellannahmen aus messbaren Parametern zu ermitteln sind. Folgende Messgrößen sind somit für die Quantifizierung der Infiltrations-Volumenströme in einem Gebäude von Relevanz:

- Zeitabhängigkeit der Außenlufttemperatur $T_A(t)$,
- Zeitabhängigkeit der Innenraumlufttemperatur $T_i(t)$ in verschiedenen Zonen in einem Gebäude,
- Zeitabhängigkeit der Windgeschwindigkeit v_w ,
- Differenzdruck zwischen außen und innen bzw. zwischen verschiedenen Zonen in einem Gebäude.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die meteorologischen Parameter (Außenlufttemperatur, Windgeschwindigkeit) und damit auch der Differenzdruck tages- und jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sind. In der Regel sind damit die Luftvolumenströme in einem Gebäude instationär, so dass für die Bewertung die Kenntnis der Zeitabhängigkeit dieser Messgrößen von Bedeutung ist.

Für die Bewertung der Radonsituation in einem Gebäude hat sich die unmittelbare zeitaufgelöste Messung des Differenzdruckes an charakteristischen Stellen an einem Gebäude bewährt.

Die Abbildung 1 zeigt beispielhaft den Differenzdruck gegenüber der freien Atmosphäre an einem mehrgeschossigen Gebäude im Erdgeschoss unter winterlichen Bedingungen, der einen Infiltrationsvolumenstrom aus dem Kellergeschoss und der kälteren Außenluft zur Folge hat. Damit wird radonhaltige Luft aus dem Keller- in das Erdgeschoß transportiert und zusätzlich die Konzentration durch Infiltration von Außenluft (mit relativ geringer Radon-Konzentration) verdünnt. In einem Gebäude verursachen unter natürlichen Belüftungsbedingungen Druckdifferenzen von wenigen Pa entsprechende Infiltrations-Volumenströme.

In Gebäuden mit einem maschinellen Lüftungssystem muss beim Luftaustausch im Gebäude zusätzlich der Volumenstrom des maschinellen Lüftungssystems berücksichtigt werden [4]. Wird vom Heizungssystem die Verbrennungsluft der Raumluft entnommen, so resultiert daraus ebenfalls ein Volumenstrom im Gebäude [4]. Temperaturunterschiede innerhalb des Gebäudes (z. B. Treppenhaus und Räume in verschiedenen Etagen) verursachen im Gebäude Innenvolumenströme, die ggf. zusätzlich zu beachten sind. Die prinzipielle Vorgehensweise beim Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Luftvolumenströmen in Wohnungen (Gebäuden) ist in der DIN EN 13465 [4] beschrieben. Wurden zusätzlich die Radonkonzentrationen in den verschiedenen Zonen des Gebäudes und in der Außenluft zeitaufgelöst gemessen, so lässt sich in Kombination mit den abgeschätzten Volumenströmen die Radonsituation im Gebäude fundierter bewerten.

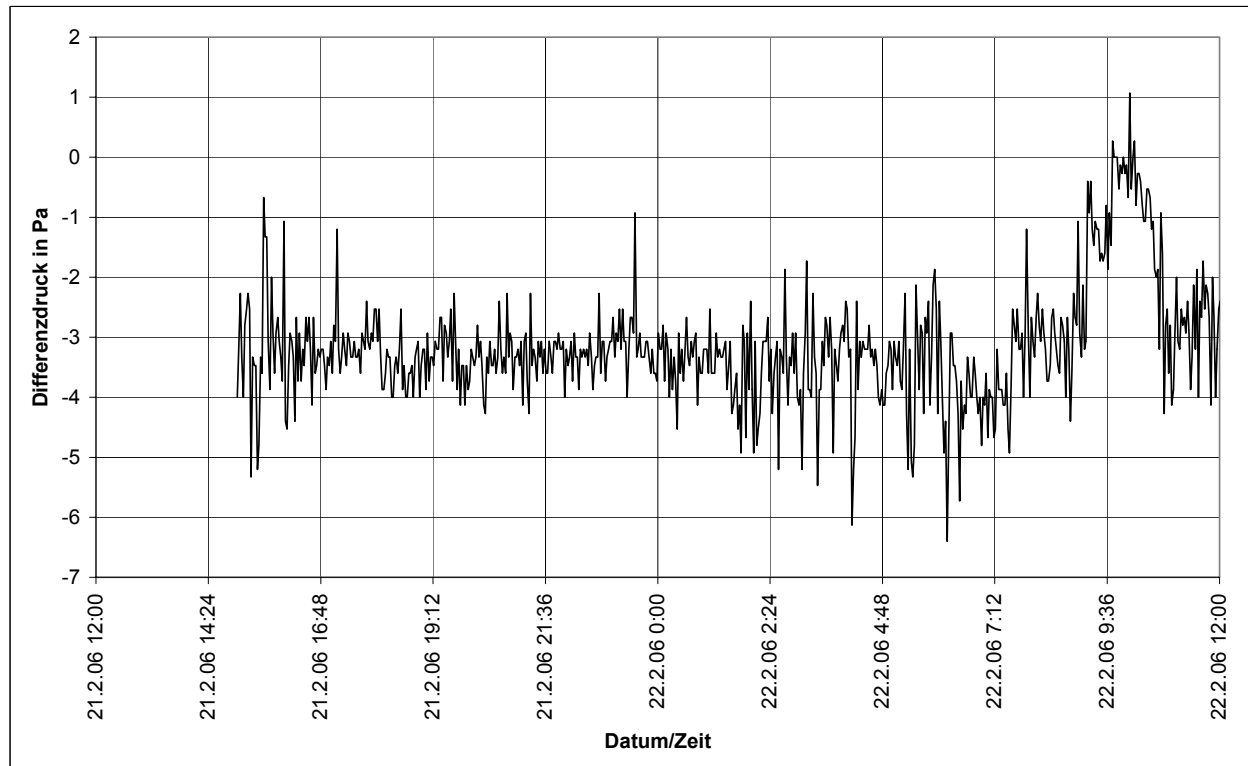


Abb. 1: Zeitabhängigkeit einer Differenzdruckmessung zwischen einem Innenraum und der Außenluft unter winterlichen Bedingungen im Erdgeschoß

3. Anwendung der Blower-Door-Technologie

Im Zusammenhang mit der Verbesserung des Wärmeschutzes von Gebäuden und den Anstrengungen zur Verringerung der Lüftungswärmeverluste wurden in den letzten Jahren verschiedene Mess- und Bewertungsverfahren entwickelt. International durchgesetzt hat sich hierzu das Differenzdruckverfahren mittels Blower-Door [5], das eine Quantifizierung der Undichtigkeit der Gebäudehülle bzw. die Quantifizierung von Leckagen erlaubt. Diese Technologie wird standardmäßig zur Bestimmung der Luftdichtheit von Gebäuden (insbesondere bei Niedrigenergiehäusern) und zur Quantifizierung von Luftleckagen in der Gebäudehülle eingesetzt.

Es wird mittels Ventilator mit regelbarem und kalibriertem Luftvolumenstrom im Gebäude bzw. in einzelnen Räumen ein Über- oder ein Unterdruck erzeugt. Damit ist es möglich, systematisch die Abhängigkeit der erzeugten Druckdifferenzen vom künstlich erzeugten Volumenstrom zu ermitteln. Bei Anwendung von Gl. (1) bzw. Gl. (2) kann damit der Öffnungsbeiwert oder der effektive Durchlässigkeitskoeffizient für eine Gebäudehülle oder einer definierten Zone im Gebäude experimentell ermittelt werden.

Aus dem Quotienten von Volumenstrom Q und dem belüfteten Nettovolumen V des Gebäudes oder der definierten Zone kann die Luftwechselrate

$$n = \frac{Q}{V} \quad (3)$$

ermittelt werden. Bei der Anwendung dieses experimentellen Verfahrens ist es üblich, die Luftwechselrate n_{50} bei einem Differenzdruck von 50 Pa zu ermitteln.

Typische Ergebnisse für n_{50} der Gebäude-Dichtheitsmessung sind:

bei undichten Altbauten	4 bis 12 h ⁻¹ ,
bei Neubauten ohne besondere Sorgfalt	3 bis 7 h ⁻¹ ,
bei Niedrigenergiehäusern	1 bis 2 h ⁻¹ und
bei Passivhäusern	0,1 bis 0,6 h ⁻¹ .

Zur Bewertung des Luftaustausches unter natürlichen Bedingungen im Zusammenhang mit der Radonsituation in Gebäuden ist dieser Parameter ungeeignet, da weder durch den natürlichen Auftrieb noch durch den Winddruck solche Druckdifferenzen erreicht werden. Als Näherung wird in der Literatur [7] die Luftwechselrate unter natürlichen Bedingungen mit

$$\Lambda \approx \frac{n_{50}}{20} \quad (4)$$

abgeschätzt. Im Zusammenhang mit der Charakterisierung der Radonsituation in einem Gebäude ist somit die Standardanwendung der Blower-Door-Technologie nur von begrenztem Aussagewert. Der Luftwechsel bei 50 Pa Differenzdruck ist in der Regel so groß, dass die Innenraumkonzentration von Radon auf relativ kleine Werte „verdünnt“ würde und daraus eine Fehleinschätzung der realen Situation resultieren könnte.

Für die Bestimmung des Einflusses des Luftaustausches bzw. der Luftwechselrate auf die Radonsituation in Gebäuden muss deshalb die Vorgehensweise beim Blower-Door-Einsatz modifiziert werden. Es hat sich die Kombination von Rn-Konzentrationsmessungen mit systematischen Differenzdruckänderungen (< 20 Pa) mittels Blower-Door in bestimmten Räumen eines Gebäudes zur Ermittlung des Radonzuflusses als zweckdienlich erwiesen. Mit dieser Technologie kann der konvektive Radonzufluss über Risse und Spalten quantifiziert werden.

In den USA ist es üblich, die Messergebnisse aus einer „Mehr-Punkt“-Messung mit Blower-Door-Anordnung auf $\Delta p = 4$ Pa Druckunterschied zu extrapolieren [7] und aus dem Volumenstrom eine effektive Leckagefläche (ELA) zu berechnen

$$ELA_{\Delta p} = \sqrt{\frac{\rho_L}{2\Delta p}} \cdot Q_{\Delta p} \quad (5)$$

Bezogen auf $\Delta p = 4$ Pa erhält man unter Verwendung der Luftdichte ρ_L bei Raumtemperatur unter Standardbedingungen $ELA_{4 \text{ Pa}} = 1,076 Q_{4 \text{ Pa}}$ in cm².

Typische Werte der effektiven Leckagefläche $ELA_{4 \text{ Pa}}$ sind z. B.:

für eine Außenwand	0,14 cm ² /m ² ,
für Innenwände	2 cm ² /m ² ,
Decken-Wand-Stoß	0,81 cm ² /m,
für Fenster	1...5 cm ² ,
für Innentürrahmen	250 cm ² .

Eine solche Messgröße kann für die Beurteilung des Einflusses vom Luftaustausch auf die Radonsituation in Gebäuden hilfreich sein.

Bestimmung der Luftwechselrate in Gebäuden mittels Tracergas

Tracergastechniken zur Messung des Luftaustausches basieren auf der Möglichkeit, zwischen Luft, die sich innerhalb des betrachteten Raumes befindet und neu in den Raum einströmender Luft, zu unterscheiden. Wenn es gilt, die Luftbeschaffenheit (z. B. die Radonsituation) in einem Gebäude oder einer Wohnung und damit auch die Effektivität der Lüftung zu beurteilen, ist das mittlere Alter der Luft – die durchschnittliche Verweildauer der Luft in einer definierten Gebäudezone – eine wichtige Kenngröße. In [6] werden vier unterschiedliche Verfahren, mit denen sich jeweils durch Verwendung eines Tracergases das Alter der Luft bzw. die Luftwechselrate bestimmen lässt, beschrieben.

Die ISO 12569 [8] beschreibt das Indikatorgasverdünnungsverfahren für Räume, die als einzelne Zone charakterisiert werden können.

Bei der praktischen Anwendung hat sich das Abklingverfahren als besonders einfach in der Handhabung erwiesen. Es wird eine definierte Menge von Tracergas (wenige ml) in einen Raum injiziert und gleichmäßig verteilt. Anschließend wird die Zeitabhängigkeit der Tracergaskonzentration gemessen. Als Tracergase eignen sich CO_2 , N_2O und SF_6 .

In einer gut durchmischten Zone (Raum) ergibt sich das lokale Alter der Luft τ_p aus

$$\tau_p = \frac{\int_{t_0}^{\infty} C(t) dt}{C(t=t_0)} \quad (6)$$

wobei τ_p das lokale Alter der Luft in h,
 t die Zeit in h,
 $C(t)$ die Tracergaskonzentration zum Zeitpunkt t und
 $C(t=t_0)$ die Anfangskonzentration (Beginn des Abklingens) sind.

Das Integral in Gl. (6) wird numerisch ausgewertet.

Findet im Raum eine Lüftung statt, so ergibt sich die Zeitkonstante $\tau = V/Q$ aus dem Raumvolumen V und dem Volumenstrom der Lüftung Q . Der reziproke Wert der Zeitkonstante wird als Luftwechselrate $\Lambda = Q/V$ bezeichnet.

Mit dem Tracergasverfahren kann somit unabhängig von der Radonkonzentrationsmessung der Luftaustausch bzw. die Luftwechselrate quantifiziert werden.

In Abb. 2 ist beispielhaft die Bestimmung der Luftwechselrate mittels Tracergas-Technologie dargestellt. Es handelt sich um ein relativ schnelles und robustes Verfahren, was im Zusammenhang mit der Bewertung der Radonsituation in Räumen eine wesentliche Zusatzinformation liefert.

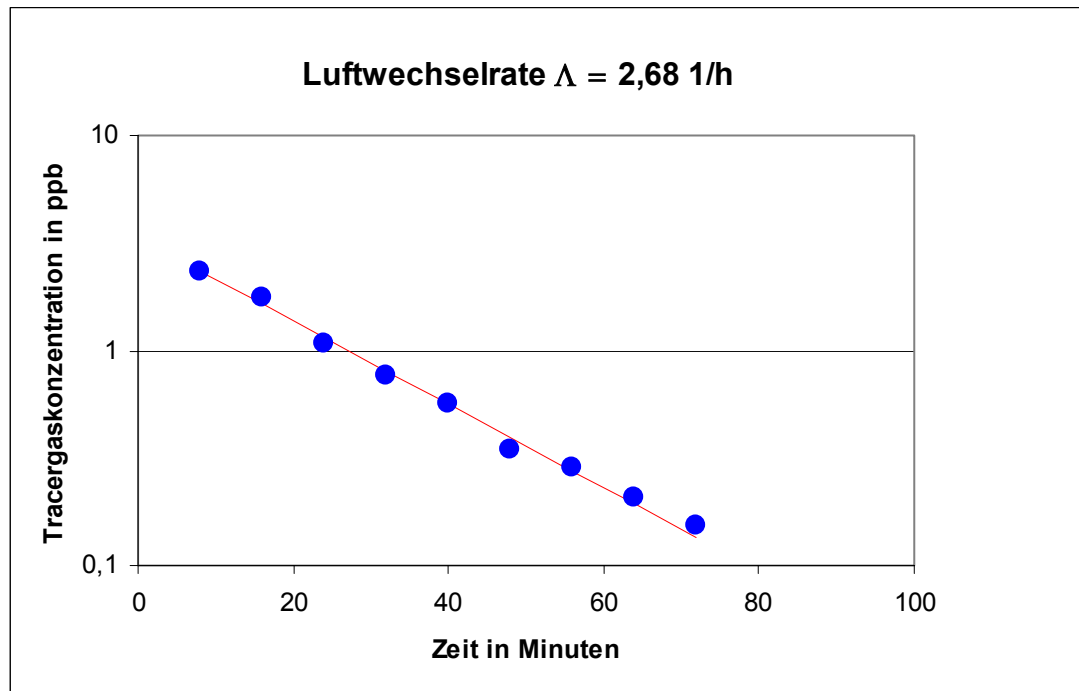


Abb. 2: Bestimmung der Luftwechselrate in einem Kellerraum mit Tracergas (SF_6)

Findet in einem Raum mit einem Volumen V eine Radonfreisetzung aus einer Fläche A (z. B. Fußboden oder Wand eines Raumes) statt, so lässt sich unter stationären Bedingungen aus der gemessenen Radonkonzentration C_{Rn} im Gleichgewichtszustand und der zusätzlich mit dem Tracergasverfahren ermittelten Luftwechselrate Λ die Radonexhalationsrate J (bzw. die Radongenerationsrate G) bestimmen:

$$J = \frac{C_{\text{Rn}} (\lambda_{\text{Rn}} + \Lambda) V}{A} \quad (7)$$

wobei $\lambda_{\text{Rn}} = 1/132 \text{ h}^{-1}$ die Zerfallskonstante des Radons ist.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, dass die Charakterisierung des Luftaustausches in Gebäuden bzw. einzelnen Räumen durch Bestimmung zusätzlicher Parameter (zeitaufgelöste Differenzdruckmessungen) und einer unabhängigen Bestimmung der Luftwechselrate mittels Tracergas-Technologie die Bewertung der Radonsituation in Gebäuden und des Einflusses des Luftaustausches auf die Radonkonzentration fundierter erfolgen kann.

4. Literaturverzeichnis

- [1] H. Schulz, E. Hermann, W. Löbner, J. Höpner:
Bewertung des Radonrisikos eines Baugrundes, Radonstatusgespräch 2004, Berlin.
- [2] Liddament, M. W.: Air Infiltration Calculation Techniques – An Applications Guide,
AIVC 1986.
- [3] Awbi, H.B. (ed.): Air Distribution in Rooms, Ventilation for Health and Sustainable Environment,
Reading, UK, 9 – 12 July, ELSEVIER, Amsterdam, 2000.
- [4] DIN EN 13465 (Entwurf): Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Luftströmen in
Wohnungen, 1999-04.

- [5] DIN EN 13829 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren“.
- [6] DIN ISO 16000-8 (Entwurf): Innenraumluftverunreinigungen – Teil 8: Bestimmung des lokalen Alters der Luft in Gebäuden zur Charakterisierung der Lüftungsbedingungen, Juni 2005.
- [7] Sherman, M.: The Use of Blower-Door Data, University of California, Lawrence Berkeley Lab., LBL-35173, 1998.
- [8] DIN EN ISO 12569: Bestimmung des Luftwechsels von Gebäuden, 1998.

EIGENHEIMBAU ÖKOLOGISCH NACHHALTIG UND OHNE RADONBELASTUNG

BUILDING OF HOMES ECOLOGICAL LASTING AND WITHOUT RADON-EXPOSURE

Bernd Liebscher ¹⁾
Hans-Georg Henjes ²⁾

¹⁾ Architekturbüro, Marienberg

²⁾ Bergsicherung Schneeberg GmbH

Zusammenfassung

Ziel und Aufgabenstellung

Planungskonzept

gestalterische Lösung

Energiehaushalt

Belastung durch Schadstoffe

Summary

intention and conceptual formulation

strategic planing

creative solution

energy budget

contaminant loads

1. Ziel und Aufgabenstellung

Durch die jahrelange Beschäftigung im Büro mit dem Holzbau, entstand schon vor langer Zeit die Idee ein zeitgemäßes Wohnholzhaus zu errichten.

Kriterien für diesen Anspruch:

- geringer Energieverbrauch
- günstige Baukosten
- flexible Gebäudenutzung
- hoher Anteil der Möglichkeit Eigenleistung zu erbringen.
- hoher ökologischer Wert → Produkt aus der Region
- geringe Belastung an Giften/ Strahlungen

In unserem Bauherrn haben wir einen Partner gefunden, der für sich diesen Anspruch erhob, ein Eigenheim in Holz zu errichten und sich dabei funktionell auf das Wesentliche zu beschränken.

Mit dem Erwerb eines Einzelgrundstückes waren letztlich auch die bauordnungsrechtlichen Vorschriften nicht besonders hinderlich. Das Fehlen eines verbindlichen Bebauungsplanes war von Vorteil, da im Regelfall die letztlich erarbeitete Lösung keine typische Lösung darstellt.

2. Planungskonzept

Funktionelle Lösung

Das Eigenheim sollte die wichtigen Funktionen wie Windfang/ Gäste-WC/ Abstellraum/ Küche und Wohnzimmer im Erdgeschoss, s. Abb. 1, und Bad/ Gästezimmer/ Schlafzimmer/ Arbeitszimmer im DG, s. Abb. 2, erfüllen.

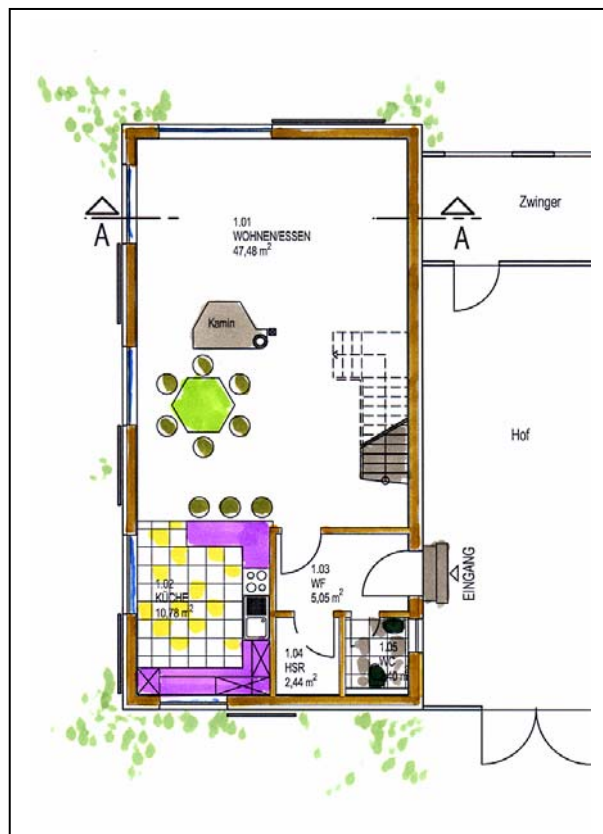


Abb. 1: Grundriss EG

Konstruktive Lösung

Um dauerhaft eine Schädigung des Holzes auszuschließen, ist es trocken zu halten. Zum Gelände hin sind dies in der Regel 30 cm. Durch die Nichtunterkellerung erfolgte die Gründung des Gebäudes auf 3 Säulenfundamenten, deren OF 30 cm über Gelände ist, s. Abb. 3.

Die Holzkonstruktion wurde als Ständer-Bauweise geplant. Die Lastabtragung erfolgt in der Wandaußenkonstruktion sowie durch 2 Innenstützen. Alle Innenwände sind nichttragend und somit letztlich frei definierbar.

3. gestalterische Lösung

Mit der Reduzierung des Gebäudes auf das Wesentliche, entstand die kubische Form. Grundsätzlich ist aber nicht ausgeschlossen, die Dachform zu variieren.

Die Fassade sollte auch den Baustoff Holz widerspiegeln. Es wurde sich für eine Lärchenholzstülpchalung, s. Abb. 4, entschieden. Im Inneren wurden die tragenden Holzbalken auch sichtbar belassen.

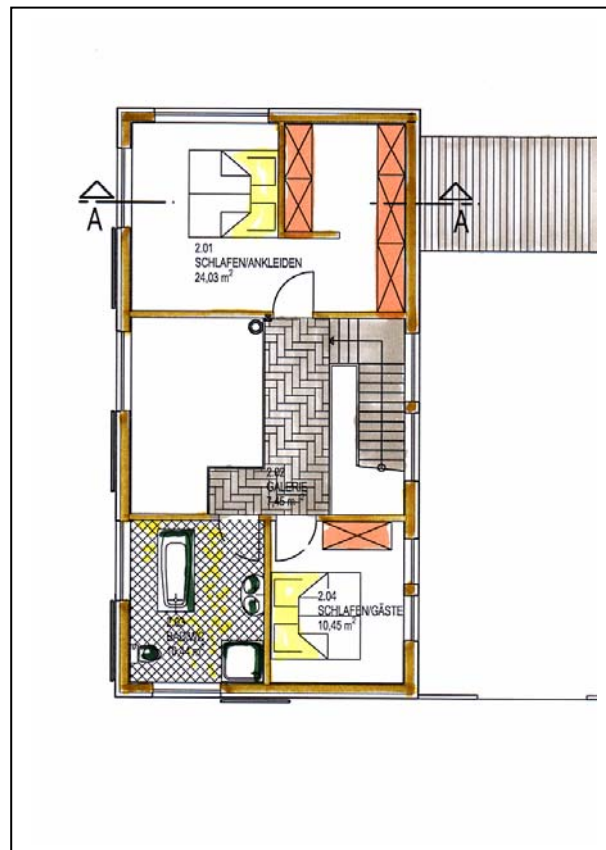


Abb. 2: Grundriss DG

4. Energiehaushalt

Die Außenflächen des Gebäudes (Fassade/ Dach/ Bodenplatten) wurden mit Mineralwolle wind- und diffusionsdicht gebaut.

Für zukünftige Vorhaben ist geplant, auf Mineralwolle zu Gunsten von Holzfaserdämmung zu verzichten. Der Vorteil der Holzfaser liegt im hohen Gewicht, die damit ein besseres Wärmespeichungsvermögen hat. Es wird der Niedrigenergiehausstandard rechnerisch erreicht. Die Gebäudeheizung erfolgt durch eine Gastherme, die gleichzeitig das Warmwasser bereitet.

5. Belastung durch Schadstoffe

Generell wurde vom Bauherrn großer Wert auf den Einsatz von schadstofffreien Baustoffen gelegt. Unter strengen Kriterien konnte bei einigen Ausbaustoffen zweifelsfrei nicht der Nachweis erbracht werden.

Radon

Durch die Unterlüftung der gesamten Bodenplatte erfolgt eine permanente Ableitung von möglichen Gasen aus dem Erdreich.

Kritischer Bereich ist nur der Medienschacht unter dem Gebäude mit dem Kontrolleinstieg vom Technikraum aus.

Die Luke wurde durch Gummidichtung und Schrauben dichtschießend ausgeführt. Handwerklich wurden die Durchdringungen für Trinkwasser, Gasleitung, Elt- u. Abwasserleitungen ausgeführt.

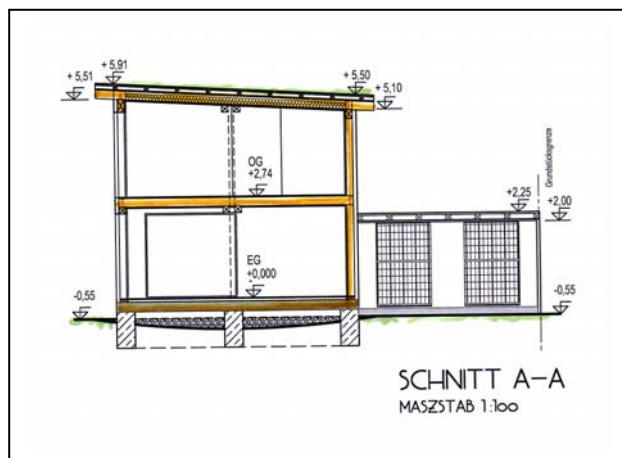


Abb. 3: Gebäudeschnitt



Abb. 4: Gebäudeansicht

Referentenverzeichnis

Dipl.-Ing. (FH) Frank Bergmann

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
D-01069 Dresden, Friedrich-List-Platz 1

Dr. rer. nat. Jürgen Conrady

PreCura Institut für Präventive Medizin e.V. (Vorsitzender)
D-12623 Berlin, Kastanienallee 6a
Telefon: 030 / 927 996 34, Telefax: 03772 / 329 539
www.precura.de email: precura-conrady@t-online.de

Dr. rer. nat. Andreas Guhr

ALTRAC Radon-Messtechnik
D-12524 Berlin, Dorothea-Viehmann-Straße 28
Telefon: 030 / 679 897 37, Telefax: 030 / 678 018 86
www.altrac.de email: Guhr.ALTRAC@t-online.de

Dipl.-Ing. Hans-Georg Henjes

Bergsicherung Schneeberg GmbH
D-08289 Schneeberg, Kobaltstraße 42
Telefon: 03722/29150, Telefax: 03772/22494
email: Bergsicherung_Schneeberg@t-online.de

Ministerialrat Frank Leder

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
Referatsleiter Kerntechnik und Strahlenschutz
D-01097 Dresden, Archivstraße 1
Telefon: 0351 / 564 - 2301, Telefax: 0351 / 564 - 2209
www.smulsachsen.de

Prof. h.c. Dr. rer.nat. habil Bernd Leißring

Bergtechnisches Ingenieurbüro Geoprax
D-09114 Chemnitz, Max-Planck-Str. 18
Telefon: 0371 / 336 – 2788, Telefax: 0371 / 336 - 2789
www.geoprax-leissring.de email: chemnitz@geoprax-leissring.de

Dipl.-Ing. Nick Leißring

Bergtechnisches Ingenieurbüro Geoprax
D-09114 Chemnitz, Max-Planck-Str. 18
Telefon: 0371 / 336 – 2788, Telefax: 0371 / 336 - 2789
www.geoprax-leissring.de email: chemnitz@geoprax-leissring.de

Dipl.-Ing. Bernd Liebscher

D-09496 Marienberg, Amtsstraße 13
Telefon: 03735 / 90802, Telefax: 03735 / 22331
www.architekturbuero-Liebscher.de eMail: design@architekturbuero-Liebscher.de

Dr. rer. nat. Walfried Löbner

WISMUT GmbH
Abteilung Umwelt Überwachung Strahlenschutz
D-09117 Chemnitz, Jagdschänkenstraße 29
Telefon: 0371 / 8120 – 127, Telefax: 0371 / 8120 - 107
www.wismut.de eMail: w.loebner@wismut.de

Dr. rer. nat. Werner Preuße

Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft
GB 2, Umweltradioaktivität
D-09131 Chemnitz, Dresdner Straße 183
Telefon: 0371 461 2420. Telefax: 0371 / 461 2422
www.smul.sachsen.de/de/wu/organisation/ubg email: werner.preusse@ubg.smul.sachsen.de

Ing. Georges-André Roserenz

Bundesamt für Gesundheit, Sektion Radon
CH-3003 Bern
Telefon: +41 (0)31 322 21 11, Telefax: +41 (0)31 323 37 72
www.bag.admin.ch email: radon@bag.admin.ch

Dr. rer. nat. habil. Hartmut Schulz

IAF Radioökologie GmbH (Geschäftsführer)
D-01326 Dresden, Karpatenstraße 20
Telefon: 0351 / 263 30 – 12, Telefax: 0351 / 263 30 - 22
www.iaf-dresden.de email: info@iaf-dresden.de

Prof. Dr.-Ing. habil Roland Stenzel

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
D-01069 Dresden, Friedrich-List-Platz 1
Telefon: 0351 / 462 – 2414
www.htw-dresden.de email: prorektor@htw-dresden.de

Dipl.-Ing. Alfred Taube

Beratungsstelle für radongeschütztes Bauen
D-083017 Bad Schlema, Prof.-Dr.-Rajewski-Str. 4
Telefon: 03772 / 24214, Telefax: 03772 / 24214
www.smul.sachsen.de/de/wu/orgination/ubg/ eMail: alfred.taube@ubg.smul.sachsen.de

Dr. Josef Thomas

Staatliches Institut für Strahlenschutz, Praha
Tschechische Republik
110 00 Praha 1, Senovazne nam. 9
www.sujb.cz email: Josef.Thomas@sujb.cz

Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
und Vorstandsvorsitzender KORA e.V.
D-01069 Dresden, Friedrich-List-Platz 1
Telefon: 0351 / 462 - 2440, Telefax: 0351 / 462 - 2172
www.bau.htw-dresden.de/index.htm?bcm email: dresden@koraev.de

Dipl.-Ing. Lutz Werner

AKW Umwelttechnik Service GmbH
D-08344 Grünhain-Beierfeld, Am Gewerbegebiet 1
Telefon: 03774 / 35996, Telefax: 03774 / 35091
www.akw-umwelttechnik.de eMail: info@akw-umwelttechnik.de



Herausgeber KORA e.V.
Kompetenzzentrum für Forschung und Entwicklung zum Radonsicheren Bauen und Sanieren
c/o HTW Dresden (FH), Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden
Telefon: 0351/4622400, Telefax: 0351/4622172
www.koraev.de, email: dresden@koraev.de

Dresden 2006

Redaktionelle Bearbeitung: Dipl.-Ing. Ralf Groh

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.
Ohne ausdrückliche Genehmigung von KORA e.V. ist es nicht gestattet, dieses Werk
oder Teile daraus auf fotomechanischem Wege (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen
sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen vorzunehmen.
Angaben ohne Gewähr.

Für die Inhalte sind die jeweiligen Verfasser verantwortlich.

Druck und Bindung:
HTW Dresden (FH), Bereich Druck und Foto