
Bearbeiter: Gertraud Grundmann
E-Mail: Gertraud.Grundmann@smul.sachsen.de
Tel.: 0351 2612-5405; Fax: 0351 2612-5399
Redaktionsschluss: 12.07.2011

Schülerprojekt zur dauerhaften Senkung der Radon- exposition in Gebäuden von Sachsen im Ergebnis einer adäquaten Risikokommunikation an ausgewählten Schulen

Schülerprojekt zur Senkung der Radonexposition

1. Veranlassung:

Das Schülerprojekt zur Senkung der Radonexposition in Gebäuden wurde vom Freistaat Sachsen auf Basis der Richtlinie Besondere Initiativen (BesIn) als Pilotprojekt gefördert. Das Vorhaben wurde vom Kompetenzzentrum für die Forschung und Entwicklung zum radonsicheren Bauen und Sanieren KORA e.V. Dresden in den Jahren 2008 bis 2010 durchgeführt.

In Sachsen gibt es aufgrund der geologischen Gegebenheiten weite Gebiete, in denen mit erhöhten Radonkonzentrationen in der Bodenluft gerechnet werden muss. Das Radongas dringt über Leckagen in Gebäude ein und kann dort zu teils erheblichen Strahlenbelastungen für die Bewohner oder Nutzer führen. Der Freistaat Sachsen sieht sich deshalb schon seit den 1990er Jahren in besonderer Verantwortung, die Bevölkerung zum Thema Radon in Häusern zu informieren.

In den letzten Jahren rückte Radon in Schulen und Kindereinrichtungen stärker in das öffentliche Interesse. Anfragen von besorgten Eltern, nicht immer fachgerechte Zeitungsberichte, Landtagsanfragen von Abgeordneten und fachliche Diskussionen zeigten, dass eine Versachlichung der Diskussion zum Thema Radioaktivität allgemein und zur Radonthematik im speziellen durch Verbesserung des Wissens notwendig ist. Das Projekt wurde deshalb so angelegt, dass über die Schüler die Thematik an die Eltern herangetragen wurde.

2. Durchführung

2.1 Auswahl der Schulen und Themenschwerpunkte

Für das Förderprojekt wurde eine Mittelschule mit Schülern der 9. Klassen und ein Gymnasium mit Schülern der 10. Klassen in unterschiedlicher geografischer Lage in Sachsen ausgewählt.

Es wurden spezielle Kenntnisse zu Radon, dem Gesundheitsrisiko durch erhöhte Radonwerte sowie den möglichen Schutzmaßnahmen vermittelt. Die Auswahl und die Ausarbeitung der Unterrichtskomplexe erfolgten durch den KORA e.V. Dresden. Die beim Durchführen des Unterrichts gewonnenen Erfahrungen wurden in drei Handlungsempfehlungen für die Fachlehrer zur weiteren Nutzung aufbereitet.

2.1.1. Gestaltung des Schülerprojektes im beteiligten Gymnasium

Am ausgewählten Gymnasium wurde im Rahmen des Profilunterrichts der Kurs „Bergbau und Umweltradioaktivität“ für die Jahre 2008 bis 2011 in den Lehrplan aufgenommen. Es wurden 4 Kurse mit je 11 bis 13 Unterrichtsstunden und insgesamt 79 Schülern durchgeführt. In den Lehrveranstaltungsreihen wurde die Radonthematik und dazu fachübergreifend tangierende Themen aus Biologie, Mathematik, Informatik und Geografie vermittelt. Alle Kurse wurden mit Experimentalvorfürungen begleitet, in die die Schüler einbezogen wurden und so die Radonmesstechnik kennen lernten, um eigene Messungen zu Hause durchzuführen.

Im Einzelnen wurden folgende Themen behandelt:

- Einführung in die Umweltradioaktivität und Radonthematik / Experimentalvortrag
- natürliche Strahlenexposition infolge Radon / Experimentalvortrag
- geogenes Vorkommen natürlicher Radionuklide - Grundlagen
- geogenes Vorkommen natürlicher Radionuklide - Experimentalseminar
- biologische Wirkung von Strahlen und Gesundheitsrisiko
- Kernbrennstoffkreislauf
- Radonschutzmaßnahmen bei Neubauten
- Radon in bestehenden Gebäuden und Radonschutz
- Radonexposition und Rauchen – Lungenkrebsrisiko
- Erstellen von Messreihen durch die Schüler
- Literaturstudie mit den zur Verfügung stehenden Radon-CD´s
- Auswertung der Belegarbeiten und Vorstellung der besten Ausarbeitungen

Zum Ende eines jeden Kurses erfolgte ein schriftlicher Kenntnissnachweis bzw. wurde eine Belegarbeit erstellt.

Ein Schüler realisierte die Radon-Thematik im Rahmen einer Besonderen Lernleistung (BELL) zum Thema Risikokommunikation, die einer Hauptprüfung gleichgesetzt wird. Die Arbeit wurde durch den Schüler auf dem 3. Sächsischen Radontag vorgestellt. Zudem wurde sie bei der Initiative „Jugend forscht“ eingereicht und im Rahmen einer Festveranstaltung im Jahre 2009 im VKTA Rossendorf ausgezeichnet.

2.1.2 Gestaltung des Schülerprojektes in der beteiligten Mittelschule

An der Mittelschule wurden im Rahmen von „Komplexen Lernleistungen“ im außerschulischen Bereich drei Kurse zur Radonthematik für insgesamt 28 Schüler durchgeführt. Die Veranstaltungen wurden in enger Zusammenarbeit mit der Thematik Atomphysik im regulären Physikunterricht gestaltet. Besondere Schwerpunkte des Lernstoffs waren die Bedeutung der Geologie, Radon in Häusern, die biologische Wirkungen sowie das Risiko von Radonbelastung in Kombination mit Rauchen. Die theoretische Wissensvermittlung wurde mit Kurzfilmen und Schulexperimenten ergänzt. Auch hier wurden die Schüler in die Radonmesstechnik eingewiesen und führten eigenständig Radonmessungen durch. Das erworbene Wissen wurde in einer Belegarbeit nachgewiesen.

2.2 Risikokommunikation

Über eine Fragebogenaktion wurden die Schüler sowie auch deren Eltern, sofern diese dazu bereit waren, aktiv in die Wissensvermittlung einbezogen. Dabei war es Aufgabe der Schüler, den Risikokommunikationsprozess mit ihren Eltern zu führen.

Am Gymnasium in Schneeberg waren auch die Lehrer einbezogen.

Der Fragebogen beinhaltete z. B. Fragen zu:

- Angaben zum Wohnhaus, zum baulichen Zustand sowie zu Rekonstruktionsmaßnahmen;
- Rauchergewohnheiten;
- Umweltbewusstsein und Risikobeurteilung speziell zur Radonproblematik;
- Gesundheitsverhalten;
- Handlungsbereitschaft, in Eigeninitiative zur Senkung der Radonexposition beizutragen.

Durch den Vergleich der Befragungsergebnisse vor Beginn und nach Abschluss des Risikokommunikationsprozesses, wurden Veränderungen des Umweltbewusstseins, der Risikowahrnehmung und der eigenen Handlungsbereitschaft erfasst und quantifiziert. Die Angaben wurden mit Hilfe von statistischen Standardverfahren für die Analyse ordinaler Daten analysiert. Die Antworten der Fragen waren einer Skala von 0 bis maximal 3 zuzuordnen, d.h. 0 trifft nicht zu, 3 trifft voll zu. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit sogenannten Mosaic-Plots und tabellarisch (siehe nachfolgende Tab.1 und 2 und Abb. 1 bis 4). Verteilungen wurden mittels Chi2-Test analysiert und bewertet.

Die Breite der Säulen in den Mosaic-Plots widerspiegelt die Anzahl der beteiligten Personen und die Höhe der Säulen die prozentualen Anteile der Antwortergebnisse.

Bsp.: 1

Frage: **Energiesparmaßnahmen an Gebäuden können die Radonkonzentration erhöhen.**
Ist Ihnen diese Problematik bekannt? (0 = nein, 1 = ja)

Tab. 1: Ergebnisse der Befragung zu Bsp. 1 vor und nach der Risikokommunikation:

Gruppe der Befragten	Antwort-kategorie		vor der		Risiko-		kommunikation	
	0	1	Σ	nach der	0	1	Σ	
F ... Freital Schüler	25	2	27	9	16	25		
%	92,59	7,41		36,00	64,00			
FE ...Freital Eltern	5	3	8	4	3	7		
%	62,50	37,50		36,00	64,00			
S ... Schneeberg Schüler	48	28	76	6	63	69		
%	63,16	36,84		8,70	91,30			
SE ... Schneeberg Eltern	9	17	26	1	6	7		
%	34,62	65,38		14,29	85,71			
SL ... Schneeberg Lehrer	13	8	21					
%	61,90	38,10						
Summe	100	58	158	20	88			
%	63,29	36,71		18,52	81,48			

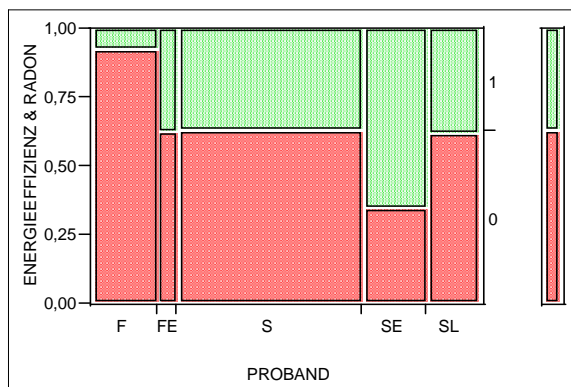


Abb.1: Mosaic-Plot zur Befragung zu Bsp. 1 vor der Risikokommunikation

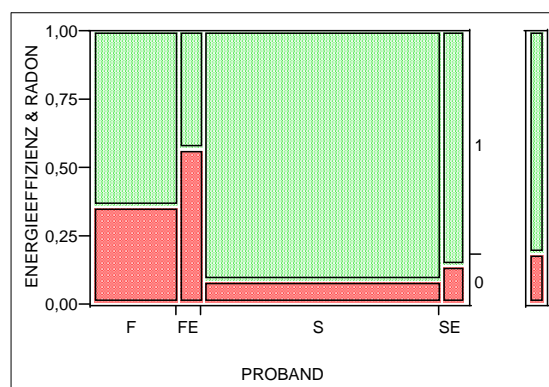


Abb.2: Mosaic-Plot zur Befragung zu Bsp. 1 nach der Risikokommunikation

Bauliche Maßnahmen zur Energieeinsparung können den Luftaustausch innerhalb der Gebäude einschränken und ursächlich für einen Anstieg der Radonkonzentration in einem Gebäude verantwortlich sein. Die Kenntnis dieses Zusammenhanges ist die Voraussetzung dafür, durch entsprechendes Verhalten dieser zusätzlichen Exposition entgegenzuwirken. Diesen Zusammenhang kannten vor der Risikokommunikation ca. 7% der Schüler aus Freital Schüler und ca. 37 % der Schüler aus Schneeberg sowie ca. 38 % bzw. ca. 65 % der Eltern. Nach Abschluss der Risikokommunikation stieg der entsprechende Anteil der Schüler auf 64 % in Freital und ca. 91 % in Schneeberg. Der Anteil der Eltern, die angaben, diesen Zusammenhang zu kennen ist nach Abschluss der Risikokommunikation mit ihren Kindern ebenfalls von ca. 38 % auf ca.43 % in Freital und von ca. 37 % auf 86 % in Schneeberg gestiegen. Das Ergebnis zeigt, dass über die Schüler ein erfolgreicher Transfer des Wissens zu deren Eltern erfolgte.

Bsp.: 2

Frage: Würden Sie Maßnahmen zur Senkung der Radonexposition ergreifen, wenn Sie diese in Eigeninitiative realisieren könnten?

(0 = Bereitschaft nicht vorhanden, 1 = Bereitschaft vorhanden)

Tab. 2: Ergebnisse der Befragung zu Bsp. 2 vor und nach der Risikokommunikation

Antwort- kategorie Gruppe der Befragten	vor der		Risiko-	nach der		
	0	1	kommunikation	0	1	kommunikation
			Σ			Σ
F ... Freital Schüler %	4 14,81	23 85,19	27	1 4,00	24 96,00	25
FE ... Freital Eltern %	0 0,00	8 100,00	8	2 28,57	5 71,43	7
S ... Schneeberg Schüler %	24 31,58	52 68,42	76	19 27,54	50 72,46	69
SE ... Schneeberg Eltern %	3 11,54	23 88,46	26	2 28,57	5 71,43	7
SL ... Schneeberg Lehrer %	0 0,00	21 100,00	21			
Summe %	31 19,62	127 80,38	158	24 22,22	84 77,78	108

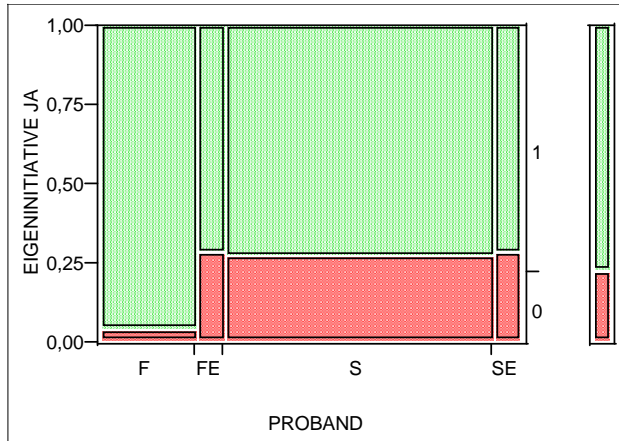


Abb.3: Mosaic-Plot zur Befragung zu Bsp. 2 vor der Risikokommunikation

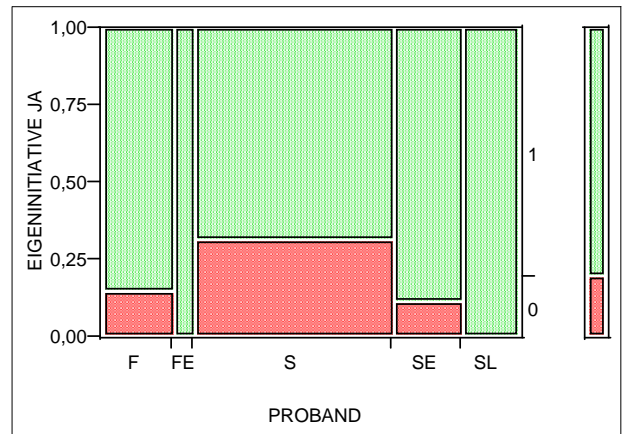


Abb.4: Mosaic-Plot zur Befragung zu Bsp. 2 nach der Risikokommunikation

Der weitaus größte Teil der Befragten ist bereits vor der Risikokommunikation interessiert, Methoden kennen zu lernen, die in Eigeninitiative angewendet werden können um die eigene Radonexposition zu senken. Die entsprechenden Werte betragen ca. 85 % und 100 % für die Schüler aus Freital und deren Eltern und ca. 68% und ca., 88 % für die Schüler und deren Eltern aus Schneeberg. Der Wert für die Lehrer aus Schneeberg beträgt 100 %. Am Ende der Risikokommunikation sind diese Werte bei den Schülern auf 96 % in Freital und ca.72 % in Schneeberg weiter angestiegen, bei den Eltern auf ca. 71% in Freital und Schneeberg etwas gefallen.

Im Ergebnis ergab die Fragebogenaktion deutliche und überwiegend positive Veränderungen hinsichtlich des Umweltbewusstseins, der Risikowahrnehmung und -beurteilung sowie des Gesundheitsbewusstseins bei den Schülern als auch ihren Eltern. Daraus wurde gefolgert, dass die bei den Eltern nachweisbaren Veränderungen das Ergebnis der Wissensvermittlung der Schüler an ihre Eltern ist.

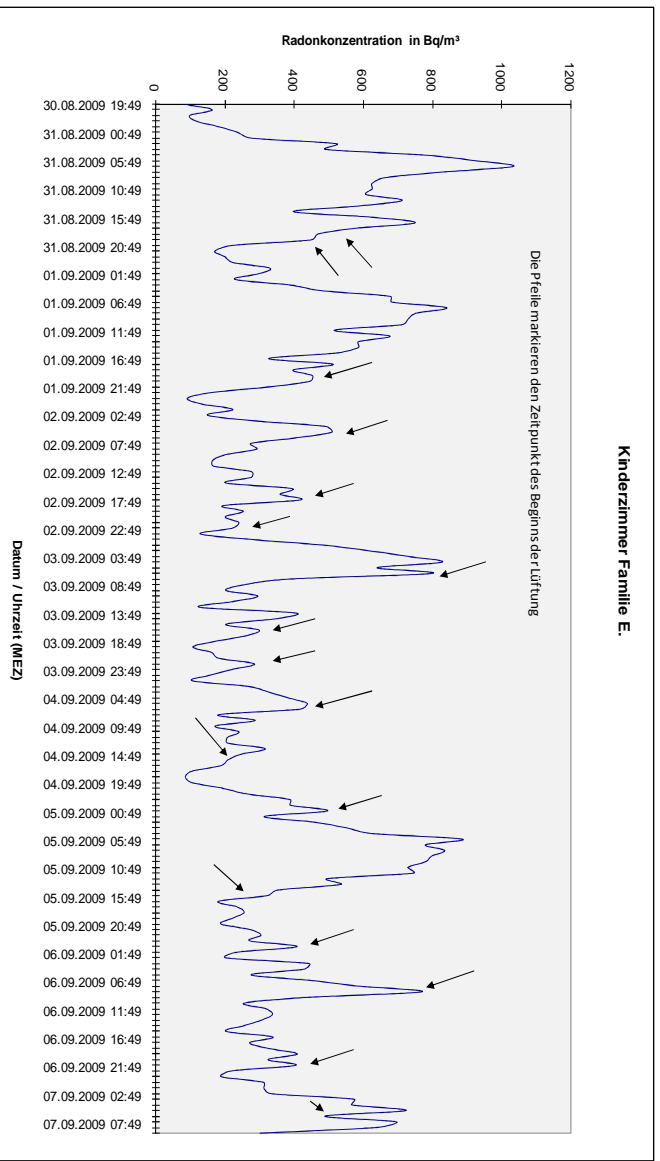
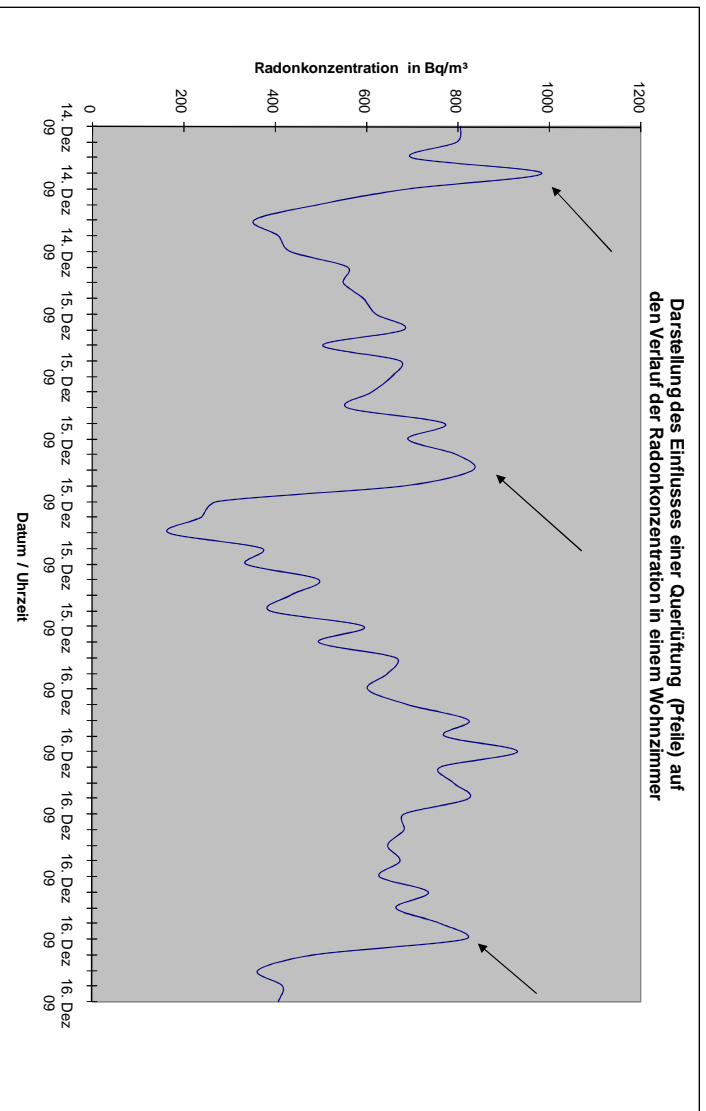
2.3 Radonmessungen zu Hause

Die bei den Experimentalvorträgen der Lehrveranstaltungen erworbenen Kenntnisse über Radonmessungen sollten von den Schülern im häuslichen Bereich nachvollzogen und bewertet werden. Dabei kam unterschiedliche Messtechnik zum Einsatz und das während der Schulexperimente entwickelte „Merkblatt Lüftungsverhalten“ (Anlage 1) wurde jedem Teilnehmer mit nach Hause gegeben, um die Eltern über den Effekt des Querlüftens zu informieren.

Die Messungen wurden zunächst gruppenweise mit dem elektronischen Messsystem RAMON 2.2, einem Langzeitmessgeräte mit Direktanzeige der Radonkonzentration, durchgeführt. Es zeigte sich jedoch, dass das regelmäßige Ablesen und schriftliche Erfassen der Daten nicht immer zuverlässig erfolgte. Deshalb wurde die Messmethode geändert.

In den weiteren Experimenten wurde mit einem RadonSCOUT-Messgerät für einen Zeitraum von jeweils einer Woche gemessen. Das Messgerät speichert die Daten automatisch und ist später auslesbar. Hier hatten die Schüler die Aufgabe, lediglich den Zeitraum zu notieren, an dem eine Querlüftung des betreffenden Zimmers stattfand. Die dokumentierten Zeitpunkte wurden im Diagramm mit einem Pfeil markiert. Beispiele:

Abb. 5: Beispiele zu Messergebnissen zu Radon in den Wohnungen der Schüler.
 Mit Pfeilen sind die Zeitpunkte von Querlüftungen gekennzeichnet



Diejenigen Schüler, bei denen die Einverständniserklärung der Eltern vorlag, erhielten zusätzlich passive Radondosimeter zur Ermittlung der Radonkonzentration in deren Wohnungen / Häusern über einen Zeitraum von etwa einem Monat.



Ziel dieser Messungen war es, exponierte Häuser zu ermitteln, um dann dort vor Ort Untersuchungen zur Ermittlung der Eindringpfade von Radon in die Gebäude durchzuführen und die Eltern im Beisein ihrer Kinder im persönlichen Gespräch hinsichtlich Möglichkeiten zur Senkung der Radonkonzentration zu beraten.

Jedem teilnehmenden Schüler wurden zu Beginn und zum Ende eines jeden Kurses drei Dosimeter ausgehändigt.

Abb.6: Beim Fördervorhaben eingesetztes passives Radondosimeter

Die Messergebnisse der Passivmessungen zeigten für einen Teil der ausgemessenen Wohnungen erhöhte Radonkonzentrationen. Allen Eltern, für deren Wohnungen erhöhte Werte gemessen wurden, wurde ein Beratungsgespräch angeboten. Leider war von den Betroffenen Familien nur ca. 50 % der Eltern bereit ein weiteres Beratungsgespräch mit den Referenten durchzuführen.

3. Handlungsempfehlungen

Damit die Ergebnisse des Projektes auch an anderen Schulen nachgenutzt werden können, wurden drei Handlungsempfehlungen erarbeitet zur Durchführung

- a) von Profilkursen Gymnasium mit dem Schwerpunkt Umweltradioaktivität und Radon,
- b) von Kursen an Mittelschulen und
- c) zur Gestaltung von Projekttagen zu diesem Thema.

Die Handlungsempfehlungen wurden von den Vertretern des SMUL, SMK und LfULG als gelungene Vorlagen für Lehrer bewertet, um weitere Kurse bzw. Unterrichtsstunden vorbereiten bzw. weiterführende Unterrichtsmaterialien erarbeiten zu können.

HINWEISE ZUR RICHTIGEN LÜFTUNG VON RÄUMEN

Seite 1

Warum muss ein Raum gelüftet werden:

- Durch die Nutzung eines Raumes wird an die Raumluft **Feuchte** und **Wärme** abgegeben. Eine erhöhte Raumluftfeuchte kann zu Folgeschäden, wie *feuchte Wände* und *Schimmelpilzbefall* führen. Die Durchfeuchtung der Wände verschlechtert zudem die Wärmedämmung der Konstruktionen. Sporen von Schimmelpilzen können zu gesundheitlichen Problemen führen.
- Aus den Baustoffen und Einrichtungsgegenständen, aber auch durch Undichtheiten der Gebäudehülle können **Schadstoffe**, u.a. auch **Radon**, eindringen und sich in der Raumluft anreichern.

ALLE DIESE ERSCHEINUNGEN ERFORDERN EINEN LUFTAUSTAUSCH, DEN SOGENANTEN LUFTWECHSEL

Wie hoch muss der Luftwechsel sein:

- Um eine gute Luftqualität in den Räumen zu erreichen, ist eine Luftwechselrate von mindesten **0,2 bis 0,5** erforderlich. Dieser Wert sagt aus, dass durchschnittlich 20 bis 50% der Raumluft in einer Stunde ausgetauscht werden muss.
- Diese aus der Bauklimatik bekannte Luftwechselzahl ist zumeist auch für die Reduzierung der Radonkonzentration in der Raumluft ausreichend – lediglich bei sehr hohen Radonbelastungen (über 1.000 Bq/m³) können größere Luftwechselraten erforderlich werden.

Wie erreiche ich den erforderlichen Luftwechsel:

- In **unsanierten Häusern** mit **alten Fenstern** ist über Undichtheiten der Fenster bereits ein hoher Luftwechsel vorhanden. Diese Art des Luftaustausches führt aber zu sehr hohen Energieverlusten und ist deshalb abzulehnen.
- In sanierten Häusern oder Neubauten mit **modernen, dichten Fenstern** kann der notwendige Luftwechsel durch Einbau von **Lüftungsanlagen** oder **Fensterlüftung** erreicht werden. Lüftungsanlagen mit Wärmetauscher stellen dabei die energetisch günstigste Möglichkeit dar, sind aber in der Anschaffung und im Betrieb teuer. Sie werden deshalb im heutigen Bauen vor allen Dingen in hochgedämmten Gebäuden (Passivhäusern) sowie Gebäuden mit besonders kritischen Situationen eingebaut.

HINWEISE ZUR RICHTIGEN LÜFTUNG VON RÄUMEN

Seite 2

Fensterlüftung und Energieverbrauch:

- Der Luftaustausch über die Fenster ist immer mit einem gewissen **Energieverlust** verbunden.
- Die Höhe der Energieverluste ist zum einen von der Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft abhängig, kann aber auch durch ein **richtiges Lüftungsverhalten** deutlich beeinflusst werden.
- Der **Mehrenergieverbrauch** durch Fensterlüftung liegt nach umfangreichen Untersuchungen bei Anwendung der **Stoßlüftung** zumeist **deutlich unter 5%!**

Stoß- und Dauerlüftung:

- Grundsätzlich sind zwei Arten der Lüftung möglich:
 - Stoßlüftung**: hier werden die Fenster weit und kurzzeitig geöffnet, und zwar solange, bis etwa die Raumluft vollständig ausgetauscht ist. Während der Lüftung sollten die Heizkörper abgedreht werden.
 - Dauerlüftung**: hier wird z.B. über eine Spaltlüftung (angekippte Fenster) der Luftaustausch realisiert.
- **Die Energieverluste sind bei Stoßlüftung deutlich geringer als bei Dauerlüftung!**

Hinweise zur richtigen Stoßlüftung:

- Die **Fenster** sind **weit** zu **öffnen**, sodass ein schneller Luftaustausch erfolgen kann, falls möglich, sollte eine **Querlüftung** erfolgen.
- Die **Dauer der Lüftung** ist in Abhängigkeit von der Außentemperatur zu wählen:
 - Winter** (hohe Temperaturdifferenz zwischen innen und außen): hier reichen im Allgemeinen bereits **zwei Minuten** zum vollständigen Luftwechsel.
 - Sommer** (geringe bis keine Temperaturdifferenz zwischen innen und außen): hier muss etwa **20 bis 25 Minuten** gelüftet werden, um einen vollständigen Luftwechsel zu erreichen.
 - Übergangszeit zwischen Sommer und Winter**: die Lüftungszeiten sind zwischen den Werten für Sommer und Winter abzustufen, je wärmer es draußen wird, um so länger ist zu lüften.
- Es sollte immer dann gelüftet werden, wenn in der **Raumluft hohe Feuchtebelastungen** vorliegen (z.B. im **Schlafräum** am Morgen, in der **Küche** nach dem Kochen, im **Bad** nach dem Duschen/Baden usw.)
- Für die **Reduzierung einer erhöhten Radonbelastung** sollte (unabhängig von der Feuchtebelastung der Luft) mindestens **dreimal am Tag** stoßgelüftet werden.