

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 107 (1989)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Raumlufthqualität und Lüftung in Schweizer Bauten  
**Autor:** Schlatter, Josef / Wanner, Hans-Urs  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-77073>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.01.2025

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

# Raumluftqualität und Lüftung in Schweizer Bauten

**Das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) hat kürzlich einen Bericht veröffentlicht mit Empfehlungen für Massnahmen zur Vermeidung von Raumluftverunreinigungen sowie für minimale Lüftungsraten. Dieser Bericht basiert auf den Ergebnissen des IEA-Projektes «Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, Annex IX, Minimum Ventilation Rates». Dabei handelt es sich nicht um eine Übersetzung des IEA-Berichtes, sondern es wurden die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen für die Bedürfnisse der Schweiz umgesetzt. Ferner wurden auch allgemeine Empfehlungen für eine möglichst optimale, energiesparende Lüftung gegeben. Die folgenden Ausführungen enthalten die für Architekten, Klimaingenieure und Betreiber von raumlufttechnischen Anlagen wichtigsten Kapitel des BEW-Berichtes.**

Dass Luftverunreinigungen für den Menschen schädlich sein können, ist schon seit langem bekannt. Belastun-

---

VON JOSEF SCHLATTER UND  
HANS-URS WANNER,  
ZÜRICH

---

gen durch Schadstoffe am Arbeitsplatz werden in der Gesetzgebung geregelt (MAK-Werte der SUVA). Für die Aussenluft sind für die wichtigsten Luftschadstoffe in der Luftreinhalteverordnung (LRV) Immissionsgrenzwerte erlassen worden, welche sich auf das Umweltschutzgesetz abstützen. Da die meisten Menschen sich bis zu 90% der Zeit in Innenräumen aufhalten, ist die Raumluftqualität besonders wichtig.

Insbesondere seit der Energiekrise im Jahre 1973 wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, um die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehüllen zu vermindern und dadurch Lüftungswärmeverluste zu verkleinern. Durch die erhöhte Dichtheit der Gebäudehülle erlangte die Akkumulation von Luftschadstoffen eine noch grössere Bedeutung. Die Akkumulation gewisser Schadstoffe lässt sich durch eine Begrenzung der Emission dieser Stoffe verhindern.

In der Schweiz sind für die Raumluftqualität keine allgemeingültigen gesetzlichen Regelungen vorhanden und dementsprechend gibt es auch keine verbindlichen Grenzwerte.

Für wenige Stoffe hat das Bundesamt für Gesundheitswesen in der Giftliste I Empfehlungen herausgegeben. So beispielsweise für Formaldehyd, wo aufgrund der toxikologischen Beurteilung empfohlen wird, dass in bewohnten Innen- und Aufenthaltsräumen die Raumluftkonzentration 0,2 ppm nicht

übersteigen darf. Dazu hat es im März 1987 auch Empfehlungen für den Nachweis und für Sanierungsmassnahmen bekanntgegeben.

Die Lüftung eines Raumes muss aus lufthygienischer Sicht so bemessen sein, dass folgende Anforderungen erfüllt sind: Keine Gefährdung der Gesundheit infolge Anreicherung von Schadstoffen, Sicherstellung einer den Komfortansprüchen genügenden Luftqualität und keine Schäden an Materialien infolge zu hoher Luftfeuchtigkeit.

Die detaillierten Grundlagen dazu, insbesondere auch die Auswirkungen von Raumluftverunreinigungen auf den Menschen, sind im IEA-Bericht sowie im BEW-Bericht «Raumluftqualität und Lüftung in Schweizer Bauten» zusammengestellt.

Aus Energiespargründen sollte nicht unnötig viel gelüftet werden. Kann das Auftreten einer Raumluftverunreinigung verhindert werden, so fällt eine dadurch bedingte Erhöhung des Luftwechsels dahin. Somit ist auch die Emissionsbegrenzung eine mögliche Strategie zur Energieeinsparung in Innenräumen.

Ist eine Emissionsbegrenzung nicht möglich, sind minimale Lüftungsraten notwendig. Diese stellen eine Optimierung zwischen den Forderungen zur Reduktion von Wärmeverlusten und den Forderungen zur Sicherstellung der aus gesundheitlicher Sicht unerlässlichen Aussenluftmengen dar.

---

## Quellen von Raumluftverunreinigungen

---

### Übersicht

Mögliche Quellen von Verunreinigungen der Raumluft sind neben der Aus-

senluft der Mensch (Kohlendioxid, Körpergerüche, Tabakrauch), Baustoffe, Möbelausstattungen, das Verbrennen von Gas zum Heizen und Kochen sowie die Anwendung von Haushaltprodukten (Tabelle 1).

Eine Gesamtbeurteilung der möglichen Verunreinigungen und deren Quellen und Folgen auf die Gesundheit zeigt, dass heute insbesondere die Abgabe von Schadstoffen durch feste Inneneinrichtungen sowie das Eindringen von Radon aus dem Untergrund vermehrt zu beachten ist. Solche Quellen führen zu einer kontinuierlichen Exposition des Menschen.

Die Konzentration eines Stoffes in der Raumluft ist im wesentlichen ein Gleichgewicht zwischen Emission (Quellenstärke) und Luftwechsel. In natürlich belüfteten Räumen wird der Luftwechsel eines Raumes bestimmt durch die Gebäudekonstruktion (Luftdurchlässigkeit, Grundriss), die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Aussen, die Windverhältnisse sowie das Verhalten der Benutzer.

Verunreinigungen der Raumluft sind wenn immer möglich durch Quellenbekämpfung zu verhindern und nicht durch Lüftungstechnische Massnahmen. Mit der Lüftung sollten in erster Linie die durch den Menschen abgegebenen Belastungen eliminiert werden. Dementsprechend richtet sich die erforderliche Aussenluftzufuhr nach der Belegung und Nutzung des Raumes.

### Feste Inneneinrichtungen und Gebäudematerialien

Schadstoffe, welche kontinuierlich von Gebäudematerialien und Inneneinrichtungen abgegeben werden, führen zu langandauernden Belastungen, denen der Bewohner zwangsweise ausgesetzt ist.

Ein wichtiger Stoff dieser Gruppe ist das radioaktive Edelgas Radon und seine Zerfallsprodukte. In der Schweiz gelangen diese hauptsächlich aus dem Bauuntergrund in die Raumluft, Baumaterialien haben hier eine untergeordnete Bedeutung. Radon und seine Zerfallsprodukte sind für einen erheblichen Teil der natürlichen Strahlenbelastung des Menschen verantwortlich.

Zu beachten ist auch Formaldehyd, das hauptsächlich durch Emissionen von Spanplatten, von Wärmedämmungen aus Formaldehyd-Harnstoff sowie von Klebstoffen in die Raumluft gelangt.

Inhaltsstoffe von Holzschutzmitteln, wie beispielsweise Pentachlorphenol

Quelle der Verunreinigung	Wichtigste Stoffe
<b>Aussenluft</b>	
Biosphäre	Pollen
Heizungen	Schwefeldioxid, Partikel, Kohlendioxid
Motorfahrzeuge	Stickoxide, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Partikel, Oxidantien wie Ozon
Industrie und Gewerbe	Kohlenwasserstoffe, Schwefeldioxid, Partikel, Stickoxide
<b>Mensch</b>	
Stoffwechsel	Kohlendioxid, Körpergerüche, Wasserdampf
Aktivitäten	Tabakrauch, Partikel, Reinigungsmittel, Sprays (Lösungsmittel, organische Verbindungen)
Kochen mit Gas	Stickoxide, Partikel, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid
<b>Gebäudematerialien und Einrichtungen</b>	
Spanplatten	Aldehyde (beispielsweise Formaldehyd)
Wärmedämmstoffe	organische Verbindungen, Aldehyde
Luftbefeuchter	Mikroorganismen (Pilzsporen, Bakterien)
Farbanstriche	Lösungsmittel, organische Verbindungen, Schwermetalle
Klebematerial	Lösungsmittel, Aldehyde
Gebäudehülle	Radon, Asbest, Holzschutzmittel
Untergrund	Radon

Tabelle 1. Übersicht über die wichtigsten Raumlftverunreinigungen und deren Quellen

(PCP), sind in beheizten Innenräumen in der Regel nicht notwendig und sollten demzufolge auch nicht verwendet werden. Zu dieser Gruppe von Stoffen gehören insbesondere auch organische Lösungsmittel (Teppichleim, Farbanstriche) sowie Asbest, welcher lange Zeit in Innenräumen wegen seiner günstigen chemisch-physikalischen Eigenschaften verwendet wurde.

### Individuelle Tätigkeiten

Im Gegensatz zu den Belastungen durch feste Inneneinrichtungen sind die Belastungen durch die individuellen Tätigkeiten vom Verhalten des einzelnen Raumbenutzers abhängig. Hier stehen weniger langandauernde Gleichgewichtskonzentrationen eines Schadstoffes im Vordergrund, dafür jedoch kurzzeitige Spitzenkonzentrationen, welche sich bei ungenügendem Luftaustausch ergeben. Verunreinigungen, die sich nicht vermeiden lassen, sind durch möglichst gezieltes Lüften zu beseitigen. Dies ist auch zur Elimination des durch den Menschen abgegebenen Kohlendioxids sowie von Körpergerüchen notwendig. Durch eine ausreichende Lüftung muss auch eine zu hohe Luftfeuchtigkeit (durch Schwitzen, Kochen, Waschen, Duschen) verhindert werden.

Eine der häufigsten Verunreinigungen ist Tabakrauch. Die wichtigsten darin enthaltenen Schadstoffe sind sehr feine Partikel, Aldehyde, Nitrosamine sowie Stickstoffoxide und Kohlenmonoxid.

Tabakrauch führt bei Nichtrauchern zu Belästigungen und Reizungen der

Augen und Atemwege. Bei Kindern treten vermehrt Erkrankungen der Atemorgane auf, und erhöhte gesundheitliche Gefährdung besteht bei Personen mit Asthma sowie bei Herz- und Kreislaufkranken. Möglicherweise ist auch das Risiko für Lungenkrebs erhöht.

Besonderer Beachtung bedarf auch die Luftqualität in Räumen mit Gasherden oder Gasdurchlauferhitzern ohne Kamin. Durch die hohen Brenntemperaturen entstehen Stickoxide, deren Konzentration in der Raumlft bei ungenügender Lüftung ein Mehrfaches des für die Aussenluft gültigen Immissionsgrenzwertes betragen kann.

Der Raumbenutzer sollte ferner an Emissionen denken, die er bei Tätigkeiten wie Reinigungsarbeiten im Haushaltbereich, Imprägnieren von Leder und Textilien oder bei der Anwendung von Pestiziden bei Zimmerpflanzen verursacht. Der Bastler sollte sich bewusst sein, dass sein Umgang mit Materialien zu gefährlichen Schadstoffkonzentrationen in der Raumlft führen kann, wenn er nicht auf eine genügende Lüftung achtet. Insbesondere muss vor einer unsachgemässen Anwendung von Chemikalien gewarnt werden.

In speziellen Räumen und Gebäuden wie Garagen und Spitälern (Inkubatoren, Operationssäle, Pathologie, Sterilisationsräume) müssen die Erbauer die spezifischen, durch die Benutzung bedingten Emissionen, berücksichtigen.

Zu beachten sind auch die Belastungen innerhalb von Personenwagen, wo der Aussenluft entsprechende Schadstoff-

konzentrationen auftreten (Strassenmitte): In Städten werden die Kurzzeit-Immissionsgrenzwerte der typischen, von Motorfahrzeugen emittierten Luftschadstoffe oft überschritten.

## Massnahmen

### Grundsätze

Belastungen der Raumlft durch Schadstoffe, die kontinuierlich von festen Inneneinrichtungen abgegeben werden, sind wenn immer möglich durch eine gezielte Quellenbekämpfung zu vermeiden – d.h. durch eine Begrenzung der Emissionen oder bei stationären, punktförmigen Quellen durch Absaugvorrichtungen. Dies ist insbesondere bei Neubauten und Sanierungen von Altbauten von Bedeutung; dazu sind Richtlinien oder Vorschriften notwendig.

Zur Beseitigung der vom Menschen und seinen Aktivitäten stammenden Belastungen ist eine ausreichende Lüftung mit einer ausreichenden Aussenluftzufuhr notwendig. Diese richtet sich nach der Belegung und Nutzung des Raumes sowie nach den akzeptierten Kriterien einer noch genügenden Luftqualität.

Eine genügende Luftzufuhr ist ebenfalls notwendig zur Vermeidung von Kondenswasserschäden infolge einer zu hohen Luftfeuchtigkeit.

Durch Lüften kann auch die Belastung mit Tabakrauch vermindert werden. Die dazu notwendigen Lüftungsraten richten sich nach den noch als zulässig erachteten Belastungen. Idealerweise sollte die Aussenluftzufuhr in Abhängigkeit der Quellenstärke der Verunreinigung durch Sensoren gesteuert werden. Bei natürlicher Fensterlüftung kann durch gezielte Stosslüftung ein unnötiges Auskühlen der Gebäude verhindert und damit Energie gespart werden. Einen Überblick über die im IEA-Schlussbericht empfohlenen Massnahmen gibt Tabelle 2.

### Quellenbekämpfung

#### Tabakrauch

Wendet man für die Festlegung von minimalen Lüftungsraten für Räume, in denen geraucht wird, die strengsten Kriterien an (keine Belästigung von Nichtrauchern, jedes Gesundheitsrisiko auch bei empfindlichsten Personen mit Sicherheit ausgeschlossen), so stellt man fest, dass diese Kriterien durch Lüftungsmassnahmen nicht erreicht werden können. In diesem Fall bleibt nur eine strikte Trennung von Rau-

chern und Nichtraucher. Eine Trennung im gleichen Raum durch sogenannte Nichtraucherdecken schützt nur vor Spitzenkonzentrationen von Tabakrauch im Blasfeld von Rauchern.

### Radon

Allgemeingültige Empfehlungen zur Vermeidung erhöhter Radonpegel in Innenräumen sind nicht möglich, da die physikalisch-chemischen Grundlagen komplex und von Fall zu Fall unterschiedlich sind. Winddruck, Ort und Ausmass von Rissen und Spalten der Gebäudehülle, Standort und Untergrundverhältnisse bestimmen mögliche Sanierungsmassnahmen wie erhöhte Raumbelüftung oder die Abdichtung von Rissen.

Ob ein erhöhter Luftwechsel Abhilfe schafft, muss vorläufig von Fall zu Fall abgeklärt werden. Eine erhöhte Raumbelüftung ohne vorangehende Abklärung kann unter Umständen zu einer Erhöhung des Radonpegels in Innenräumen führen (Ansaugen der Luft aus dem Untergrund). Bei Neubauten in Regionen mit kristallinem Untergrund kann eine Absaugung von Bodengasen in Betracht gezogen werden (Drainage). Eine nachträgliche Sanierung ist wesentlich schwieriger (und teurer).

### Formaldehyd

Emissionsarme Produkte sind in der Schweiz bereits im Handel (u.a. Spanplatten mit der Qualitätsbezeichnung «LIGNUM CH 10» mit einem maximalen Formaldehyd-Abgabepotential von 10 mg Formaldehyd pro 100 g Atro-Platte = «absolut trocken»): Bei Verwendung von solchen Platten (auch im Rohzustand, unbeschichtet) wird die Raumluft nur geringfügig belastet und bleibt unter einer Formaldehydkonzentration von 0,1 ppm (standardisierte Bedingungen: Plattenbelegung 1 m<sup>2</sup> pro m<sup>3</sup> Raumvolumen bei 231 °C, relative Feuchte 453%, Luftwechsel 1/h). Ein entsprechendes Produkt aus Deutschland ist ebenfalls erhältlich (Emissionsklasse «E1»).

### Stickstoffdioxid

Leistungsfähige Abluftanlagen sind hier einer Umluftanlage oder der Fensterlüftung vorzuziehen (Absaugen der Schadstoffe bei der Quelle). Bei dichten Gebäudehüllen ist an eine geführte Zu- und Abluft zu denken.

### Partikel und organische Substanzen

Die Massnahmen richten sich nach den Eigenschaften und Quellen der Schadstoffe. Allgemeine Empfehlungen für minimale Lüftungsraten zur Vermeidung von erhöhten Konzentrationen von organischen Stoffen und Partikeln

Verunreinigung	Bevorzugte Massnahme	Empfohlene Aussenluftzufuhr	Haupteffekte	Bemerkungen
Feuchtigkeit und Mikroorganismen	L	10–20 m <sup>3</sup> /h P	Kondenswasser-schäden	abhängig von Region und Jahreszeit zusätzliche Lüftung bei weiteren Feuchtequellen
Körpergeruch und Kohlendioxid	L	25–30 m <sup>3</sup> /h P 12–15 m <sup>3</sup> /h P	Belästigung	entsprechend: 0,1% Kohlendioxid 0,15% Kohlendioxid
Tabakrauch	Q	30–70 m <sup>3</sup> /h P	Reizwirkung, Belästigung	Abhängig von der Anzahl gerauchter Zigaretten/Stunde, ohne Berücksichtigung einer möglichen Lungenkrebsgefährdung
Radon	Q		Lungenkrebs	Massnahmen abhängig von der jeweiligen Situation
Formaldehyd	Q		Reizwirkung	Tumorgefährdung nur bei massiven Reizerscheinungen
Stickstoffdioxid	Q		Reizwirkung, Atemweg-erkrankungen	Abluftanlagen mit geführter Zu- und Abluft
Organische Substanzen und Partikel	Q		Gesundheitsschäden, Belästigung	Grosse Anzahl verschiedener Stoffe, jeder mit spezifischen Auswirkungen

L: Lüftung Q: Quellenbekämpfung P: Person h: Stunde

Tabelle 2. Im IEA-Schlussbericht empfohlene Massnahmen zur Verminderung beziehungsweise Vermeidung von Belastungen der Raumluft durch die verschiedenen Schadstoffe

in der Raumluft sind nicht sinnvoll. In erster Linie sind emissionsbegrenzende Massnahmen zu treffen, um so mehr, als in den meisten Fällen die Quellen der Raumluftverunreinigungen bekannt und vermeidbar sind.

Wie bereits erwähnt, fehlen zur Zeit noch Empfehlungen für Stoffe, die in Innenräumen angewendet werden können, ohne dass dabei gesundheitliche Risiken entstehen. Durch die nun in Kraft getretene Stoffverordnung, die auf dem Umweltschutzgesetz basiert, wurden aber einige problematische Stoffe eliminiert.

### Feuchtigkeit

Empfehlungen für die relative Feuchte sind in erster Linie von der Aussentemperatur abhängig. Wichtig ist die Feuchtigkeit in Neubauten und in unbeheizten Räumen während den Übergangszeiten, insbesondere im Herbst vor Beginn der Heizperiode.

Bei Aussentemperaturen über 0 °C ist die Lüftung wegen des geringen Feuchtegefälles zwischen innen und aussen weniger effizient als bei Minustemperaturen. Es ist daher sinnvoll, zwischen Winter und Übergangszeit zu unterscheiden. Bei örtlich und zeitlich begrenzter starker Feuchteproduktion (Duschen, Kochen) sollte die Feuchtig-

keit direkt nach aussen abgeführt werden, um die übrigen Räume nicht zu belasten.

Das Hinauszögern des Heizbeginns im Herbst erhöht das Schadenrisiko wesentlich. In Wohnungen mit geringer Wärmedämmung sollte deshalb der Heizbeginn vorverlegt werden. Das Temperieren einzelner Räume durch Abstellen der Heizung in diesen Räumen und Öffnen der Tür zur übrigen Wohnung sollte unterbleiben, da feuchtwarme Luft aus der Wohnung an die kühlen Wände des temperierten Raumes gelangt.

Werden für die Luftbefeuchtung Zerstäubergeräte oder Sprühanlagen verwendet, so ist auf eine einwandfreie Wartung der Befeuchteranlagen zu achten. Eine Besiedelung der Wasserreservoirs mit Mikroorganismen kann zu massiven Erhöhungen der Keimzahlen in der Raumluft führen. Ebenso können Kühlaggregate und Kühltürme von Klimaanlagen bei ungenügender Wartung Ursache mikrobieller Kontaminationen der Luft sein.

### Lüftung

In Räumen, in denen nicht geraucht wird, ist der massgebende Faktor für die Aussenluftzufuhr je nach Witterung entweder die Feuchtigkeit der

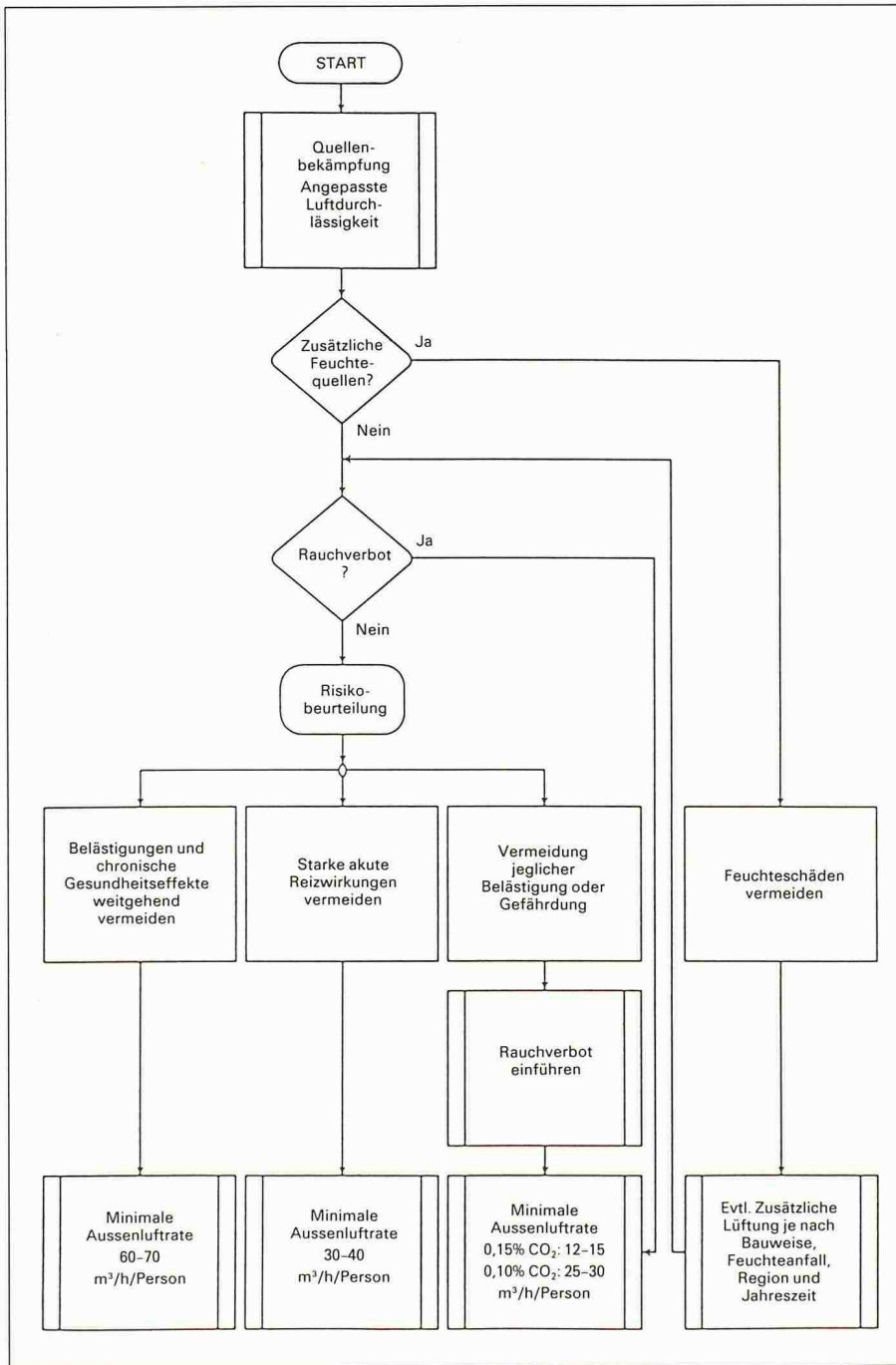


Bild 1. Massnahmen zur Sicherstellung der Raumluftqualität

Raumluft oder die durch den Menschen an die Raumluft abgegebenen Körpergerüche beziehungsweise das Kohlendioxid.

**Feuchtigkeit**

Wo die Begrenzung der Emission von Wasser in die Raumluft oder die direkte Ableitung der Feuchtigkeit nach aussen nicht möglich ist, ist eine minimale Luftzufuhr nötig. Ist der Mensch die alleinige Feuchtigkeitsquelle, dürften in der Regel 10–20 m<sup>3</sup> Aussenluft pro Person und Stunde genügen. Diese Aussenluftzufuhr ist ohnehin zur Beseitigung von Kohlendioxid und Körpergerüchen erforderlich. In den meisten Fällen, insbesondere im Wohnbereich,

werden jedoch noch weitere Feuchtigkeitsquellen vorhanden sein. Deshalb ist je nach Region und Aussentemperatur eine zusätzliche Lüftung erforderlich. Die gesamte Emissionsrate von Wasser in die Raumluft dürfte infolge der Abhängigkeit vom Benutzerverhalten stark variieren. Es ist daher nicht möglich, eine allgemeingültige minimale Lüftungsrate anzugeben.

**Kohlendioxid und Körpergerüche**

Als Index für Körpergerüche kann der Gehalt der Raumluft an Kohlendioxid herangezogen werden. Je nach dem akzeptierten Prozentsatz «Unzufriedener» wird die Aussenluftzufuhr unterschiedlich ausfallen. Legt man für die

Dimensionierung der Lüftung von Nichtraucherträumen einen absoluten Kohlendioxidgehalt von 0,1% (entsprechend einer Differenz von 0,06 bis 0,07% zwischen Innen- und Aussenluft) als Kriterium für Geruchsbelästigungen zu Grunde, so ist eine Aussenluftmenge mit 25–30 m<sup>3</sup>/h und Person erforderlich. Wird ein Kohlendioxidgehalt von 0,15% (entsprechend einer Differenz von 0,11–0,12%) als Richtgrösse verwendet, sind 12–15 m<sup>3</sup>/h und Person notwendig. Diese Luftmengen zur Einhaltung der Kohlendioxid-Konzentration von 0,1% beziehungsweise 0,15% basieren auf einer konventionellen Luftführung und können durch eine Optimierung der Luftführung reduziert werden.

Die minimale Aussenluftmenge von 12–15 m<sup>3</sup>/h und Person wird heute allgemein für Wohn- und Arbeitsräume empfohlen, da bei einem Kohlendioxidgehalt von 0,15% die Luftqualität von 85% der Rauminnsassen als genügend beurteilt wird.

Je grösser das pro Person verfügbare Raumvolumen ist, desto langsamer steigt bei gleichbleibender Aussenluftzufuhr der Kohlendioxidgehalt bis zur jeweiligen Gleichgewichtskonzentration an. In Räumen, in denen nicht geraucht wird, kann somit die Aussenluftzufuhr auch mittels Kohlendioxiddetektoren geregelt werden.

**Tabakrauch**

Will man bei Gesunden akute Reizwirkungen vermeiden, so kann dies mit lüftungstechnischen Massnahmen erreicht werden. Während in Nichtraucherträumen in der Regel 12–15 m<sup>3</sup> Aussenluft pro Stunde und Person genügen, ist in Räumen, in denen geraucht wird, etwa dreimal mehr Aussenluft notwendig um starke, akute Reizwirkungen zu vermeiden. Will man auch bei einer Mehrzahl der Personen Belästigungen vermeiden, ist etwa fünfmal mehr Aussenluft notwendig.

In grossen Räumen mit lüftungstechnischen Anlagen sollte die Belüftung von der Anzahl pro Stunde gerauchter Zigaretten abhängig gemacht werden. Dies kann aufgrund statistischer Überlegungen erfolgen: Wenn 40% der Bevölkerung Raucher sind und jeder Raucher pro Stunde durchschnittlich 1,5 Zigaretten raucht, so werden im Raum durchschnittlich pro Stunde und Person 0,6 Zigaretten abgeraucht.

Erfahrungsgemäss sind zur Vermeidung von akuten Reizwirkungen etwa 50 m<sup>3</sup> Aussenluft pro gerauchter Zigarette notwendig, zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen bei der Mehrzahl der Personen (80%) aber etwa 120

m<sup>3</sup> Aussenluft pro gerauchter Zigarette. Somit ist die Aussenluftzufuhr je nach gewähltem Kriterium mit 30–70 m<sup>3</sup> pro Stunde und Person zu bemessen.

Als Indikator der Belastung der Raumluft durch Tabakrauch kommen katalytisch arbeitende Luftqualitätsmesser in Frage, welche als Leitsubstanz das Kohlenmonoxid kontinuierlich erfassen. Mittels solcher Detektoren könnte der während des Rauchens erhöhte Aussenluftbedarf geregelt werden. Erste Erfahrungen mit solchen Systemen liegen vor.

### Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Aus dem IEA-Schlussbericht geht hervor, dass zur Einsparung von Energie ohne Beeinträchtigung der Luftqualität zwei Ansätze notwendig sind, nämlich Quellenbekämpfung und angepasste Aussenluftmengen. Für die Schweiz lassen sich folgende Empfehlungen ableiten:

#### Quellenbekämpfung

□ Raumluftverunreinigung durch Emissionen aus Inneneinrichtungen, Baumaterialien und Reinigungsarbeiten im Haushalt (Formaldehyd, organische Stoffe, Lösungsmittel) müssen durch Emissionsbegrenzung verhindert werden. Dazu sind Regelungen für Materialien, die in Innenräumen Anwendung finden, notwendig.

□ In verschiedenen Regionen sind Gasherde üblich. Hier ist in Küchen eine geführte Zu- und Abluft sicherzustellen.

□ Rauchverbote sind in Kinderzimmern, an Orten, wo sich kranke Personen aufhalten und in grossen öffentlichen Räumen mit natürlicher Lüftung einzuführen. In Wohnzimmern und anderen kleineren Räumen, wo sich Nichtraucher aufhalten, sollte nicht geraucht, das Rauchen mindestens aber eingeschränkt werden. Wo möglich, sollten Rauchsalons respektive Raucherbüros geschaffen werden. Andernfalls (beispielsweise in Restaurants oder Grossraumbüros) sollten zumindest Nichtrauchererecken eingeführt werden.

□ In alpinen Regionen ist Radon eine mögliche Raumluftverunreinigung. Da als Hauptquelle von Radon in Innenräumen in der Schweiz der Untergrund wichtig ist und weniger das Baumaterial oder das Brauchwasser, ist Radon besonders in Einfamilienhäusern (und untersten Stockwerken bei Mehrfamilienhäusern) dieser Regionen zu beachten.

□ Bei örtlich und zeitlich begrenzter starker Feuchteproduktion wie beim Duschen oder Kochen sollte die Feuchtigkeit direkt nach aussen abgeführt werden, um die übrigen Räume einer Wohnung nicht zu belasten.

#### Angepasste Aussenluftmengen

□ Ausser während der Übergangsjahreszeit und sofern nicht geraucht wird, ist die Abgabe von Körpergerüchen durch den Menschen der limitierende Faktor für die Lüftung. Je nach Komfortansprüchen beziehungsweise Kohlendioxidgehalt sind bei konventioneller Luftführung Aussenluftmengen von 12–15 m<sup>3</sup> pro Stunde und Person (0,15% CO<sub>2</sub>) oder 25–30 m<sup>3</sup> pro Stunde und Person (0,1% CO<sub>2</sub>) erforderlich.

□ In Räumen, in denen geraucht wird, ist die zur Vermeidung von akuten Reizerscheinungen oder Belästigungen notwendige Lüftungsrate ausschlaggebend (Feuchtigkeit und Körpergerüche spielen eine untergeordnete Rolle). Somit ist die Aussenluftzufuhr je nach gewähltem Kriterium mit 30–70 m<sup>3</sup> pro Stunde und Person zu bemessen. In grossen öffentlichen Räumen und grossen Büros mit Lüftungstechnischen Anlagen sollte die Belüftung von der Anzahl pro Stunde gerauchter Zigaretten abhängig gemacht werden.

□ In bezug auf die Innenluftfeuchtigkeit sind für den Grossteil der Gebäude und Wohnungen mit natürlicher Lüftung die Monate Oktober bis Mai besonders wichtig, da in dieser Zeit die Fenster normalerweise geschlossen bleiben. In den Monaten Oktober und November, also vor Beginn der eigentlichen Heizperiode, kann die Luftfeuchtigkeit der massgebende Faktor für die Lüftung sein, sofern neben dem Menschen noch weitere Feuchtigkeitsquellen vorhanden sind. Es ist hier nicht möglich, eine allgemein gültige minimale Lüftungsrate anzugeben.

□ Für die Lüftung in Gebäuden mit Fensterlüftung können zuhanden der Raumbenutzer folgende Empfehlungen gegeben werden («Faustregeln»):

- Spätestens wenn Fenster auf der Raumseite (Innenseite) anlaufen, muss gelüftet werden. Empfehlenswert ist auch eine Kontrolle der Luftfeuchtigkeit mit einem Hygrometer. Dieser gibt dem Bewohner den nötigen Hinweis, wann eine zusätzliche Lüftung des Raumes erforderlich ist.
- Feuchträume sollen während oder unmittelbar nach der Feuchtigkeitsproduktion durch Öffnen der Fenster oder durch Einschalten des Ventilators gelüftet werden.
- Wirksam lüften heisst: 2 bis 3 mal pro Tag (morgens, mittags, abends)

#### Literatur

- [1] Bundesamt für Energiewirtschaft: Raumluftqualität und Lüftung in Schweizer Bauten, Bericht zuhanden von Architekten und Lüftungsplanern, ausgearbeitet durch J. Schlatter und H.U. Wanner, unter Mitarbeit von J. Bühler, U. Steinemann und J. Blaich. BEW Schriftenreihe 44/1988, EDMZ, 3000 Bern.
- [2] Bundesamt für Gesundheitswesen: Formaldehyd in Innenräumen. Empfehlungen für den Nachweis und für Sanierungsmassnahmen (1986).
- [3] Bundesamt für Umweltschutz: Immissionsgrenzwerte für Luftschadstoffe. Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 52, Bern, Juni 1986.
- [4] Norm SIA 180 «Wärmeschutz im Hochbau». Schweizerischer Ingenieur und Architekten-Verein, Zürich (1988).
- [5] SIA 180 «Empfehlungen für Wärmeschutz im Hochbau». Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich (1970).
- [6] Trepte L., Warren P., Meyringer V. (Eds.): Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, Annex IX, Minimum Ventilation Rates. Final Report of working phases I and II, 1987. International Energy Agency. Stephanus Druck GmbH, Uhdlingen-Mühlhofen, Germany.
- [7] Trepte L. (Ed.) International Energy Agency, Minimum Ventilation Rates. Final Report of phase I. Stephanus Druck GmbH, Mühlhofen, Germany, 1983, p. 21–34. Weitere Literaturhinweise sind auf Anfrage beim Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich erhältlich.

während 5 bis höchstens 10 Minuten Fenster vollständig öffnen («Stosslüftung»). Besonders wirksam ist eine kurze Querlüftung («Durchzug»). Dadurch geht wenig Energie verloren, wird viel Feuchtigkeit abtransportiert, und die Wände, Decken und Böden kühlen kaum ab. Eine Dauerlüftung einzelner Räume, beispielsweise durch schräggestellte Fenster, kann einzelne Wandbereiche in Fensternähe unterkühlen und dadurch Feuchteschäden verursachen.

Adresse der Verfasser: Dr. sc. nat. J. Schlatter, Institut für Toxikologie der ETH und Universität Zürich, Schorenstrassr 16, 8603 Schwerzenbach, und Prof. Dr. sc. nat. H. U. Wanner, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.