



Energieeinsparung und Gesundheit – ein Widerspruch?

Im Forschungsprojekte „Auswirkungen energiesparender Maßnahmen im Wohnbau auf die Innenraumluft und Gesundheit“ wurden die Folgen der Veränderung von Luftqualität und Wohnklima im Zusammenhang mit energiesparenden Maßnahmen untersucht. Das Hauptaugenmerk lag darin, Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der NutzerInnen zu erfassen. Insbesondere war die Frage zu klären, welche Veränderungen in Passivhäusern eintreten, welchen Einfluss Lüftungstechnische Anlagen dabei haben und welche gesundheitlichen Effekte auftreten können.

Projektbeteiligte

Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt (ÄGU)
 Dr. Hans-Peter Hutter, Dr. Hanns Moshhammer, Dr. Peter Wallner
 Innenraum Mess- und Beratungsservice (IMB)
 DI Peter Tappler, DI Felix Twrdik
 Österreichisches Ökologie-Institut (ÖÖI)
 Dr. Erika Ganglberger, Mag. Susanne Geissler, Ing. Antonia Wenisch

Abiotische Luftverunreinigungen, Bioaerosole

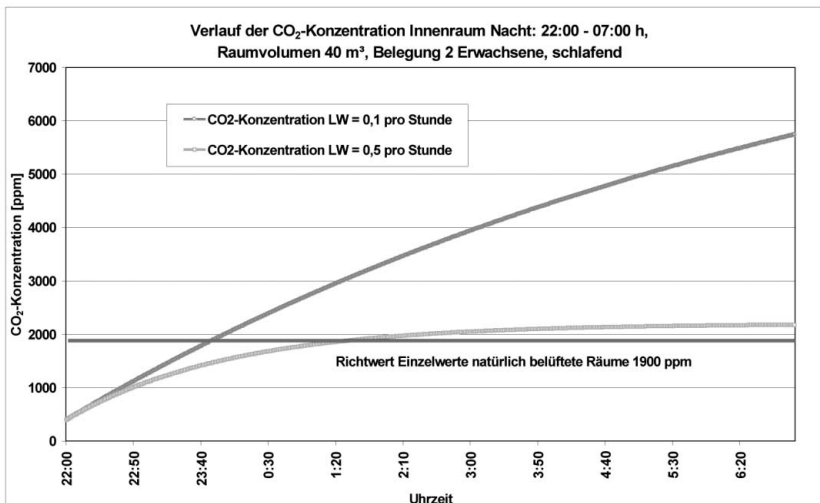
Sowohl von Verhalten und Lebensweise der Personen aber auch von Eigenschaften des Gebäudes abhängig, treten in Wohnräumen abiotische Luftverunreinigungen wie organische Verbindungen, Formaldehyd oder Radon sowie biogene Luftverunreinigungen auf: Ihre Konzentration hängt unter anderem von den verwendeten Materialien der Innenausstattung, den verwendeten Haushaltsprodukten, der Jahreszeit (Pollenflug), Hygienefaktoren, (Luft)Feuchte und Haustierhaltung ab. Häufige Bioaerosolbestandteile sind: Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Pilze, Protozoen), pflanzliche Strukturen (Blütenpollen, Samen etc.), Fragmente und Ausscheidungsprodukte von Tieren (Haare, Hautschuppen, Kotballen von Milben etc.) sowie biogene Produkte und Zellwandbestandteile (Endotoxine, Mykotoxine, β -1,3-Glucane,

MVOC). Sowohl Mikroorganismen, pflanzliche Strukturen als auch Fragmente und Ausscheidungsprodukte von Tieren können potente Allergene sein. Abiotische Innenraumschadstoffe wirken in der Regel nicht primär allergen, sondern fördern vielmehr allergische Reaktionen.

Der Bericht analysiert die gesundheitlichen Auswirkungen von abiotischen Luftverunreinigungen und Bioaerosolen in der Raumluft. Die Häufigkeit des Lüftens und die Abdichtung von Wohnungen/Häusern beeinflussen nicht nur die Schadstoff-, sondern auch die Allergenkonzentration in der Wohnung .

Wichtig ist, durch sorgsames ökologisches Bauen, entsprechende Wahl der Einrichtung, gesundheitsbewusstes Verhalten (Verzicht aufs Rauchen oder den Einsatz von Duftstoffen in Innenräumen) etc. die Schadstoffbelastung möglichst gering zu halten.

Abb. 1: Veränderung der Konzentration an CO₂ in den Nachtstunden durch die Reduktion des Luftwechsels von 0,5 auf 0,1 h⁻¹ durch Einbau dichter Fenster, geschlossene Innentüre, Berechnung mittels CO₂-Berechnungstool (Amt der OÖ Landesregierung 2003)



Energiesparende Maßnahmen und Luftverunreinigungen

Energiesparende Maßnahmen im Altbestand sind in der Regel mit einer deutlichen Verringerung des Luftwechsels und entsprechend erhöhter Schadstoffkonzentration aus Quellen im Innenraum verbunden. Bei natürlich belüfteten Gebäuden und gekippten Fenstern liegt der schadstoffäquivalente deutlich unter dem energieäquivalenten Luftwechsel. Bei Stoßlüftung verbessert sich das Verhältnis etwas. Dem verstärkten Lüften sind enge Grenzen gesetzt, dies gilt vor allem in den Nacht-



stunden und/oder im Nahbereich von Lärmquellen. Andererseits verringert sich bei dichten Fenstern und Türen der Eintrag von Schadstoffen aus der Umgebung. Das gilt gleichermaßen für Pollen und Staub, wie auch für anorganische Substanzen (NO₂, O₃) aus der Außenluft.

Bessere Belüftung von Räumen führt zu signifikanter Verbesserung der subjektiven Einschätzung der Luftqualität, zur Reduktion von Beschwerden und zur Steigerung der Leistungsfähigkeit. Neueste Ergebnisse von Untersuchungen an mechanisch belüfteten Einfamilienhäusern in Kanada und Deutschland bestätigen die Einschätzung, dass Lüftungsanlagen im Vergleich zu natürlich belüfteten Gebäuden eher positive als negative gesundheitliche Auswirkungen haben. Die Radonkonzentration ist durch den effektiveren Luftaustausch in den Passivhäusern eher niedriger als in den Vergleichsobjekten. Hinsichtlich der Schadstoffkonzentration zeigt sich, dass die extrem hohen Werte während der Bauphase innerhalb weniger Monate nach dem Bezug der Wohnungen deutlich reduziert werden konnten. Die Schadstoffkonzentrationen liegen deutlich unter denen von Häusern ohne Lüftungsanlagen, in denen dieselben Baustoffe eingesetzt wurden. Auch hinsichtlich mikrobieller Belastungen zeigten sich geringere Keimzahlen.

Eine geeignete Filterung der Außenluft, wie sie bei aufwändigen kontrollierten Wohnraumbelüftungsanlagen üblich ist, bewirkt eine Reduktion vor allem saisonaler Allergene sowie biogener Luftverunreinigungen und Stäube (Feinstäube) aus der Außenluft. Durch geeignete Filter können Beschwerden von AllergikerInnen weitgehend vermieden werden. Dieser Vorteil entfällt bei einfacheren Lüftungstechnischen Anlagen (Abluftanlagen mit in der Regel einzelnen, raumbezogenen, passiven Außenlufteinlässen).

Die Hygiene-Hypothese

Die vorliegende Arbeit befasst sich auch mit der Frage, ob die Reduktion der Allergen- und Keimexposition aufgrund der Filterung der Außenluft bei kontrollierten Wohnraumbelüftungsanlagen für Kinder ein gesundheitliches Risiko darstellen könnte, da als eine Ursache für die stark gestiegene Häufigkeit von Allergien eine gesteigerte Sauberkeit (Hygiene-Hypothese) diskutiert wird – dies gilt besonders für die frühe Kindheit. Der Bericht zitiert die unterschiedlichen Ergebnisse verschiedener Studien zum Thema „Hygiene-Hypothese“. In Hinblick auf kontrollierte Wohnraumbelüftungsanlagen können derzeit keine Empfehlungen bezüglich der Primärprävention von Allergien gegeben werden. Für das Training des unreifen Immunsystems und die Reduktion des Allergierisikos spielen jedoch wahrscheinlich andere Expositionsquellen eine wichtigere Rolle als die Einatmung von Außenluftkeimen.

Im späteren Leben und insbesondere für den bereits sensibilisierten Patienten stellt sich die Situation ganz anders dar: Minderung der Allergenbelastung und Meidung von schleimhautreizenden Einflüssen, wozu auch bestimmte Keime zählen, sind für ihn geboten.

Abbildung 2–4: Gegenüberstellung von unterschiedlichen Formen der Belüftung (Schnieders 2003b).

Der „nominale Luftwechsel“ ist der Quotient aus Luftmassenstrom und Luftmasse im Raum.

Der „schadstoffäquivalente Luftwechsel“ ist definiert durch den Luftwechsel, der bei einer vollständigen Durchmischung zum gleichen Schadstoffabtransport führt wie der Lüftungsvorgang, der tatsächlich stattgefunden hat.

Der „energieäquivalente Luftwechsel“ stellt ein Maß für den Aufwand dar, der zur Erwärmung der Raumluft betrieben werden muss. Diese Größe stellt den reinen Außenluftwechsel dar, der zum gleichen Energieverlust führt, als wenn die Fortluft bei Raumtemperatur abgeführt würde.

Abb. 2: Luftwechsel bei natürlich belüftetem Gebäude, Fenster dreimal täglich für 2 - 3 Stunden gekippt

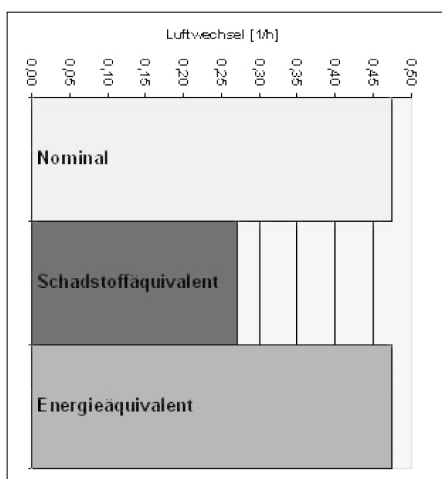


Abb. 3: Luftwechsel bei natürlich belüftetem Gebäude, Fenster viermal täglich für 5 Minuten Stoßlüftung

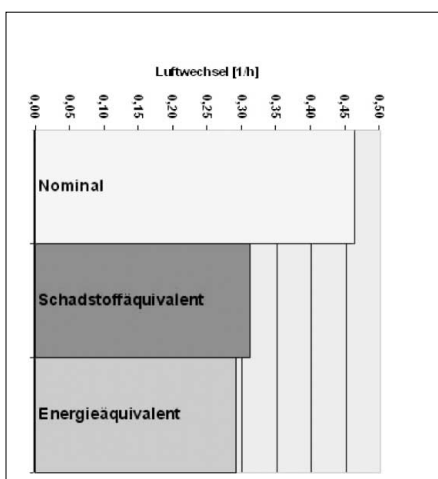
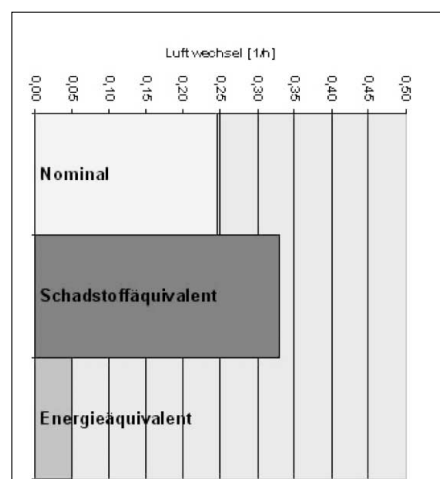


Abb. 4: Luftwechsel bei kontrollierter Belüftungsanlage. Der schadstoffäquivalente Luftwechsel, der nur auf die Zuluftzonen bezogen ist, ist größer als der nominale Luftwechsel, beide sind, wie aufgrund der Wärmerückgewinnung zu erwarten ist, wesentlich größer als der energieäquivalente Luftwechsel.



Fortsetzung von Seite 25

Verunreinigung des Lüftungssystems

Bei kontrollierten Wohnraumbelüftungsanlagen ist die Zuluft bei korrekter Ausführung und entsprechender Filterung im Vergleich zur Außenluft wesentlich geringer mit Bioaerosolen (Schimmelpilzsporen, Pollen) und Staub belastet. Keim- und par-

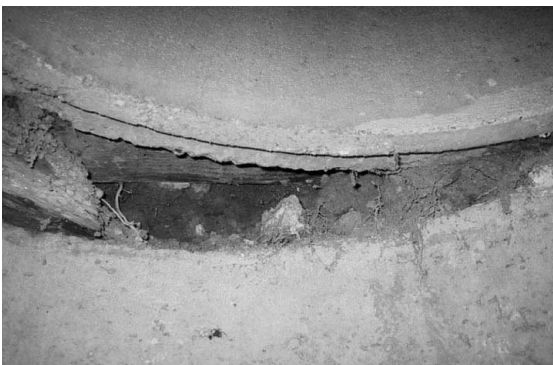
Abb. 5: Anordnung des Außenluftdurchlasses eines LEWT unmittelbar neben Vegetation (Tappler 2005)



Abb. 6: Nicht fachgerechte Ausführung des Anschlusses des gerippten Rohres eines LEWT an die Verrohrung zum Lüftungsgerät im Keller eines Einfamilienhauses (Tappler 2005)



Abb. 7: Unsachgemäße Ausführung der Betonrohre in einem LEWT – Eintritt von Bodenmaterial (Twrđik 2005)



tikelarme Zuluft erfordert regelmäßige Wartung der Anlage, inklusive Hygienekontrollen und regelmäßigen Wechsel der Filter. Schlecht geplante oder unzureichende Lüftungstechnische Anlagen stellen hingegen selbst eine Quelle der Luftverunreinigung dar. Kritische Stellen hierbei sind: Die Außenluftansaugung, der Luft-Erdwärmetauscher (falls vorhanden), die Zuluftfilter, das Luftleitungsnetz. Der Bericht behandelt die möglichen Probleme an den kritischen Punkten und diskutiert Abhilfemaßnahmen.

Radon

Neue gesamteuropäische Studien belegen, dass das Lungenkrebsrisiko durch Radon in der Raumluft bisher unterschätzt wurde. Eine Absenkung von Grenz- und Richtwerten auf einen Maximalwert von 100 Bq/m^3 wird diskutiert. Deutschland bereitet dazu ein neues Radonschutzgesetz vor, auch in Österreich sollten entsprechende Änderungen der Regelwerke vorgenommen werden. Energiesparende Maßnahmen haben wesentlichen Einfluss auf die Radonkonzentration, die sich im Innenraum einstellt. Insbesondere in Gegenden mit hoher Radongaskonzentration in der Bodenluft ist darauf zu achten. In diesen Regionen ist sicherzustellen, dass nach Fenstersanierung ein ausreichender Luftwechsel gewährleistet ist. Bei Lüfterdärmwärmetauschern sind undichte Stellen ebenso zu vermeiden wie Unterdruck im Rohrsystem. Dasselbe gilt für Unterdruck im Haus bei einfachen Lüftungsanlagen.

Luftfeuchte

Die Luftfeuchtigkeit ist ein wichtiger grundlegender Parameter. Ein Mangel an Luftfeuchtigkeit trocknet die Schleimhäute aus, erleichtert die Staubbildung (was u.a. das Gefühl der Lufttrockenheit verstärkt) und erhöht beispielsweise die Anfälligkeit für Infektionen. Zu hohe relative Luftfeuchtigkeit begünstigt das Auftreten von Schimmelpilzen sowie das Milbenwachstum und wird vom Menschen als unbehaglich empfunden. Der Bericht beschreibt verschiedene gesundheitliche Auswirkungen zu feuchter bzw. zu trockener Raumluft. Im Allgemeinen ist eine relative Luftfeuchtigkeit im Bereich von 40 bis 60% im Wohnbereich anzustreben. Im Bereich über 70% sind Kondensationserscheinungen möglich. Obwohl sehr trockene Luft zum Austrocknen der Schleimhäute führt, ist eine strikte Trennung physikalischer Faktoren von chemischen Luftverunreinigungen hinsichtlich ihres Beitrages in der Entwicklung gesundheitlicher Symptome nur eingeschränkt möglich. Vermutlich wirkt sich trockene Luft bei Anwesenheit erhöhter Konzentrationen an Raumluftverunreinigungen wesentlich stärker gesundheitlich nachteilig aus.



Wohnungen in Gebäuden ohne Lüftungstechnische Anlagen werden nach Fenstersanierung gegenüber dem ursprünglichen Zustand in der Regel höhere relative Luftfeuchtigkeit aufweisen. Ein verändertes Wohnverhalten kann verhindern, dass zu hohe relative Luftfeuchtigkeit auftritt. Wegen möglicher Schimmelbildung ist bei der Sanierung speziell auf die Vermeidung von Wärmebrücken zu achten.

Bei Klimaanlage wird die Luftfeuchtigkeit automatisch über Befeuchteranlagen geregelt, bei Lüftungstechnischen Anlagen in Wohnhäusern ist dies jedoch nicht der Fall. In der kalten Jahreszeit kann die in die Räume einströmende Außenluft, nachdem sie aufgewärmt wird, sehr niedrige Luftfeuchtigkeit aufweisen. Im Gegensatz zu natürlich belüfteten Häusern ist daher im Durchschnitt bei Gebäuden mit Lüftungstechnischen Anlagen eine signifikant niedrigere Luftfeuchte zu erwarten. Um dieses Problem zu umgehen, werden seit kurzem für kleinere Lüftungsanlagen Speichermassen-wärmetauscher zur Erhöhung der relativen Luftfeuchte angeboten. Vorerst sind mit diesem System nur wenige Erfahrungen in hygienischer Hinsicht vorhanden. Diskutiert werden auch andere Maßnahmen zur Luftbefeuchtung (manuelle Regelung, Zimmerpflanzen).

Luftionen

Lüftungsanlagen werden zum Teil kritisch betrachtet, da man einen negativen Einfluss auf die Luftionenkonzentration bzw. das Verhältnis von positiven zu negativen Ionen befürchtet. Für viele Autoren gilt ein Überschuss an negativen Kleinionen als vorteilhaft für Befinden, Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Luftqualität, während positive Ionen ungünstige Eigenschaften besitzen sollen. Früher wurde ein Überhang von positiven Ionen bei Föhn vermutet, umfangreiche Messungen im Alpengebiet konnten dies allerdings nicht bestätigen.

Auch in Aufenthaltsräumen wird die veränderte Ionenkonzentration als Ursache von Beschwerden angesehen. Die wissenschaftliche Behandlung der Problemstellung Luftionen und Gesundheit ist spärlich, insbesondere was aktuelle Arbeiten angeht. Einige Studien der letzten Jahre fanden positive Wirkungen von negativen Ionen wie die Verminderung des Stresses bei Arbeiten am Computer oder eine antidepressive Wirkung bei Patienten mit Herbst-Winter-Depression. Im Projekt wurden auf Grund der dürftigen Datenlage zusätzlich Experten-Interviews geführt.

Technische Ionenquellen im Raum werden von den meisten unabhängigen Experten eher als ein Schritt in die falsche Richtung angesehen, da die Ionenverteilung einer technischen Ionenquelle stark von der Ionenverteilung der Außenluft abweicht. Da manche Autoren bereits geringen Abweichungen vom normalen Verhältnis eine biolo-

gische Bedeutung zuzumessen, müsste aus deren Sicht die künstliche Raumluftionisation als extrem unphysiologisch gelten. Von Herstellerfirmen gelobte Ionisatoren sind daher nicht dazu geeignet „natürliche“ luftelektrische Idealbedingungen zu schaffen. Eine Erklärung für die Beliebtheit von Ionisatoren lautet, dass sie Ozon produzieren und dadurch unangenehme Gerüche vermindern. Als positive Wirkung wird das Abscheiden ionisierter Aerosole aus der Raumluft aufgrund der elektrischen Raumladung angeführt.

Es ist unklar ob kontrollierte Wohnraumbelüftungsanlagen durch lange Rohrleitungen und technische Einbauten wie Luftfilter einen Einfluss auf die Luftionenkonzentration (Mangel an negativen Ionen) im Raum haben. Eine Pilotstudie, die allerdings nur in einigen Passivhäusern durchgeführt wurde, konnte keine Unterschiede in der Ionenkonzentration gegenüber üblicherweise in natürlich belüfteten Räumen gemessenen Konzentrationen ausmachen.

Sensoren

Der Einsatz von Sensoren dient vor allem zur Steuerung Lüftungstechnischer Anlagen sowie zur Anzeige zu hoher Schadstoffkonzentrationen. Als Indikator für anthropogene (vom Menschen produzierte) Luftverunreinigungen eignet sich am ehesten die Konzentration an CO₂. Hochwertige Sensoren für CO₂ auf Infrarotbasis sind schon seit längerem am Markt und weisen eine geringe Quempfindlichkeit gegenüber anderen Luftverunreinigungen auf.

Bestrebungen zur Entwicklung eines Gassensors, der die gesamte Belastungssituation des Menschen in Innenräumen unter Berücksichtigung seiner spezifischen Empfindlichkeit auf einzelne Substanzen erfasst, steht entgegen, dass strukturell ähnliche Substanzen, die sich mit einfachen Messmethoden praktisch nicht unterscheiden lassen, in ihrer gesundheitlichen Wirkung auf den Menschen stark differieren können.

Zur Steuerung von Lüftungsanlagen werden vor allem Sensoren für CO₂ und Sensoren zur Messung der Luftfeuchtigkeit verwendet. CO₂-Sensoren sind aufwändiger und teurer. Die Entwicklung bei kleineren Anlagen geht daher eher in die Richtung einfach zu installierender und wartungsfreier Sensoren wie Luftfeuchtesensoren.

Auswirkungen energiesparender Maßnahmen im Wohnbau auf die Innenraumluftqualität und Gesundheit

Veränderungen der Innenraumluftqualität im Zusammenhang mit energiesparenden Maßnahmen im Wohnbau und ihre Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit: Bestimmung von Handlungsbedarf auf der Basis von Forschungsergebnissen und Erfahrungsberichten. Endbericht, Juni 2005

Der Endbericht des vom BMWA finanzierten Forschungsprojektes ist auf www.ecology.at/files/projekt/innenraumluft_u_gesundheit.pdf und auf www.green-site.at abrufbar.

Abb. 8: Eine Neuentwicklung aus Österreich (Lüftungsampel) setzt einen hochwertigen CO₂-Sensor zur Konzentrationsmessung ein. Mit Hilfe der angezeigten Messwerte kann der Nutzer gegebenenfalls die Leistung der Lüftungsanlage verändern. Dieser Sensor, der ursprünglich für Schulräume konzipiert wurde, würde sich, etwas adaptiert, auch für den Einsatz in Wohnräumen eignen.

