

Tagungsband



# Lüft!

**Haustechniksysteme, Energieeffizienz,  
Innenraumluft, Behaglichkeit**

**BauZ!**

Wiener Kongress für  
zukunftsfähiges Bauen

16.–17. Februar 2012  
Messezentrum Wien

IBO Verlag

ecoplus. öffnet netzwerke, stärkt kooperationen.



Der ecoplus Bau.Energie.Umwelt Cluster Niederösterreich steht für Althausanierung auf Niedrigenergiehausstandard, mehrgeschossiger Neubau in Passivhausqualität, Wohnkomfort und gesundes Innenraumklima. Die Aktivitäten werden schrittweise um die Themenfelder „Erneuerbare Energie“ und „Energieeffizienz“ ausgeweitet. Der Cluster ist Wirtschaftsdrehscheibe und Netzwerk für Unternehmen, Professionisten, Wirtschaft, Forschung, Innovation und Kooperation.

[www.bauenergieumwelt.at](http://www.bauenergieumwelt.at) | [www.ecoplus.at](http://www.ecoplus.at)

ecoplus. Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH, Niederösterreichring 2, Haus A, 3100 St. Pölten

Raiffeisen  
Meine Bank



Das Programm Cluster Niederösterreich wird mit EU-Mitteln aus dem Europäischen Fonds für Regionalentwicklung (EFRE) kofinanziert.



## Hygiene in Lüftungs- und Klimaanlage

**Komfortlüftungs-Check, Hygieneuntersuchungen  
nach VDI 6022, Tracergasmessungen**

Das Innenraum Mess- und Beratungsservice des Österreichischen Institutes für Bauen und Ökologie führt seit über 20 Jahren in ganz Österreich Hygiene-Messungen an Lüftungsanlagen, Raumklimauntersuchungen und sachverständige Bewertungen durch.

Referenzen (Auszug):  
Bundeskriminalamt (BIG)  
Niederländische Botschaft  
Landeskrankenhaus Tulln  
Liebherr Hausgeräte GmbH (Lienz)  
OMV-Zentrale (Wien)  
Bauvorhaben Peek & Cloppenburg (Wien)  
Raiffeisenfiliale Murau  
Hofer KG  
ic-Consultanten

2011: 60 private EF-Häuser/ Wohnungen

**Neu in ganz Österreich:  
Komfortlüftungs-Check**  
Prüfung der Luftmengen,  
Hygiene und Effizienz von  
Wohnraumlüftungsanlagen  
nach den Komfortlüftungs-  
Kriterien!

[www.komfortlüftung.at](http://www.komfortlüftung.at)



Wir beantworten gerne Ihre Fragen, lassen Sie sich ein kostenfreies Angebot erstellen!

tel 01-983 80 80  
fax 01-983 80 80-15

[office@innenraumanalytik.at](mailto:office@innenraumanalytik.at)  
[www.innenraumanalytik.at](http://www.innenraumanalytik.at)

# Tagungsband

## Lüft!

Lüftungs- und Haustechniksysteme, Energieeffizienz, Innenraumluft, Behaglichkeit

**BauZ!**

Wiener Kongress für  
zukunftsfähiges Bauen

16.–17. Februar 2012  
MessezentrumWien

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funk-sendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Die Inhalte der Referate stellen ausnahmslos die persönliche Meinung der ReferentInnen dar. Eine Instituts-Meinung oder -Empfehlung kann nicht zwingend abgeleitet werden. Der Herausgeber weist darauf hin, dass bei Drucklegung dieses Tagungsbandes nicht alle Beiträge vorlagen. Für die Inhalte und die Bildrechte zeichnen die jeweiligen Verfassenden verantwortlich.

© 2012 IBO-Verlag, Wien

Printed in Austria

Redaktion: Barbara Bauer, Veronika Huemer Kals, Barbara Niedermann; IBO

Layout und Gestaltung: Ulla Unzeitig, Gerhard Enzenberger; IBO

Druck: gugler cross media, Melk

Klimaneutral gedruckt mit Pflanzenfarben auf Desistar

ISBN 978-3-900403-41-6

## Vorwort



### Muss über gute Luft überhaupt diskutiert werden?

Gute Luft in Innenräumen stellt eine Grundvoraussetzung für Gesundheit und Wohlbefinden dar. Dieses Erkenntnis steht allerdings vielfach in krassem Gegensatz zur Realität.

Das IBO führt seit beinahe 30 Jahren Innenraumluftuntersuchungen durch und muss immer wieder feststellen, dass die Raumluft in vielen Fällen nicht nur nicht gut, sondern sogar gesundheitsbelastend ist.

Die wichtigsten „Schadstoffe“ in der Raumluft sind Schimmelsporen, Lösemittel (VOC), Formaldehyd, Feinstaub, Pestizide oder Radon. Wir sind einem regelrechten Chemikalien-Cocktail ausgesetzt. Die Schadstoffquellen sind vielfältig und meist im Raum selbst vorhanden. Viele der Schadstoffquellen sind vermeidbar – hier ist vor allem die richtige Baustoffwahl oder bewusster Einsatz von Reinigungsmitteln zu erwähnen. Andere Quellen sind „unvermeidbar“ und durch die Nutzung bedingt. Diese „Schadstoffe“ müssen abgelüftet werden.

Zum Glück weist die Außenluft im Allgemeinen eine deutlich geringere Schadstoffkonzentration auf. Dies gilt auch für städtische Gebiete. Lüften hilft also (fast) immer, um für gute Luft in Räumen zu sorgen.

### Wo liegen die Probleme?

1. Mit dem Lüften geht Wärme verloren! In einem Niedrigenergiehaus ohne besondere technische Maßnahmen gehen etwa 30 % des Heizwärmedarfs auf Lüftungsverluste zurück. Die zukünftig vorgesehenen Zielwerte für die Energieeffizienz von Gebäuden werden damit ohne technische Maßnahmen nicht mehr einzuhalten sein.
2. Die erforderliche Frischluft kann durch die dichte Gebäudehülle nicht „automatisch“ bzw. unkontrolliert nachströmen. Dadurch wird bewusstes Lüften in Abhängigkeit der Nutzungsintensität erforderlich. Wer weiß aber schon, wie viel frische Luft erforderlich ist bzw. wann zu wenig, zu viel oder gerade richtig gelüftet wird?
3. Wir leben in immer dichter besiedelten Räumen. Der Lärmpegel steigt, das Ruhebedürfnis nimmt zu. Fensterlüftung steht hierzu im Widerspruch. Oft heißt die Wahl schlechte Luft oder Lärm.

Eine Veranstaltung von:



IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie  
1090 Wien, Alserbachstraße 5/8  
fon: +43 (1)319 20 05-0,  
email: kongress@ibo.at, www.ibo.at

in Kooperation mit:



4. Allergien sind im Vormarsch. Man nimmt an, dass Allergene (zB. Pollen) durch die Kombination mit Luftschadstoffen an Aggressivität zunehmen. Vielen Menschen hilft bei starken Pollenbelastungen nur mehr der Rückzug in geschlossene Räume. An erholsamen Schlaf ist nur bei geschlossenen Fenstern zu denken.

Die logische Konsequenz sind technische Lüftungsanlagen mit einer effizienten Wärmerückgewinnung. In Kombination mit einer vernünftigen Mess- und Regelungstechnik können die Anforderungen erfüllt werden. Dabei wird Energie eingespart und Komfort gewonnen. Wie kann es hier also Diskussionen um den Einsatz von Lüftungsanlagen in Wohn- oder Arbeitsstätten geben?

### **In der Praxis tut sich mancher mit Komfortlüftungen schwer!**

In der Praxis gibt es Probleme. Diese beruhen vor allem auf schlecht dimensionierten oder falsch eingestellten Lüftungsanlagen. Eine den tatsächlichen Anforderungen nicht gerecht werdende Normung ist Teil der Problematik. Falsch verstandenes Wirtschaftlichkeitsdenken ein weiterer Aspekt.

**Zu laut! Zu trockene Luft! Zu hoher Strombedarf! Geringe Einsparung! Schlecht gewartet!**

Oft werden Komfortlüftungen vor allem aus Energie- und Kostenspargedanken geplant und eingesetzt. Lüftungen sind aber vor allem Komforteinrichtungen und sollten auch so geplant und betrieben werden. Die „Faust-Regel-Dimensionierung“ wird den Anforderungen nicht gerecht – so kann Behaglichkeit, Luftqualität und Energieeffizienz nicht sicher gestellt werden. Auf individuelle und den Nutzungsbedingungen angepasste Steuerungen und Regelungen kann nicht verzichtet werden. Die Schnittstelle zwischen Anlage und NutzerInnen muss vor allem den Bedürfnissen der Menschen gerecht werden und eine einfache Bedienung erlauben.

Auch die Wartung stellt heute eine Herausforderung dar. Geräte und Anlagen müssen wartungsfreundlicher geplant und installiert werden, damit die NutzerInnen die Qualitäten und Vorzüge einer Komfortlüftung tatsächlich erleben und erfüllen können.

Mit diesem Kongress bietet das IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie eine Plattform zur offenen Diskussion und Weiterentwicklung der „Herausforderung Komfortlüftung“. Neueste Erkenntnisse aus Theorie und Praxis werden hier zusammengeführt und analysiert. Wir dürfen gespannt sein!

DI Dr. Karl Torghele  
Präsident des  
IBO – Österreichisches Institut  
für Baubiologie und -ökologie



## Vorwort



Die Klimaproblematik, der ansteigende Energiebedarf und die Ressourcenknappheit führen nicht nur zu einem Wandel im Bereich Infrastruktur und Industrie, auch der Gebäudebereich muss künftig seinen Beitrag zur Lösung dieser Herausforderungen leisten.

Die Gebäude der Zukunft sollen von Energieverbrauchern zu Energieproduzenten werden. Um diese Vision realisieren zu können, sind umsetzbare und einheitliche Gebäudekonzepte bzw. -standards notwendig. Das Forschungs- und Technologieprogramm „Haus der Zukunft Plus“ des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie soll eine Unterstützung bei der Schaffung der technologischen Basis für das Plus-Energie-Haus sein.

Der heurige Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen hat sich mit „Alles plus? – Das muntere Sprießen der Gebäudekonzepte!“ einem brisanten Thema gewidmet, das viele Diskussionen und Anregungen für künftige Maßnahmen liefern wird. Diese sollen dazu beitragen, eine Richtung zur Entwicklung eines einheitlichen österreichischen Standards aufzuzeigen.

In diesem Sinne wünsche ich der Veranstaltung viel Erfolg sowie den Teilnehmerinnen und Teilnehmern spannende und anregende Diskussionen!

Doris Bures  
Bundesministerin  
für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort



### Nachhaltiges Bauen und Sanieren als Beitrag für den Klimaschutz

Die Auswirkungen des Klimawandels und die dringend notwendigen Gegenmaßnahmen sind ein zentrales Thema für den Erhalt unserer Umwelt. Ein wesentlicher Beitrag für den Klimaschutz kann durch nachhaltiges Bauen und Sanieren gesetzt werden, denn Gebäude sind durch die Erzeugung von Raumwärme und den Bedarf an Elektrizität für einen hohen Teil der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Energiesparendes und energieeffizientes Bauen sind daher essentielle Voraussetzungen, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren und unserem Ziel der Energieautarkie einen großen Schritt näher zu kommen. Eine nachhaltige Bauwirtschaft bringt nicht nur positive Effekte für die Umwelt: Mit neuen green jobs sorgt sie für zukunftssträchtige Perspektiven am Arbeitsmarkt und Aufschwung in der Wirtschaft.

Das heimische Know-how bei umweltschonenden und energieeffizienten Bau- und Heizungstechniken ist bereits enorm. Österreich ist Spitzenreiter bei der Passivhaustechnologie und EU-weit stammt bereits jede dritte Solaranlage aus Österreich.

Mit den klima:aktiv Gebäudekriterien hat das Lebensministerium einen neuen österreichweiten Standard gesetzt, in dem die energetische und ökologische Qualität und die umfassende thermisch-energetische Sanierung von Gebäuden zentral sind.

Gezielte Förderungen des Lebensministeriums für mehr Energieeffizienz, wie etwa die mit 100 Millionen Euro dotierte Offensive für die thermische Sanierung, und für den Ausbau der erneuerbaren Energien, wie mit den Förderungen für Photovoltaik-Anlagen oder Holzheizungen, setzen auf allen Ebenen Anreize für Investitionen in eine leistbare und sichere Energieversorgung.

Wir brauchen ein Energiesystem, das auch morgen noch sauber, leistbar und sicher ist und uns unabhängig von teuren Energieimporten macht. Dieser Umbau in Richtung Energieeffizienz und Nachhaltigkeit gelingt aber nur, wenn immer mehr AkteurInnen den Veränderungsprozess aktiv mitgestalten und dafür sorgen, dass diese Veränderung als Chance für die Umwelt, die Wirtschaft und die Menschen, wahrgenommen wird.

In diesem Sinne wünsche ich den TeilnehmerInnen der BauZ! 2012 und allen AkteurInnen des ökologischen und nachhaltigen Bauens interessante Vorträge und anregende Diskussionen.

DI Niki Berlakovich  
Umweltminister

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>Komfort, Gesundheit und Energieeffizienz von Lüftungsanlagen</b>	
Lüftungsanlagen in Wohngebäuden, Schulen und Büros – Fromme Wünsche, böse Überraschungen und Erlösungsstrategien Peter Tappler, IBO Innenraumanalytik Wien	1
Wer gesund bleiben will, muss auch gesund wohnen Michael Kunze, Instituts für Sozialmedizin an der Medizinischen Universität Wien	11
<b>Bautechnik und Bauphysik</b>	
Grundlagen der Wohnraumlüftung Heinz Koberger, Planungsbüro für technische Gebäudeausrüstung und Solartechnik	13
60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen – Mehrfamilienhaus (MFH) Andreas GremI, Technisches Büro Andreas GremI	19
<b>Innovative Lösungen</b>	
Effiziente Lüftung im Geschoßwohnbau: (auch hier) mehr als die Summe seiner Teile Reinhard Weiss, drexel und weiss – energieeffiziente haustechniksysteme gmbh	31
Evolution 2012: Von der Wohnraumlüftung zur Komfortlüftung Christoph Steinhäusler, Hoval Gesellschaft m.b.H.	33
AERA Eqonic von Schiedel: Höchster Wohnkomfort, weniger Kosten! Markus Bachschwöll, Schiedel Kaminsysteme GmbH	35
Kontrollierte Fensterlüftung Heinz Hackl, Velux Österreich GmbH	37
<b>Raumklima</b>	
Physiologische Auswirkungen der Raumluftfeuchte und Planungsempfehlungen für die Komfortlüftung Rainer Pfluger, Gabriel Rojas-Kopeinig, Universität Innsbruck, AB Energieeffizientes Bauen	39
Innenraumrelevante Emissionen aus Bauprodukten und Möglichkeiten zu deren Reduktion Christina Fürhapper, Holzforschung Austria	45
Baustoffe zum Durchatmen: am Beispiel „Ökobaunetz Krankenanstalten“ Barbara Bauer, IBO	49
Einfluss der Lüftung auf die Sommertauglichkeit Martin Teibinger, Holzforschung Austria	55
Energieeffizienz und Komfort in Passivhausbüros Tobias Waltjen, Thomas Zelger, Bernhard Lipp, IBO; Ralf Gritzki, Markus Rösler, TU Dresden, Institut für Energietechnik	61

Sommerfall im Passivhaus – Welche Rolle spielt der Bewohner? Alexander G. Keul, Roland Salzmann, FB Psychologie, Universität Salzburg Alexander Lehmden, Product Management Clay Blocks – International, Wienerberger AG, Wien	71
<b>Beispiele aus der Praxis</b>	
Brandschutz bei Lüftungstechnischen Anlagen, Brandschutzklappen Konrad Mayr, IBS – Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH	75
Hygiene bei Lüftungs- und Klimaanlageanlagen Felix Twrdik, IBO Innenraumanalytik OG, Wien	81
Lüftungsförderung in Vorarlberg – Erfahrungen aus drei Jahren Direktförderung Michael Braun, Energieinstitut Vorarlberg	87
Komfortlüftung plus+ – Zukunftsweisende Entwicklungen für Neubau und Sanierung Wolfgang Leitzinger, leit-wolf Luftkomfort – Ingenieurbüro für Komfortlüftungen	91
Frische Luft in Gründerzeitgebäuden – Vergleich von unterschiedlichen Lüftungskonzepten am Projekt Wißgrillgasse Johannes Rammerstorfer, e7 Energie Markt Analyse GmbH; Robert Matthias Gassner, Gassner & Partner Baumanagement GmbH	95
Messtechnische Evaluierung Passivhauswohnanlage Lodenareal / Innsbruck: Präsentation erster Ergebnisse Roland Kapferer, Michael Braito, Energie Tirol; Rainer Pfluger, Fabian Ochs, Universität Innsbruck Waldemar Wagner, AEE INTEC; Jürgen Suschek-Berger, IFZ	103
<b>Anhang</b>	
Massive Baustoffe: positive Wirkung auf Raumklima; Bau! Massiv!	108
Nachhaltiges Bauen und Wohnen – Innovation durch Kooperation; bau.energie.umwelt cluster NÖ	110
Clevere Regelungslösungen; bico GmbH	112
Behaglichkeit durch Luftbefeuchtung in der kontrollierten Wohnungslüftung; Lufttechnik J.Pichler GmbH	114
Kontrollierte Wohnraumlüftung und Erdwärmetauscher POLO-KAL NG KWL + EWT Poloplast GmbH & Co. KG	116
Aktuelle Heiz- und Lüftungssysteme für energieeffiziente Wohngebäude; Verband österreichischer Beton- und Fertigteilwerke (VÖB)	118
<b>Referentinnen und Referenten</b>	120



**SpringerArchitektur**  
**Dritte korrigierte Auflage**  
**2009. 348 Seiten**  
**310 großt. farbige Abb.**  
**Format: 23,5 x 34 cm**  
**Text: deutsch/englisch**  
**Geb. EUR 99,95; SFr 158.–**  
**ISBN 978-3-211-99496-2**

## **Passivhaus-Bauteilkatalog** **Ökologisch bewertete Konstruktionen**

### **Details for Passive Houses** **A Catalogue of Ecologically Rated Constructions**

Die erste Auflage des ökologischen Bauteilkataloges erschien 1999 in deutscher Sprache. Das große Interesse an einer Sammlung ökologischer Bewertungen und Detaildarstellungen, detaillierten baupraktischen Beschreibungen und bauphysikalischen Kennwerten machten das Buch schnell zu einem konkurrenzlosen Klassiker. Die zweite Auflage dieses einzigartigen Nachschlagewerks bietet raschen Zugriff auf Basisdaten des ökologischen Bauens. Im neuen Bauteilkatalog wurden die aktuellen Ökowerte aus internationalen Quellen und den Daten der IBO-Produktprüfung verknüpft und auf passivhaustaugliche Konstruktionen angewendet. Planende und Auslobende finden rund 100 Regelquerschnitte und 75 Anschlussdetails – mit vierfarbigen maßstäblichen Zeichnungen – für den Passivhaus-Standard, Kriterien für den Nachweis ökologisch optimierter Planung, Baustoffberatungswissen sowie Kriterien für die Ausschreibung.

IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.)  
Bestellungen: [www.ibo.at](http://www.ibo.at); email: [ibo@ibo.at](mailto:ibo@ibo.at)

## Lüftungsanlagen in Wohngebäuden, Schulen und Büros

### Fromme Wünsche, böse Überraschungen und Erlösungsstrategien

Peter Tappler, Arbeitskreis Innenraumlufte des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Lebensministerium), Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger, IBO Innenraumanalytik Wien

#### Zusammenfassung

Der erfolgreichen Verbreitung neuer, innovativer Gebäudekonzepte steht die Meinung gegenüber, dass mit zunehmender Luftdichtigkeit die notwendige Frischluftmenge nicht mehr bereitgestellt werden kann. Die üblicherweise gewählte Lösung für dieses sogenannte „Luftmengendilemma“ ist der Einsatz lüftungstechnischer Anlagen, eine Lösung, die jedoch kontrovers diskutiert wird. Zahlreiche Beispiele zeigen, dass die in modernen Gebäuden eingesetzte Haustechnik und Lüftungstechnologie, wenn Fehler in der Planung, Errichtung oder Betrieb auftreten, zu technischen Problemen und in der Folge mitunter auch zu gesundheitlichen Risiken und Behaglichkeitseinbußen führen können. Das Konzept der Komfortlüftung ist zwar die derzeit am weitesten ausgereifte Lösung für gesundes Innenraumklima, die Vorgaben dieses Konzeptes sind jedoch nicht immer bekannt und werden deshalb nicht umgesetzt. Aus diesem Grund besteht großer Bedarf an belastbaren Fakten über die richtige Wahl von Lüftungskonzepten. Zentrale Themen in diesem Zusammenhang sind das Luftfeuchtmanagement, die Abfuhr von Schad- und Geruchsstoffen sowie die notwendige Menge an Luft, die einem Gebäude zugeführt werden muss.

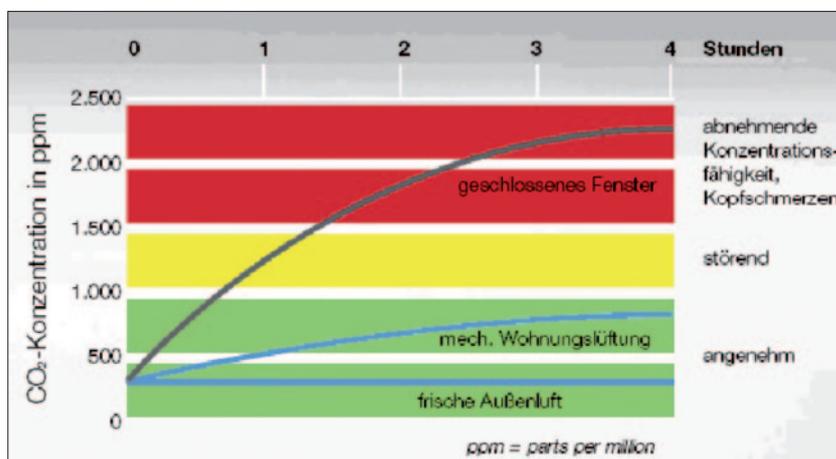
Grundsätzlich wird erörtert, ob und gegebenenfalls mit welchem Aufwand eine mechanische Lüftung von Innenräumen bei luftdichter Bauweise zielführend ist und welche Anforderungen an mechanische Lüftungssysteme bestehen. Die Frage stellt sich, ob es Möglichkeiten gibt, ohne mechanischer Lüftung die gleiche und sogar eine bessere Qualität der Innenraumlufte zu erreichen wie in Passivhäusern, die standardmäßig mit lüftungstechnischer Anlagen, oft sogar mit Komfortlüftungen ausgestattet sind.

#### 1. Wie viel Frischluft braucht der Mensch?

Pro Person werden je nach Aktivität ca. 25 bis 36 m<sup>3</sup> Frischluft pro Stunde benötigt, damit die CO<sub>2</sub>-Werte in einem Wohnraum bei normaler Aktivität möglichst unter 1.000 ppm bleiben (ppm = Parts per Million) und vom Menschen abgegebene flüchtige Stoffe, die Müdigkeit, Gerüche und Befindlichkeitsstörungen bewirken, in ausreichendem Ausmaß abgeführt werden [1]. Diese Luftmenge reicht in der Regel auch aus, um gebäudebezogene Schadstoffe auf einem niedrigen Niveau zu halten.

1.000 ppm ist die vom deutschen Hygieniker Pettenkofer (1819–1901) schon vor rund 150 Jahren festgelegte und aufgrund vieler Untersuchungen bestätigte CO<sub>2</sub>-Konzentration, die als Übergang von angenehmer zu unangenehmer Luftqualität empfunden wird [2]. Nicht das CO<sub>2</sub> selbst ist allerdings das Problem, sondern die flüchtigen chemischen Substanzen und Geruchsstoffe, die gemeinsam mit dem CO<sub>2</sub> über die Haut und über Körperöffnungen abgegeben werden. Es existiert keine scharfe Grenze,

Bild 1: CO<sub>2</sub>-Konzentration und Wahrnehmung der Menschen (aus [3])

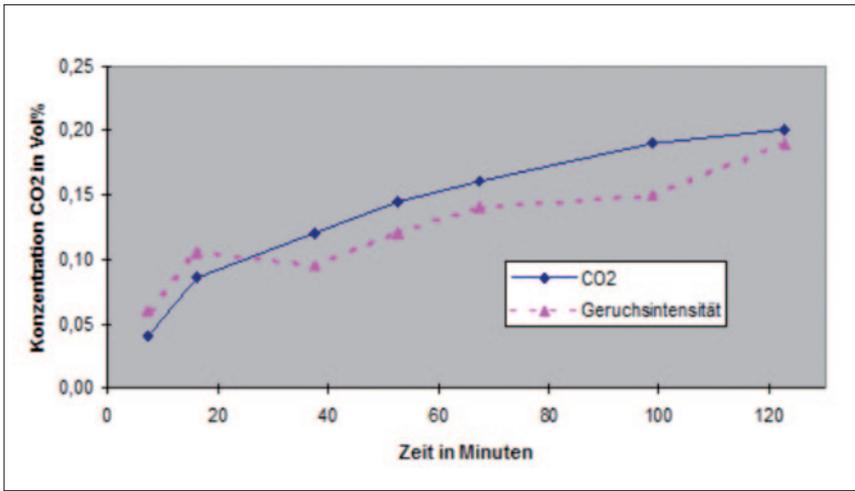


ab der ein Raum als „zu hoch belastet“ einzustufen ist, sondern es zeigt sich ein fließender Übergang zwischen guter, akzeptabler und unzureichender Raumluftqualität (Abb. 1). Für das Wohlbefinden ist natürlich nicht alleine die CO<sub>2</sub>-Konzentration, sondern auch eine Vielzahl von anderen Faktoren in Innenräumen ausschlaggebend.

Abb. 2: Zusammenhang zwischen CO<sub>2</sub>-Konzentration und Geruchsintensität in einem Wohnzimmer (aus [4])

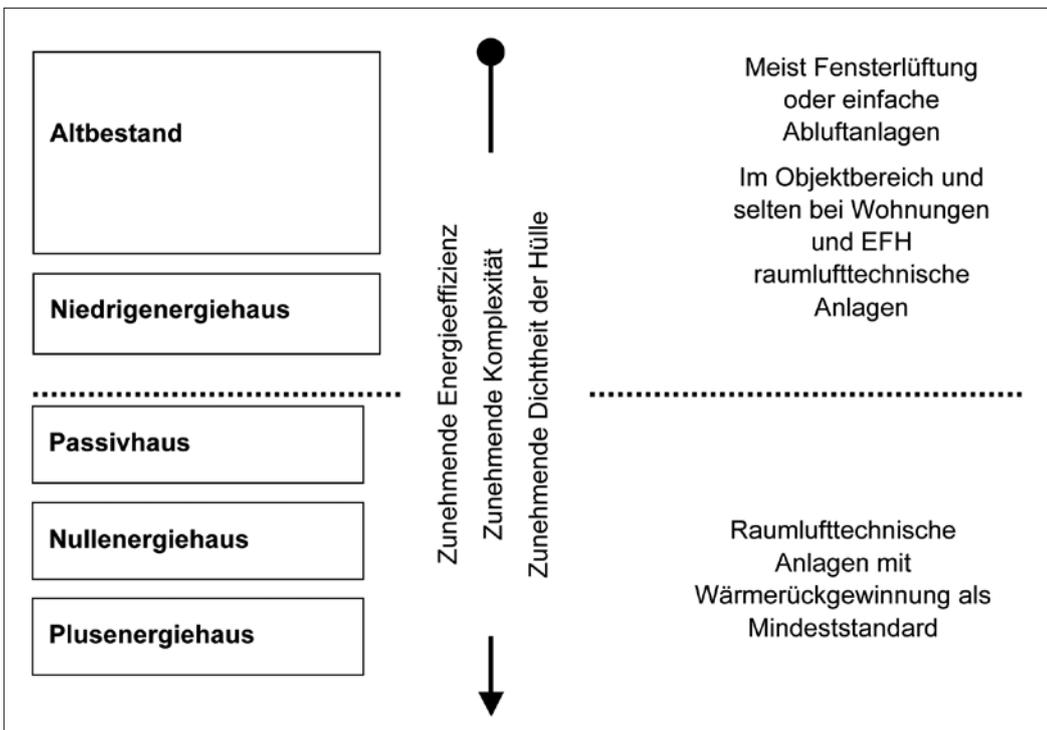
### 2 Geruchsbelastung und Frischluftmenge

In einem normal ausgestatteten Raum mit Personenbelegung korreliert die Schadstoff- bzw. Geruchsbelastung sehr gut mit der CO<sub>2</sub>-Konzentration, sodass CO<sub>2</sub> als Indikator für die Qualität der Raumluft verwendet werden kann (Bild 2).



Gerüche in einer Wohnung gehen zum größten Teil von den Personen und meist nur zum geringeren Teil von den in den Räumen verwendeten Materialien aus. Bei den von Menschen abgegebenen Gerüchen handelt es sich vor allem um sehr flüchtige organische Verbindungen (VOC's) wie z.B. Aceton oder Alkohole. Bei Baustoffen, Materialien der Innenausstattung und Einrichtungsgegenständen ist es dennoch wichtig, auf Produkte mit geringer Schadstoffabgabe zu achten, um die Innenraumluft nicht zusätzlich zu belasten.

### 3. Gebäudekonzepte und Lüftungsanforderungen



## 4. Regelungen für CO<sub>2</sub> und andere Schadstoffe in Österreich und Deutschland

### 4.1 Internationale Normen für die CO<sub>2</sub>-Konzentration

In der EN 13779 [1] wird eine Klassifizierung von Räumen, die typischerweise dem Aufenthalt von Menschen dienen und in denen keine bedeutenden Emissionen anderer Quellen zu erwarten sind, über die CO<sub>2</sub>-Konzentration vorgenommen. Es wird allerdings nicht festgelegt, ob sich die Klassifizierung auf Spitzen- oder Durchschnittswerte bezieht. Die angegebene CO<sub>2</sub>-Konzentration wird als Konzentration über dem CO<sub>2</sub>-Gehalt der Außenluft definiert.

### 4.2 Bauordnung und offizielle österreichische Richtwerte

Vor allem in den letzten 10 Jahren stiegen die Anforderungen an die Raumluft signifikant an, es wurde eine erhebliche Zahl von Normen und Richtlinien, die sich mit Innenraumhygiene beschäftigen, veröffentlicht. In der den Bauordnungen zugrunde liegenden OIB Richtlinie 3 werden in den Erläuterungen auch die Richtwerte zur Bewertung der Innenraumluft explizit als Grundlage für die Bewertung der Innenraumluft genannt.

Tab. 1: Milestones für die Innenraumluftthygiene in Österreich (Auswahl)

Jahr	Publikation
1996	Deutsche Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema
1997	Wegweiser für eine gesunde Raumluft, Umweltministerium (BMLFUW)
1999	Gründung Arbeitskreis Innenraumluft am BMLFUW
2003	Erste österreichische Richtwerte für die Innenraumluft der Österreichischen Akademie der Wissenschaften/ BMLFUW
2005	ÖNORM EN 13779: Grundlagen für Lüftung von Objekten (2008 aktualisiert)
2006	ÖNORM H 6038: Grundlagen für Lüftung von Wohnungen
2007	OIB Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit, Umweltschutz mit Vorgaben zu Lüftung, Schadstoffen und Radon
2007	ÖNORM EN 15251: Kategorisierung von Gebäuden in Bezug auf Schadstoffe
2008	ÖNORM H 6039: Grundlagen für Lüftung von Schulräumen
2010	Gemeinsame Richtlinie der AGÖF und des BMLFUW zur Bewertung von Gerüchen in Innenräumen (Entwurf)
2010	<a href="http://www.komfortlüftung.at">www.komfortlüftung.at</a> Homepage und Verein zur Förderung der Komfortlüftung
2010	<a href="http://www.raumluft.org">www.raumluft.org</a> Info-Homepage zum Thema Innenraumklimatologie
2011	Info-Homepage des Lebensministeriums zum Thema Innenraumluft: <a href="http://www.lebensministerium.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft.html">http://www.lebensministerium.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft.html</a>

Gesetzliche Vorgaben für den Neubau und die Sanierung von Gebäuden wurden in den OIB-Richtlinien niedergelegt, die 2007 unter Anwesenheit der Vertreter aller Bundesländer einstimmig beschlossen wurden. Sie basieren auf den Beratungsergebnissen der von der Landesamtsdirektorenkonferenz zur Ausarbeitung eines Vorschlags zur Harmonisierung bautechnischer Vorschriften eingesetzten Länderexpertengruppe. Die OIB-Richtlinien dienen als Basis für die Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften und wurden mittlerweile von fast allen Bundesländern zu diesem Zweck herangezogen und rechtlich verbindlich gemacht.

Für die Innenraumluft ist vor allem die OIB Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit, Umweltschutz relevant. In den Bundesländern, in denen die OIB Richtlinie 3 in die jeweiligen Bauordnungen übernommen wurde, sind die entsprechenden Vorgaben sowohl bei Neubau als auch bei größeren Sanierungen zu beachten und umzusetzen. Details findet man in den Erläuterungen zur OIB Richtlinie 3: [http://www.oib.or.at/RL3\\_250407.pdf](http://www.oib.or.at/RL3_250407.pdf).

Link zu den wichtigen Erläuterungen zur OIB Richtlinie 3: [http://www.oib.or.at/EB3\\_250407.pdf](http://www.oib.or.at/EB3_250407.pdf)

Um die eher allgemein gehaltenen Vorgaben der Bauordnungen in Bezug auf Schadstoffe und Lüftung mit konkreten Inhalten zu füllen und zu präzisieren, wurden seit 2003 vom Lebensministerium (BMLFUW) und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften für Innenräume (z.B. Büros, Schulen und Wohnräume) Richtwerte zur Bewertung der Innenraumluft erstellt. In den Erläuterungen der OIB Richtlinie 3 wird auf diese Richtwerte als Beurteilungsgrundlage verwiesen. Es werden zum Teil die gleichen Substanzen behandelt wie in der Liste gesundheitsschädigender Arbeitsstoffe, die Richtwerte liegen jedoch aus Vorsorgegründen weit unter den Arbeitsschutzgrenzwerten. Innenraum-Richtwerte gelten

für Wohnungen, aber auch für Büros, Schulen und andere Innenräume. Diese Richtwerte sind in der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft enthalten und wurden auf der Website des Lebensministeriums (BMLFUW) veröffentlicht. Zusätzlich wurden Empfehlungen zu aktuellen Innenraumthemen, genannt „Positionspapiere“, vom Arbeitskreis Innenraumluft des BMLFUW auf der Website des Lebensministeriums veröffentlicht.

Substanz	Bezeichnung	Raumluftkonzentration [mg/m <sup>3</sup> ]	Bemerkungen
Formaldehyd	WIR – wirkungsbezogener	0,10	Halbstunden-Mittelwert
	Innenraumrichtwert	0,06	24h-Mittelwert
Tetrachlorethen (TCE, PER)	WIR – wirkungsbezogener	0,250	7-Tages Mittelwert
	Innenraumrichtwert		
Styrol	WIR – wirkungsbezogener	0,040	7-Tages Mittelwert
	Innenraumrichtwert	0,010	Stunden-Mittelwert, bei Unterschreitung keine 7-Tages Messung nötig
Toluol	WIR – wirkungsbezogener	0,075	Stunden-Mittelwert
	Innenraumrichtwert		

Tab. 2: Klassifizierung der Innenraumluftqualität in Hinblick auf Schadstoffe laut Akademie der Wissenschaften/ BMLFUW

In einer vom Umweltministerium und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft werden Orientierungswerte für die Innenraumluft für diverse Parameter festgelegt [5]. In der Beurteilung in Bezug auf Mindest- und Zielvorgaben für den Parameter CO<sub>2</sub> wird zwischen natürlich und mechanisch belüfteten Innenräumen unterschieden.

Die Vorgaben sind auch deshalb als Bereiche mit fließenden Übergängen formuliert, da auch die je nach Standort des Gebäudes unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Konzentration der Außenluft Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Konzentration innerhalb der Räume hat. Es existiert nach Ansicht der Kommission auch keine scharfe Grenze, ab der ein Raum als „zu hoch belastet“ einzustufen ist, sondern es zeigt sich vielmehr ein fließender Übergang zwischen guter, akzeptabler und unzureichender Raumluft.

Link zu österreichischen Richtwerten: [http://www.lebensministerium.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft/richtlinie\\_innenraum.html\\_blank](http://www.lebensministerium.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft/richtlinie_innenraum.html_blank)

#### Mindest- und Zielvorgaben für dauernd von Menschen genutzte Innenräume

natürlich belüftete Innenräume	mechanisch belüftete Innenräume
Zielbereich für die Innenraumluft < etwa 1000 ppm	Zielbereich für die Innenraumluft < etwa 800 ppm
Mindestvorgabe 1-MWg < etwa 1400 ppm	Mindestvorgabe 1-MWg < etwa 1000 ppm
Mindestvorgabe alle Einzelwerte im Beurteilungszeitraum: < etwa 1900 ppm	Mindestvorgabe alle Einzelwerte im Beurteilungszeitraum: < etwa 1400 ppm

Tab. 3: Klassifizierung der Innenraumluftqualität in Hinblick auf CO<sub>2</sub> laut Akademie der Wissenschaften/ BMLFUW (Absolutwerte)  
1-MWg = maximaler gleitender Stundenmittelwert

#### 4.3 Deutsche Richtwerte

In Deutschland wurden Innenraumrichtwerte für CO<sub>2</sub> von der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden (Ad-hoc Arbeitsgruppe) veröffentlicht [6].

Link zu Innenraum-Richtwerten in Deutschland:

<http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm>

Beurteilungswert der CO <sub>2</sub> -Konzentration (absolut) [ppm]	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
< 1000	Hygienisch unbedenklich	Keine weiteren Maßnahmen
1000 ... 2000	Hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahme (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen). Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	Belüftbarkeit des Raums prüfen; ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

Tab. 4: Klassifizierung der Innenraumluftqualität laut deutscher Ad-hoc Arbeitsgruppe

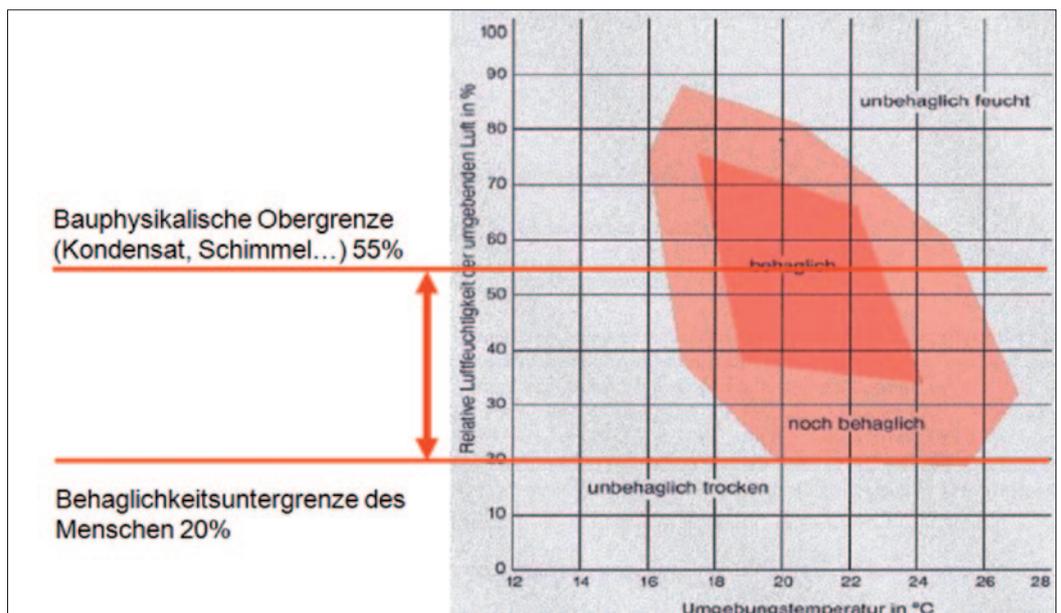
### 5. Luftfeuchte in Räumen

Grundsätzlich dient die Lüftung nicht nur der Schadstoffabfuhr, sondern auch der Abfuhr überschüssiger Feuchte, um Schimmelschäden im Gebäude zu verhindern. Ein normaler Haushalt mit 4 Personen produziert zwischen 5 und 10 Liter Wasserdampf pro Tag (Atmung und Feuchteabgabe durch die Haut, Waschen, Kochen, Pflanzen usw.). Diese Feuchte muss mit dem Lüften abgeführt werden, wobei dies umso besser funktioniert, je geringer die absolute Feuchte im Außenbereich ist. Der Feuchtetransport über massive Wände ist, wenn überhaupt gegeben, vernachlässigbar gering (auch bei sogenannten diffusionsoffenen Konstruktionen) und zur Abfuhr von Luftfeuchte nicht geeignet. Die andere Seite der Medaille ist die, dass bei permanenter, unregelmäßiger Lüftung mitunter zu viel Feuchte abgeführt wird, sodass die Luftfeuchte im Winter in einem sehr niedrigen Bereich liegen kann.

Da die absolute Feuchte in der Außenluft an kalten Tagen sehr gering ist, funktioniert die Entfeuchtung der Luft im Winter wesentlich besser als in der Übergangszeit oder im Sommer. Die geringe Feuchteabfuhr im Sommer führt aber in der Regel zu keinen Schimmelschäden, da durch die Wärme der Oberflächen kein Kondensat entstehen kann. Die ungenügende Abfuhr der Luftfeuchte und die höhere Geruchsintensität im Sommer sind allerdings auch der Grund dafür, dass bei einer Komfortlüftung, deren Luftmenge auf den Winter ausgelegt ist, im Sommer eine unterstützende Fensterlüftung notwendig sein kann.

Optimale Werte für die Heizperiode wären 30 bis 55 % relativer Feuchte (r.F.). Werte deutlich über 60% r.F. werden als unangenehm empfunden. Bei schlechter Bausubstanz mit schwacher Wärmedämmung sollten höhere relative Luftfeuchten aus bauphysikalischen Gründen vermieden werden. Werte unter 30 % r.F. liegen außerhalb des optimalen Behaglichkeitsbereiches, kurzzeitige Unter-

Abb. 3: Feuchte – Behaglichkeitswerte nach [8]; mit Ergänzungen der oberen und unteren Grenzen (Winter)  
Hinweis: Bei schlechter Bausubstanz kann es bei 55 % relativer Luftfeuchte schon zu Schimmelbildungen kommen.



schreitungen bis ca. 20 % gelten aber als nicht bedenklich. Niedrige relative Luftfeuchte wirkt sich grundsätzlich hemmend auf das Hausstaubmilbenwachstum aus. Bei sehr niedrigen Luftfeuchten können gesundheitliche Beschwerden wie bspw. Schleim- und Bindehautreizungen entstehen.

Für die sich in einem Raum längerfristig einstellende Luftfeuchte ist es nicht egal, ob man die Luft kontinuierlich über ein Lüftungsgerät ohne Feuchterückgewinnung oder stoßweise über das Fenster austauscht. Bei gleicher zugeführter absoluter Luftmenge stellen sich in einem Versuch im mit Fenstern belüfteten Raum höhere Oberflächenfeuchtigkeiten ein [7].

## 6. Das Luftmengendilemma

Die zahlreichen, oft sehr kontrovers geführten Diskussionen über die notwendigen Luftmengen bei Wohnraumlüftungen ergeben sich aus folgendem Dilemma:

Grundsätzlich wünscht sich der Mensch eine Luftqualität, die möglichst nahe an eine unbelastete Außenluftqualität herankommt. Dies würde bedeuten: je höher die Frischluftmenge, desto besser. Dem steht aber neben den höheren Kosten und den erhöhten Wärmeverlusten vor allem die sich im Hochwinter einstellende reduzierte Luftfeuchtigkeit in der Wohnung entgegen. Zu hohe Luftmengen würden bei niedrigen Außentemperaturen zu sehr trockener Raumluft führen. Denn Luftfeuchtwerte, die dauerhaft deutlich unter 30 % liegen, werden als unbehaglich empfunden und können bei empfindlichen Personen langfristig sogar zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen.

Wüstengebiete, in denen die Menschen dauernd mit sehr geringen Luftfeuchtigkeiten (ca. 20 bis 30 % r. F.) leben, bzw. wo wir uns auch im Urlaub, trotz der geringen Luftfeuchte, normalerweise sehr wohl fühlen, haben den Vorteil einer sehr geringen Schadstoff- bzw. Staubbelastung. Dadurch wird die niedrige Luftfeuchte nicht als störend empfunden. Die Staub- und Schadstoffbelastung der Außenluft wird durch den Außenluftfilter der Lüftungsanlage zwar reduziert, dennoch ist die Innenraumluft normalerweise deutlich höher mit Schadstoffen und Staub belastet als der Außenbereich. Es muss daher darauf geachtet werden, dass in Wohnräumen eine gewisse relative Luftfeuchtigkeit nicht über einen längeren Zeitraum unterschritten wird.

Auch für verschiedene Bodenbeläge (z.B. Holzparkett) und Möbel stellt eine zu geringe relative Luftfeuchtigkeit (deutlich unter 30 %) ein Problem dar. Milben, deren Kot eine der Hauptursachen für die sogenannte Hausstauballergie darstellt, gedeihen dagegen nur bei höherer Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Trockene, kühle Luft trägt ganz wesentlich zur Reduktion der Milben bei.

Im Sommer bzw. in der Übergangszeit ist keine Gefahr einer zu geringen relativen Luftfeuchtigkeit gegeben, da die zugeführte Außenluft ausreichend feucht ist. Es besteht daher kein „Luftmengendilemma“. Verschiedene Lösungen für das Luftmengendilemma werden diskutiert. Letztendlich ist die optimale Anpassung der Luftmenge an den Bedarf immer ein wesentlicher Aspekt der Behaglichkeit, der zudem auch Betriebs- und Energiekosten spart.

### 6.1 Fensterlüftung

Eins ist ziemlich sicher: die Zeit von Gebäuden mit ausschließlicher, klassischer Fensterlüftung scheint – bis auf Sonderfälle – unwiederbringlich abgelaufen zu sein!

Auch wenn man noch so gerne lüftet, würde sich kaum jemand nachts im Zweistunden-Takt den Wecker stellen, um das Schlafzimmer zu lüften, wie es für ein hygienisch einwandfreies Raumklima erforderlich wäre. Wer lüftet, wenn niemand zu Hause ist? Wer lüftet die Feuchtigkeit aus Betten und Handtüchern und die Ausdünstungen aus Teppichen und Möbeln ab? Die beste Luft im Außenbereich nützt nichts, wenn sie nicht in den Raum gelangt.

Fensterlüftung und einfache Abluftsysteme, auch wenn diese automatisch gesteuert sind, führen immer zu einer Abfuhr von Luft, deren Wärme und in der Feuchte gebundene Energie (Enthalpie) nicht genutzt wird.

### 6.2 Luftmengenreduktion

Die Zukunft gehört der Optimierung der Luftmengen in Gebäuden! Innovative Lüftungskonzepte mit nutzerabhängiger Regelung der Lüftung, Vergrößerung des Luftraumes durch zentrale Luftzufuhr und

Verteilung in andere Räume werden zunehmend eingesetzt bzw. sind in Entwicklung. Auch Luftmengenoptimierung durch innovative Leitungsführungen (Kaskadensysteme) helfen, die benötigten Luftmengen zu reduzieren [9].

Steht beispielsweise das gesamte Einfamilienhaus als Luftraum zur Verfügung, werden die etwa im Schlafzimmer entstehenden anthropogenen (vom Menschen verursachten) Schadstoffe zuerst im gesamten Haus verteilt, bevor kritische Konzentrationen entstehen und die Lüftung auf höhere Stufen schalten muss. Dadurch kann die zugeführte Frischluftmenge deutlich reduziert werden. Man nutzt quasi den Effekt, der auch eintritt, wenn in einem Haus alle Türen offen stehen würden, allerdings nicht mit dem Nachteil fehlender schalltechnischer Trennung.

Bei Abwesenheit kann die Luftmenge auf den Abwesenheitsvolumenstrom reduziert werden, der bei schadstoffoptimierten Gebäuden sehr gering sein kann. Dies wird bei Komfortlüftungsanlagen durch eine intelligente Steuerung (bspw. mit Bewegungs- oder CO<sub>2</sub>-Sensoren) bewerkstelligt. Die EN 15251 [10] gibt hier Anhaltspunkte, wobei die dort informell angeführten flächenbezogenen Lüftungsraten für die Gebäudeemissionen selbst nach Ablüften der Baufeuchte und der bei Bezug vorhandenen Schadstoffe weiter reduziert werden können.

### 6.3 Feuchterückgewinnung

Bei einer in Lüftungsanlagen eingebauten Feuchterückgewinnung entschärft sich die Problematik des Luftmengendilemmas deutlich. Wenn aber die eingetragene und von den Nutzern produzierte Luftfeuchtigkeit in der Wohnung sehr gering ist, kann die Feuchterückgewinnung das Luftmengendilemma nicht wirklich lösen, sondern nur verzögern und damit abmildern. Zu manchen Zeiten (z.B. Austrocknungsphase des Gebäudes, Übergangszeit) kann eine Feuchterückgewinnung eventuell auch zu hohe Luftfeuchtigkeit bewirken.

### 6.4 Aktive Luftbefeuchtung

Grundsätzlich könnte eine aktive Befeuchtung in Verbindung mit einer Komfortlüftung das Luftmengendilemma auflösen. Eine aktive Befeuchtung über die Lüftung mittels eines zentralen Gerätes ist technisch machbar, entsprechende Geräte sind am Markt bereits erhältlich. In diesem Fall sollte eine Feuchterückgewinnung mitgeplant werden.

Eine Befeuchtung der einzelnen Räume mit dezentralen Luftbefeuchtern ist zwar grundsätzlich möglich, aber organisatorisch und auch energetisch (Stromkosten!) sehr aufwändig. Eine derartige Lösung wäre auch mit hygienischen Risiken behaftet und daher weniger zu empfehlen.

In jedem Fall müssten Geräte ausgewählt werden, die nicht selbst zu einer Quelle an Mikroorganismen werden. Auch die Installation muss wohl überlegt sein – an Kondensationsstrecken nach der Befeuchtung kann es grundsätzlich immer zu mikrobiellem Wachstum kommen, wenn keine Vorkehrungen getroffen werden.

### 6.5 Einzelraumregelung

Wenn die Zuluft immer jeweils nur genau den Räumen zugeführt werden könnte, die gerade benutzt werden (z.B. Nacht: Schlafzimmer, Tag: Wohnzimmer) würde sich das Luftmengendilemma weitgehend entschärfen, da dann die Gesamtzuluftmenge der Wohnung entsprechend verringert wird und die Feuchte im Haus bleibt. Mit Fensterlüftung wird dies versucht, problematisch ist allerdings, dass man mit Fenstern alleine (vor allem in der Nacht) oftmals nicht ausreichend lüften kann.

Derzeit sind nur wenige praktikable Lösungen für mechanische Einzelraumlüftungen am Markt verfügbar. Neben der Problematik der Klappen (Dauerhaftigkeit, Schall,...) für die Steuerung des Luftstromes, der hygienischen Filterung der Zuluft ist auch die messtechnische Erfassung der Räume, die gerade mehr oder weniger Luft benötigen, aufwändig. Es stehen aber einige interessante neue Ansätze und Entwicklungen kurz vor der Markteinführung.

### 6.6 Intelligentes Feuchtmanagement

Das Luftmengendilemma kann durch einen intelligenten Umgang mit der Feuchte im Haus etwas gemildert werden. Oberstes Ziel eines Feuchtmanagements in der kalten Jahreszeit ist es, die im Haus

erzeugte Feuchte im Gebäude in einem optimalen Bereich zu halten, ohne während der Nutzung die für den Menschen notwendige Frischluftmenge reduzieren zu müssen. Feuchtequellen im Haus wie frisch gewaschene Wäsche können beispielsweise zu einer Befeuchtung der Räume beitragen. Wenn Räume mechanisch gelüftet werden, wäre es wünschenswert, die Feuchte aus Nassräumen nicht sofort abzuführen, sondern möglichst im Haus zu behalten.

Bei sehr dichten Räumen und nicht mechanisch belüfteten Räumen würden solche Ratschläge allerdings zu hoher Raumluftfeuchte und Schimmelbildung führen, es wäre genau das Gegenteil sinnvoll: keine Wäsche im Haus zu trocknen, sondern einen elektrischen Wäschetrockner zu verwenden und Feuchte aus den Nassbereichen effizient abzulüften.

### 6.7 Feuchtepufferung

Wichtig ist es auch, dass bei gut belüfteten Häusern wertvolle Feuchte aus Zeiten mit erhöhter Luftfeuchte gespeichert werden sollte. Umgekehrt muss Feuchte bei dichten Häusern ohne Lüftung mittels Fensterlüftung oder Abluftventilatoren rasch abgeführt werden. Baustoffe und Materialien wie Lehm oder offenporiges Holz tragen wesentlich dazu bei, Feuchte zu puffern. Dies bedeutet, dass Feuchte bei Feuchtespitzen aufgenommen und bei niedriger Luftfeuchte wieder abgegeben wird.

## 7. Raumluftqualität in neuen Gebäudekonzepten

Eine Reihe von Studien zeigt, dass die bessere Belüftung von Räumen, die in neuen Gebäudekonzepten Standard ist, zu signifikanter Verbesserung der subjektiven Einschätzung der Luftqualität, zur Reduktion von Beschwerden und zur Steigerung der Leistungsfähigkeit führt. 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 [11]. Die Radonkonzentration ist durch einen effektiveren Luftaustausch ebenfalls eher niedriger als in Vergleichsobjekten.

Hohe Schadstoffkonzentration während der Bauphase werden in der Regel innerhalb weniger Monate nach dem Bezug der Wohnungen generell deutlich reduziert. Die Schadstoffkonzentrationen in belüfteten Räumen liegen meist deutlich unter denen von Häusern ohne Lüftungsanlagen, in denen dieselben Baustoffe eingesetzt wurden. Auch hinsichtlich mikrobieller Belastungen zeigen sich geringere Keimzahlen. Eine geeignete, hochwertige Filterung der Außenluft, wie sie bei Komfortlüftungsanlagen üblich ist, bewirkt eine Reduktion vor allem saisonaler Allergene sowie biogener Luftverunreinigungen und Stäube (Feinstäube) aus der Außenluft [12]. Es wäre jedoch ein Irrtum zu glauben, dass allein durch Lüftung Schadstoffprobleme vermieden werden können, dies zeigen Studien wie z.B. die Schweizer Liwotev-Studie [13] und zahlreiche eigene Erfahrungen.

Mit zunehmender Energieeffizienz steigen in der Regel auch die Komplexität und die Kosten für die Haustechnik überproportional an. Gleichzeitig verstärken sich die Anforderungen an die Qualität der Innenraumluft. Die hohen Anforderungen an ausreichende personen- und flächenbezogene Luftmengen und Schadstofffreiheit können sowohl im Objektbereich als auch im Wohnbau nur durch raumlufttechnische Anlagen, die den neuesten hygienischen Standards entsprechen, in Verbindung mit einem funktionierenden Chemikalienmanagement gewährleistet werden. Dies gilt verstärkt für den Sanierungsbereich.

In Befragungen von Nutzern zeigt sich, dass Hygiene- und Behaglichkeitsargumente bei raumlufttechnischen Anlagen ein zentrales Argument ihrer Annahme oder auch Ablehnung sind. Bei komplexer Haustechnik, vor allem in Verbindung mit Nutzern, die darauf nicht vorbereitet sind, treten bisweilen unangenehme Probleme auf: zu hohe Luftmengen bei Wohnungen im Winter und dadurch trockene Luft, laute Lüftungsgeräte und Strömungsgeräusche oder verschmutzte Luft-Erdwärmetauscher. Als problematisch wird bei Anlagen ohne Befeuchtung vor allem die mitunter recht trockene Luft in der kalten Jahreszeit empfunden, die erhöhte Krankheitsanfälligkeit und Materialschäden zur Folge haben kann.

## 8. Resümee

In den meisten Fällen ist der Einbau einer Komfortlüftungsanlage mit Feuchterückgewinnung und Leistungsregelung sowohl im Neubau als auch in der Altbausanierung empfehlenswert. Aus heutiger Sicht erscheint es ratsam, die Luftmenge einer Lüftungsanlage automatisiert (bspw. über einen CO<sub>2</sub>-Sensor) so zu regeln, dass möglichst ohne aktive Befeuchtung eine ausreichende relative Feuchte in der Raumluft erhalten bleibt. Dies ist dann der Fall, wenn die Luftmenge an den Bedarf angepasst wird - sie sollte jedoch niemals unter hygienische Richtwerte abfallen. Neue Lüftungskonzepte mit zentraler Lüftung, Luftraumvergrößerung und nutzerabhängiger Regelung haben nicht nur den Vorteil geringerer Energiekosten, sondern auch den der höheren Luftfeuchte. Auch eine Luftmengenoptimierung durch innovative Leitungsführung (Kaskadensysteme) kann die benötigten Luftmengen reduzieren. Da die anfallende Feuchte in den Wohnungen erfahrungsgemäß je nach Nutzung sehr unterschiedlich ist, sollte auch die Luftfeuchtigkeit in die Luftmengenregelung einfließen oder zumindest mit einem kalibrierbaren elektronischen Hygrometer kontrolliert werden.

## 9. Projekt Raumluft 2020

Um zumindest qualitativ messbare Werte in Bezug auf Raumluftqualität in Zusammenhang mit Lüftungsanlagen darstellen zu können, wird derzeit eine Studie zur Erhebung der Raumluftqualität und Bewohnergesundheit in neu errichteten Häusern und Wohnungen durchgeführt. Diese Studie wird im Rahmen der 1. Ausschreibung des Programms „Neue Energien 2020“ des Klima- und Energiefonds vom IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie gemeinsam mit dem Institut für Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien und der IG Passivhaus Österreich durchgeführt und im Jahr 2013 abgeschlossen. Im Rahmen der Studie werden sowohl umfangreiche Raumluftmessungen in Passivhäusern und konventionell errichteten Häusern ohne Lüftungsanlage als auch Erhebungen der Bewohnergesundheit durchgeführt und einander gegenübergestellt.

## 10. Ausblick

„Man muss die Dinge so einfach wie möglich machen. Aber nicht einfacher!“ (Albert Einstein)

Es ist äußerst verlockend, zu einem fantasierten einfachen Idealzustand aus der guten alten Zeit zurückkehren zu wollen, als der manch ein Gebäudekonzept aus der Vergangenheit angesehen wird – dies meist ohne sich mit den Beschränkungen dieser aus gutem Grund in der Versenkung verschwundenen Bauformen auseinanderzusetzen. Da unsere Raumbedürfnisse wachsen und Energie immer knapper und sicher nicht billiger wird, wird es aus heutiger Sicht, keinen Weg zurück zu einfachen Gebäudekonzepten geben. Nur hoffnungslose Retroromantiker träumen noch immer von „Patentlösungen“ ohne aller moderner Technik.

Der Weg geht vielmehr zu Entwicklung von Detaillösungen und smarten technischen Innovationen, die das Alte mit dem Neuen verbinden hilft. Das Konzept der Komfortlüftung ist die am weitesten ausgereifte Lösung für gesundes Innenraumklima und Energieeffizienz (unabhängige Infos dazu unter <http://www.komfortlüftung.at>) und weit von den ersten Gebäuden mit damals so bezeichneten „Zwangslüftungen“ entfernt.

Trends, Thesen und Ausblicke zu Raumluftqualität und modernen Gebäudekonzepten:

- Gesunde Innenräume und Wirtschaftlichkeit sind kein Widerspruch.
- Nachhaltiges Bauen bedeutet unter anderem Behaglichkeit, ausreichende Luftzufuhr und Freiheit von Schadstoffen.
- Schadstoffarme Bauweisen und hochwertige Komfortlüftungsanlagen werden zum Standard für alle Gebäudekonzepte und erhöhen den Wert des Gebäudes.
- Bedürfnisse der Nutzer müssen berücksichtigt werden – sie sind wesentlich für die Akzeptanz von Lüftungsanlagen.
- Gebäude ohne raumlufttechnische Anlagen werden (bis auf wenige Ausnahmen) nicht den Bauordnungen entsprechen und dadurch einen Wertverlust erleiden.

- Schlecht geplante und betriebene raumluftechnische Anlagen fügen der Branche einen schwer wieder gutzumachenden Imageschaden zu.
- Hygiene- und Behaglichkeitsstandards sind bei raumluftechnischen Anlagen ein zentrales Argument ihrer Annahme oder auch deren Ablehnung.
- Feuchterückgewinnung, aktive Befeuchtung und nutzerabhängige Regelung treten bei Lüftungsanlagen in den Fokus der Aufmerksamkeit.
- Luft-Erdwärmetauscher sterben langsam aus und werden aus hygienischen und anderen Gründen durch bspw. Sole-Wärmetauscher ersetzt.
- Es gibt unüberschaubar viele Möglichkeiten für Hygiene-, Bau- und Ausführungsmängel vor allem in der Haus- und Lüftungstechnik, diese Mängel treten mit der Verbreitung der Technologie auch in der gebäuediagnostischen Praxis auf.
- Zentraler Problembereich bei Lüftungsanlagen ist die Luftmengenregelung.
- Zunehmende Anforderungen neuerer Gebäudekonzepte verlangen eine Spezialisierung bei Profesionisten im Bereich Haus- und Lüftungstechnik sowie im Bereich der Materialauswahl für Gebäude.
- Es besteht massiver Schulungsbedarf vor allem bei Detaillösungen, die auf breiter Basis Profesionisten zu vermitteln sind.

## Literatur

[1] EN 13779, Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlungssysteme, als ÖNORM EN 13779. 2008

[2] M. v. Pettenkofer: Über den Luftwechsel in Wohnungen, München, Cotta 1858

[3] HEA Fachverband für Energie-Marketing und -Anwendung e.V. beim VDEW. 2011

[4] P. Pluschke, Luftschadstoffe in Innenräumen, Springer 1996

[5] BMLFUW, Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft – Richtlinienenteil CO<sub>2</sub> als Lüftungsparameter, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe, 2006

[6] Ad-hoc Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden, Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 51, S 1358 -1369. 2008

[7] H.-P. Leimer, I. Toepfer: Fensterlüftung vs. kontrollierte Be- und Entlüftung – Auswirkungen auf den Schimmelbefall, umwelt.medizin.gesellschaft Nr. 23, S. 212-223. 2010

[8] F.P. Leusden und H. Freymark in Heinz Gabernig, Energie- und Klimatechnik, Ausgabe 1995

[9] R. Pfluger, Luftmengenoptimierung und innovative Leitungsführung, Vortrag im Rahmen der Veranstaltung „Komfortlüftung im Einfamilienhaus“, Energie Tirol Innsbruck 17.05.2011

[10] EN 15251, Eingangsparemeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik, als ÖNORM EN 15251. 2007

[11] JA. Leech, M. Raizenne, J. Gusdorf: Health in occupants of energy efficient new homes, Indoor Air 14, S. 169-173 2004

[12] H.P. Hutter, H. Moshhammer, P. Wallner, P. Tappler, F. Twardik, E. Ganglberger, S. Geissler, A. Wernisch, Auswirkungen energiesparender Maßnahmen im Wohnbau auf die Innenraumluftqualität und Gesundheit. Forschungsvorhaben F 1469 2005

[13] R. Coutalides, T. Hauri, L. Horowitz, U. Heinss, S. Koller, M. Zachau, L. Wenger, Liwotev – Luftqualität in Wohnbauten mit tiefem Energieverbrauch, Bau- und Umweltchemie Beratungen + Messungen AG. 2007

## Wer gesund bleiben will, muss auch gesund wohnen

Michael Kunze, Vorstand des Instituts für Sozialmedizin an der Medizinischen Universität Wien, Mitglied des Obersten Sanitätsrats, Vorstand des Österreichischen Nikotinstituts, aktiv in zahlreichen Gesundheitsplattformen und Mitglied des Nachhaltigkeitsbeirats im Fachverband der Stein- und keramischen Industrie.

In die Nachhaltigkeitsdebatte im Bausektor sind der Mensch und die sozialen Aspekte – wie etwa die Wohnqualität - verstärkt zu integrieren. Komfort ist ein komplex zusammengesetztes Phänomen aus Architektur, Wohnraumgestaltung, Raumklima, Nachbarschaft, Infrastruktur, Leistbarkeit in Anschaffung und Erhaltung, Schallschutz und vielem mehr. Eine hohe Qualität des Gebäudes trägt entscheidend dazu bei, dass sich die Bewohner rundum sicher und behaglich fühlen.

Die Mehrzahl der Menschen in den Industriestaaten verbringt mehr als 90 % des Tages in Innenräumen: im Wohnbereich, in Ausbildungsstätten, am Arbeitsplatz. Gebäude, die nicht den gesundheitlichen Standards entsprechen wie etwa durch Produkte, die in Innenräumen flüchtige Verbindungen freisetzen oder defekte Klimaanlageanlagen, können das Sick Building Syndrom SBS, die sogenannte gebäudebezogene Krankheit, auslösen. Diese äußert sich in Allergien oder Infektionen bis hin zu akuten Atembeschwerden. Die sorgfältige Auswahl von Baustoffen und Bauchemikalien zur Vermeidung von Schadstoffen in Innenräumen ist daher unabdingbar.

Die Szenarien für den Klimawandel prognostizieren für Österreich eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass die sommerlichen Temperaturen ansteigen werden. Bereits jetzt ist beim Energieverbrauch von Gebäuden eine Verlagerung von der Raumheizung hin zur Kühlung zu verzeichnen. Aus diesem Grund wird für die Planung von Gebäuden die Vermeidung sommerlicher Überwärmung immer wichtiger. Extreme Hitze im Sommer wird von Menschen oftmals als erhöhte körperliche Belastung empfunden und führt zu deutlichen Einbußen an Komfort. Klimaanlageanlagen schaffen zwar eine kurzfristige Abhilfe, werden jedoch aufgrund des großen Unterschieds zur Außentemperatur und des starken Kühlungseffekts mit Zugluft auf Dauer als unangenehm empfunden. Daher müssen Baustoffe, Bauweisen und nicht zuletzt das individuelle Lüftungsverhalten verstärkt ihren Beitrag zu einem angenehmen Raumklima leisten.



# ÖGNB

## Österreichische Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen



Mit der Gründung der Österreichischen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - ÖGNB wird ein neues Kapitel der Bauwirtschaft in Österreich begonnen: Im Zentrum steht der Wissensaustausch und die Kommunikation für mehr Nachhaltigkeit im Bauwesen. Ein Ziel, welches durch das Vorantreiben von Qualitätsstandards für den Hochbau erreicht werden soll. Mit "Total Quality Building" wird dabei ein umfassendes Gebäudebewertungsinstrument verwendet, welches speziell für den österreichischen Hochbau entwickelt wurde und seit dem Jahr 2002 am Markt ist.

Unterstützen Sie den österreichischen Weg und werden Sie Mitglied bei der ÖGNB.

**ÖGNB**  
Österreichische Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen

**ENERGYbase**

**Bürogebäude ENERGYbase**

Architektur: pes Architekten  
Haustechnik: KWI Engineers  
Tragwerksplanung: RWT plus  
Simulation/Monitoring: arsenal research

Bauherr:  
Wiener Wirtschaftsförderungsfonds  
Ebendorferstr. 2  
A-1010 Wien

**886**  
von 1.000 möglichen  
Qualitätspunkten

Total Quality Building  
Geprüfte Qualität

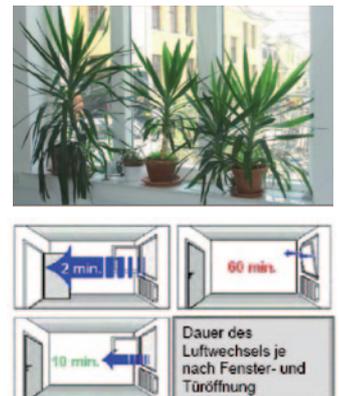
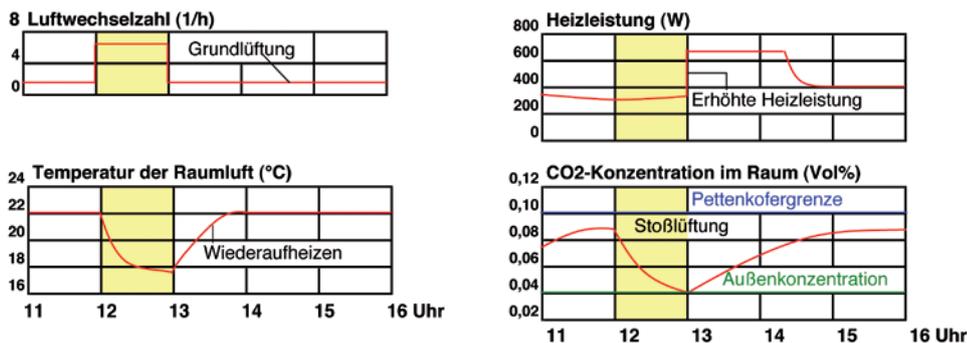
Weiterführende Informationen: [www.oegnb.net](http://www.oegnb.net)

# Grundlagen der Wohnraumlüftung

Heinz Koberger, Planungsbüro für technische Gebäudeausrüstung und Solartechnik

## 1. Einleitung

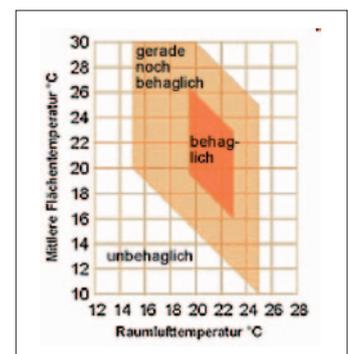
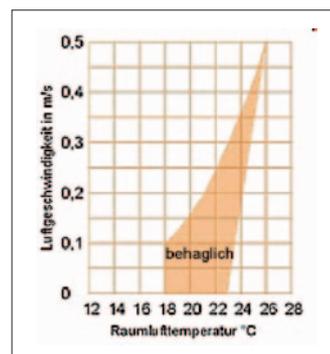
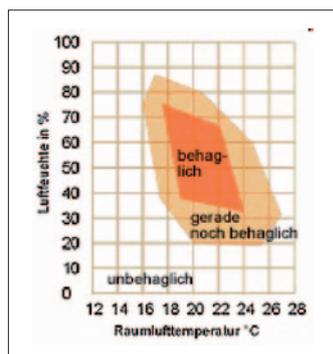
Für ein gesundes, behagliches Raumklima ist regelmäßiges Lüften erforderlich. Der Frischluftbedarf hängt von der Personenanzahl und der Raumnutzung ab, die notwendige Lüftungsdauer wird durch Witterungsverhältnisse und Anordnung der Lüftungsöffnungen beeinflusst. Entsprechend durchgeführter Untersuchungen müsste für einen ausreichenden Luftaustausch alle zwei Stunden eine Stoßlüftung durchgeführt werden. In der Praxis ist diese Form der Lüftung so gut wie nie anzutreffen. Durch den hohen Standard bei Neubauten – die Gebäude sind im Normalfall sehr dicht ausgeführt – kommt es daher zu einer Unterversorgung mit Frischluft. Dies führt dazu, dass Schadstoffe, Gerüche und überschüssige Feuchtigkeit unzureichend abgeführt werden und zu Bauschäden (Schimmelbildung) bzw. unbehaglichem Raumklima (Gerüche, zu hohe CO<sub>2</sub>-Werte) führen können.



## 2. Physiologie des Menschen

Grundsätzlich hängt das „Wohlbefinden“ des Menschen von unzähligen Faktoren ab. Messbare Klimafaktoren, die in das Klimakzept des Gebäudes einfließen müssen, sind: Tätigkeitsgrad, Bekleidung, operative Raumtemperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und Luftqualität.

Dass der Luftwechsel in Wohngebäuden einen entscheidenden Einfluss auf die Behaglichkeit hat, wurde bereits 1858 von Dr. Max Pettenkofer festgestellt und dokumentiert. Bis heute hat sich der „Pettenkofer-Wert“ von 0,1 Vol% (1000ppm) CO<sub>2</sub> als Indikator und Grenzwert für gute Luftqualität etabliert.



### 3. Wechselwirkung: Nutzung – Gebäude – Technik

Wie bereits angeführt, ist es in geschlossenen Räumen erforderlich, für regelmäßige Frischluftzufuhr zu sorgen. Als hygienisch notwendige Frischluftzufuhr ist ein stündlicher Mindestluftwechsel von 50 % anzusehen.

Dies führt aber bei konventioneller Fensterlüftung unweigerlich zu hohen Wärmeverlusten und unbehaglichen „Betriebszuständen“. Die Folge ist, dass unzureichend gelüftet wird und durch die dichte Gebäudehülle eine unzureichende natürliche Lüftung (Infiltration) stattfindet.

Infolge dessen erhöht sich die Luftfeuchtigkeit im Gebäude (in einem 4-Personen-Haushalt werden ca. 10 Liter Wasser während der Nutzung des Gebäudes – Kochen, Waschen, Duschen, etc. – produziert) und es kann zu Feuchteschäden und Schimmelpilzbefall kommen.

### 4. Vorteile der Wohnraumlüftung

Hohe Energieverluste durch Fensterlüftung gehören bei Komfortlüftungen der Vergangenheit an. Durch entsprechende Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung wird bei guten Anlagen über 70 % der in der Abluft enthaltenen Wärme der Zuluft zugeführt. Neben den Komfortgründen spricht also für die Investition in eine Wohnraumlüftung auch die Sicherung der langfristigen Wertbeständigkeit eines Gebäudes. Durch die kontrollierte Luftführung kann dem Nutzer auch durch entsprechende Filterstufen (z.B. Pollenfilter) ein sehr hoher Standard bei der Luftqualität angeboten werden. Jedoch sollte hierbei auch der Nutzer der Anlage darüber aufgeklärt werden, dass mit steigender Filterqualität auch der Wartungsaufwand höher wird. Nicht unwesentlich ist in Ballungszentren mit erhöhtem Lärm- und Staubaufkommen der Vorteil, nicht über die Fenster lüften zu müssen. Zusammenfassend können die Vorteile wie folgt aufgelistet werden:

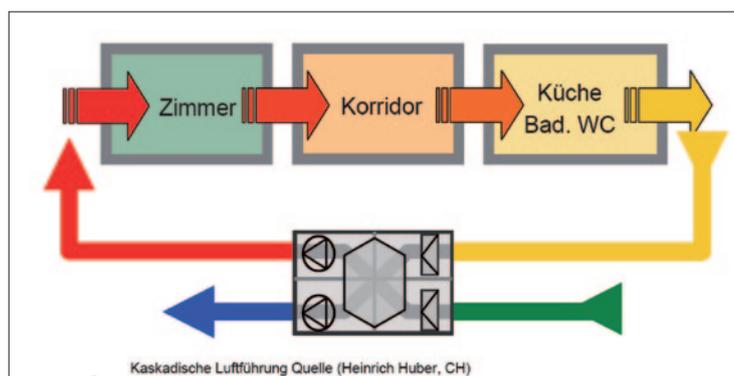
- Ständig frische Luft in allen Räumen
- Abfuhr von unangenehmen Gerüchen, Schadstoffen und Feuchtigkeit
- Keine Zugerscheinungen durch eintretende Kaltluft
- Lärm, Staub und Pollen bleiben außerhalb der Wohneinheit
- Reduktion der Heizkosten (Durchschnittshaushalt: ca. 2000-3000 kWh)
- Erhaltung einer gesunden Bausubstanz

### 5. Funktionsweise

Das Prinzip der Komfortlüftungsanlage ist denkbar einfach:

Außenluft wird direkt von außen oder über einen Erdwärmetauscher (Vorwärmung im Winter auf ca. 0 °C / Abkühlung im Sommer auf ca. 22 °C) angesaugt und gefiltert, im Lüftungsgerät erfolgt dann die Erwärmung der Frischluft. Frischluft und Abluft kommen dabei nicht in Berührung.

Über ein Rohrsystem strömt die aufbereitete Zuluft in Wohn- und Schlafräume ein und weiter über Gänge in Küche, Bad und WC. Dort wird die verbrauchte Luft über das Rohrsystem abgesaugt und dem zentralen Lüftungsgerät zugeführt.



(Quellabsaugung verringert die Geruchsbelastung drastisch!). Nachdem die Abluft im Wärmetauscher abgekühlt wurde, wird die verbrauchte Luft ins Freie abgeführt. Der Wohnbereich wird also in Zuluftzone, Überströmzone und Abluftzone unterteilt. Für den Betrieb der Anlage stehen im Normalfall drei Lüfterstufen zur Verfügung. Dabei wird der Maximalvolumenstrom auf den jeweiligen Bedarfsfall angepasst. Die Abwesenheitsstufe wird mit 30 %, die Normalstufe mit 70 % und die Intensivstufe (Party) mit 100 % betrieben, wobei die Intensivstufe nur mit zeitlicher Begrenzung im Einsatz ist.

## 6. Planung und Ausführung

Je früher die Entscheidung für eine Wohnraumlüftung fällt, desto einfacher und kostengünstiger lässt sie sich planen und umsetzen. Voraussetzung für einen effizienten und störungsfreien Betrieb sind:

- eine dichte Gebäudehülle (Nachweis über einen Blower-Door-Test – EN 13829,  $n_{50} = 1,0$ )
- geeignete Dunstabzugshauben
- raumluftunabhängige Feuerstätten (nur Öfen mit Prüfzeugnis)

### Lüftungsgerät

Zentrale, frostfreie Aufstellung um das Rohrsystem möglichst kurz zu halten.

Montage schalldämpfend und leicht zugänglich (Wartungsarbeiten!)

Die Dimensionierung des Luftvolumenstromes erfolgt nach dem größten Wert der nachfolgenden 4 Kriterien (ÖNORM H6038):

1. Ermittlung des personenbezogenen Mindest-Außenluftvolumenstromes pro Wohnung ( $36\text{m}^3/\text{Person}$ )
2. Ermittlung des Mindest-Außenluftvolumenstromes nach dem wohnungsbezogenen Mindestluftwechsel (0,5facher LW)
3. Ermittlung des personenbezogenen Mindest-Außenluftvolumenstromes jedes Raumes
4. Ermittlung des Mindest-Abluftvolumenstromes jedes Raumes

Mindestzuluftstrom Nutzung	Einzelräume $\text{m}^3/\text{h}$	Mindestablufstrom Nutzung	Einzelräume $\text{m}^3/\text{h}$
Wohnzimmer	60	Küche/Kochnische	60
Schlafzimmer	50	Bad	40
Kinderzimmer (2)	50	WC	20
Kinderzimmer (1)	25	Abstellraum	10
Einzelbüro	25		

Die Effizienz der Wärmerückgewinnung muss durch ein Prüfzeugnis nachgewiesen werden (ab 2012 nach EN13141) und sollte bei zumindest 70 % liegen. Ebenso ist auf die spezifische Leistungsaufnahme der gesamten Anlage zu achten. Der Grenzwert ist hierbei mit max.  $0,45\text{ W}/(\text{m}^3\text{h})$  anzusetzen.

Filterqualität: Zuluft mind. F6 (empfohlen F7) / Abluft mind. G4 (entsprechend EN779). Filter sollten unabhängig von der Filterwechselanzeige einmal jährlich ausgetauscht werden. Beim Einsatz eines EWT ist der Filter bei der Ansaugstelle zu situieren (Reinhaltung der EWT-Rohre)!

Die Einregulierung der Volumenströme auf der Zu- und Abluftseite muss automatisch mit einer Maximalabweichung von 10 % erfolgen.

Die Schallemission der Ventilatoren wird durch die an den Anschlüssen angeordneten Schalldämpfer reduziert.

### Rohrsystem

Das Rohrsystem muss die gleiche Lebensdauer aufweisen wie das Gebäude. Aus diesem Ansatz heraus wird schnell klar, dass die Planung dieser Systemkomponente mit großer Sorgfalt durchgeführt werden muss. Die verwendeten Rohre sollten innen glattwandig und dicht sowie einfach zu reinigen sein. Die Befestigung der Rohrleitungen an Wänden und Decken müssen mit schalldämmten Rohrschellen erfolgen. Flexible Schläuche weisen einen hohen Druckverlust auf, verschmutzen schneller und sind schwieriger zu reinigen. Daher sollten flexible Leitungen weitgehend vermieden werden.

Bei der Detailplanung ist darauf zu achten, dass das Rohrnetz alle zehn bis fünfzehn Jahre gereinigt werden soll (möglichst keine  $90^\circ$  Bögen bzw. ausreichend Reinigungsöffnungen – ÖN EN 12097).

Bei der Leitungsdimensionierung sollte eine Strömungsgeschwindigkeit von  $2,5\text{ m/s}$  in der Hauptluftleitung und  $2\text{ m/s}$  in den Luftleitungen im Raum nicht überschritten werden.

Rohrdurchmesser (mm)	max. Luftmenge (m <sup>3</sup> /h)		
	1,5 m/s	2,0 m/s	2,5 m/s
80	25	35	-
100	40	55	70
125	65	90	110
150	95	120	160
160	110	140	180
200	170	220	280

Je kürzer das Rohrnetz desto besser! – Investitionskosten, Reinigung, Druckverlust = Betriebskosten

**Vorteile der klassischen Verrohrung:**

weniger Rohre, günstiger – ACHTUNG: Telefoneschalldämpfer vorsehen!

**Vorteile der Sternverrohrung:**

geringere Rohrquerschnitte (Verlegung im Bodenaufbau möglich), keine Telefoneschalldämpfer erforderlich, Einregulierung und Reinigung sind einfacher

**Landesspezifische Brandschutzbestimmung beachten!**

Zur Vermeidung einer Raumauskühlung und von Kondensat auf (kalten) Außenluft- und Fortluftleitungen im warmen Bereich (innerhalb der Dämmhülle, im Keller bzw. im geschlossenen Dachraum), sind die Leitungen ausreichend zu dämmen (Dämmstärken von 30 bis 80mm – je nach Anforderung auch diffusionsdicht!).

**Lufteinbringung / Ventile**

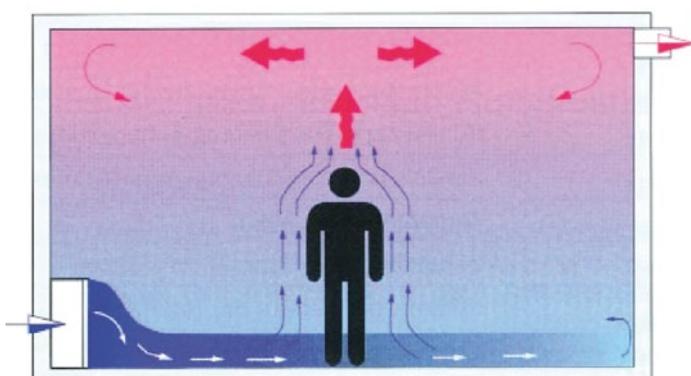
**Induktionslüftung:**

>> schlechtere Schadstoffabfuhr / gleichmäßigere Raumtemperatur

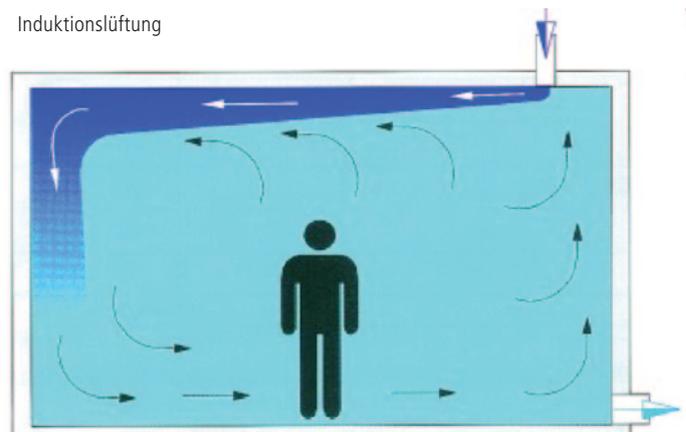
**Quelllüftung:**

>> bessere Schadstoffabfuhr / ungleichmäßigere Raumtemperatur – aufwendigere Verrohrung

Quelllüftung



Induktionslüftung



Ventile sind so auszulegen, dass die dimensionierten Luftmengen annähernd geräuschlos zu- und abgeführt werden können. Besonderes Augenmerk ist dabei den Schlafräumen zu schenken (gegebenenfalls zwei Ventile vorsehen).

Raumnutzung	max. Wert dB(A)	max. Wert dB(C)
Schlafräume	23	43
Wohnbereich	25	45
Küche, Bad	27	-
Geräteraum, AR	35	-

Eine Abdeckung der Heizlast eines Gebäudes über die Lüftungsanlage ist nur bis zu einer spezifischen Leistung von  $10 \text{ W/m}^2$  möglich!

Mögliche Probleme:

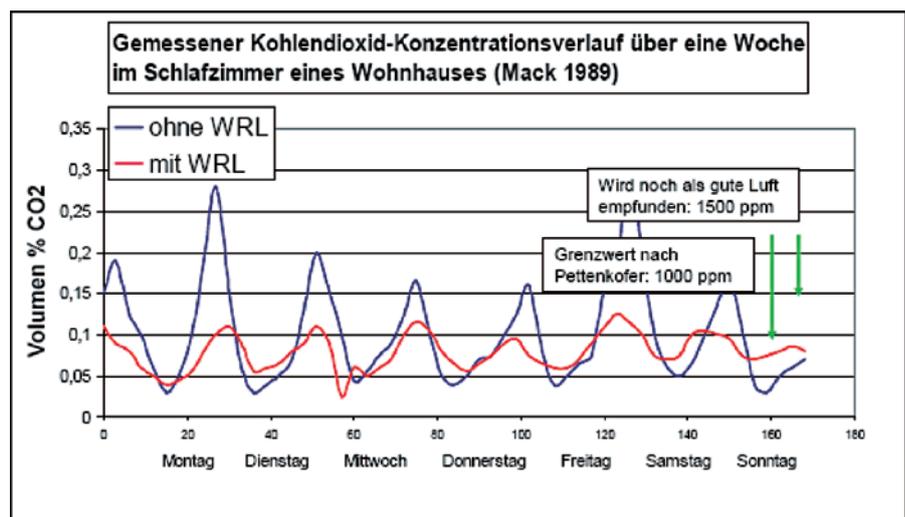
- keine warmen Heizflächen (Individualbedürfnis der Nutzer!)
- Raumtemperatur nicht regelbar
- Schlafzimmer zu warm – Bad zu kalt?
- jeder Raum muss unter  $10 \text{ W/m}^2$  sein
- unvorhergesehene Auskühlung – lange Aufheizzeiten!
- Quelläftung ist nicht möglich

## 7. Zusammenfassung

Neben energetischen Gründen (Verbesserung der Energiekennzahl um bis zu  $20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) sprechen auch der deutlich gesteigerte Wohnkomfort und die Sicherung der Gebäudesubstanz und somit auch die Werterhaltung der Immobilie für den Einsatz einer Komfortlüftungsanlage.

Durch eine Kooperation aller beteiligten Professionisten – Architekt/Baumeister/Haustechnikplaner/Installateur – ist es möglich, effiziente und zufrieden stellende Lüftungsanlagen herzustellen.

Unumgänglich sind jedoch eine entsprechende Einschulung der Nutzer sowie die regelmäßige Wartung der Anlage.





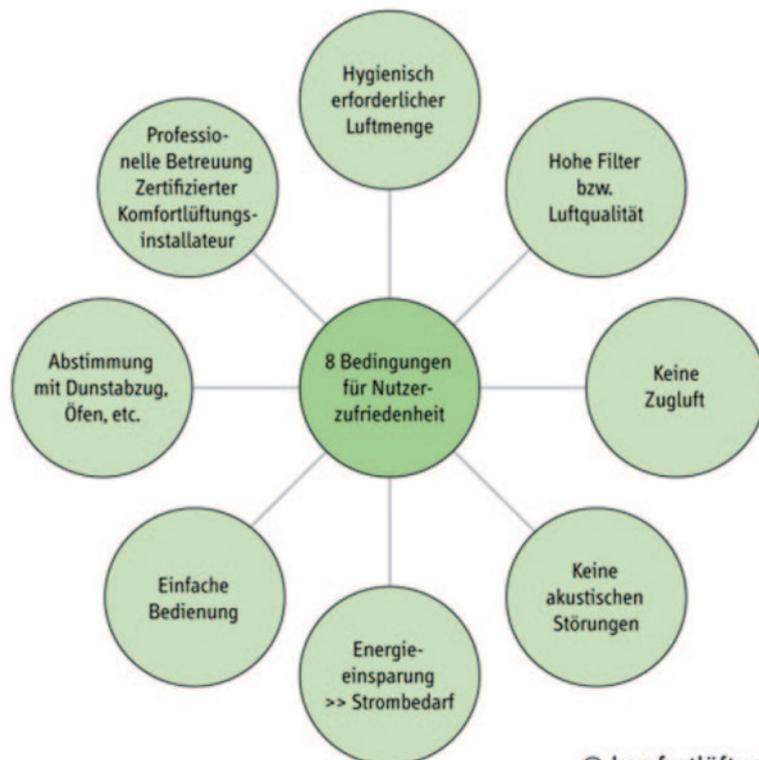
## 60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen – Mehrfamilienhaus (MFH)

Andreas Greml, Technisches Büro Andreas Greml

### 1. Was ist eine Komfortlüftung?

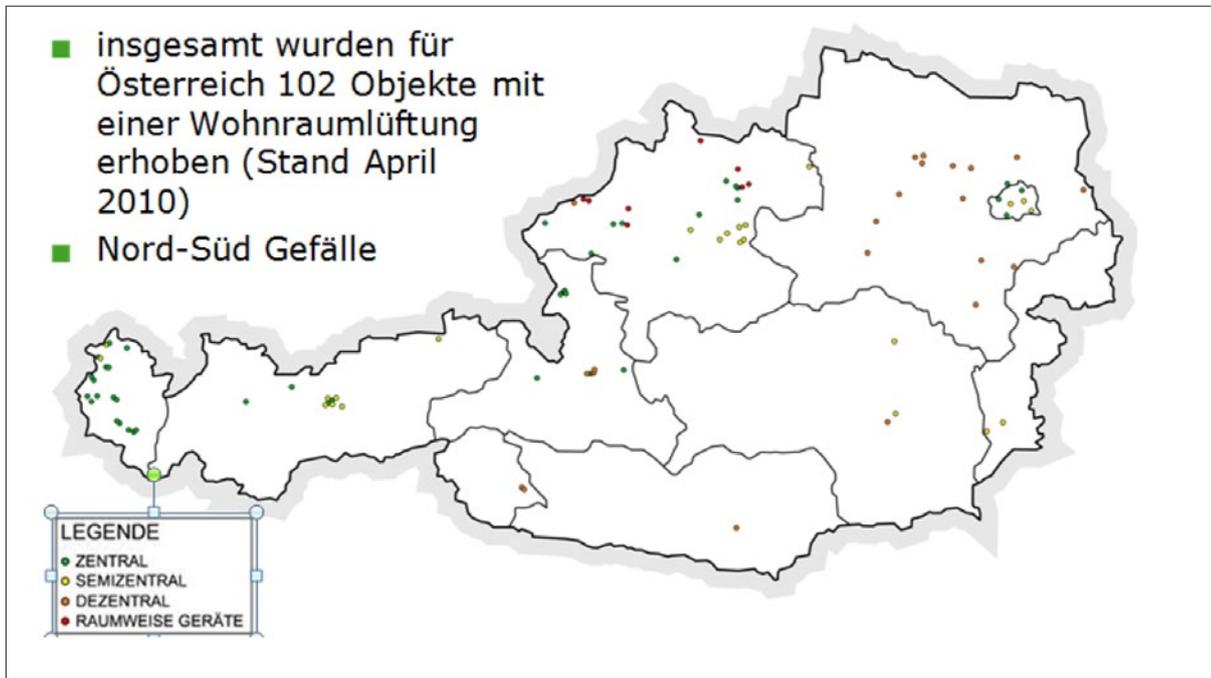
Eine Komfortlüftung ist eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, die besonders komfortabel und energiesparend ausgelegt ist.

**komfortlüftung.at**  
gesund & energieeffizient

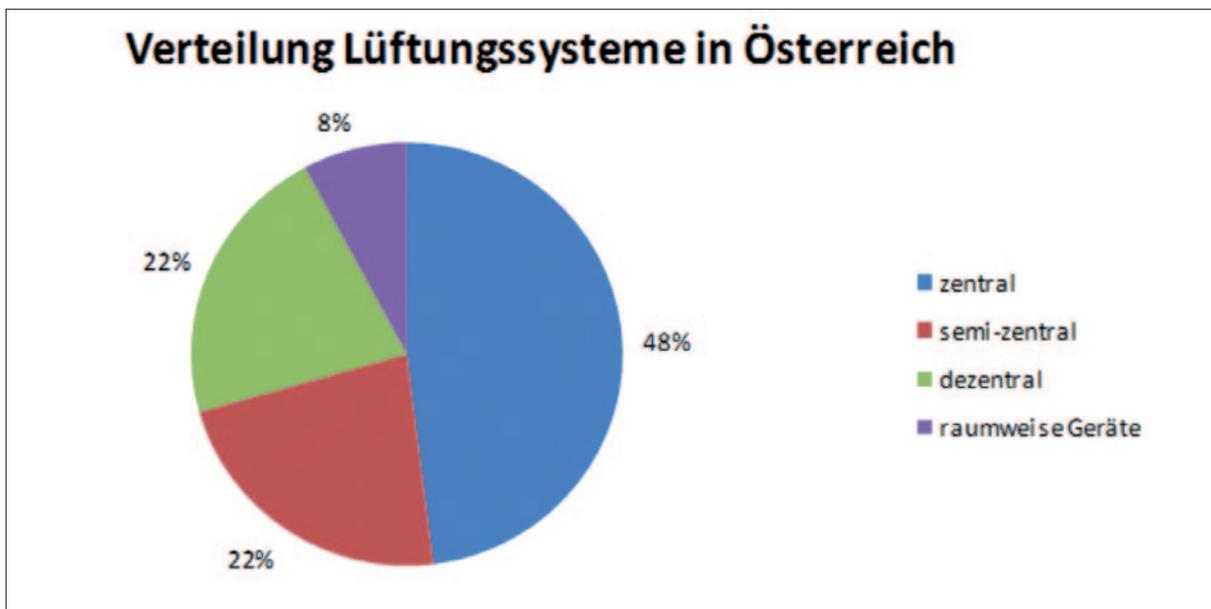


## 2. Erfahrungen und Ergebnisse der Evaluierung?

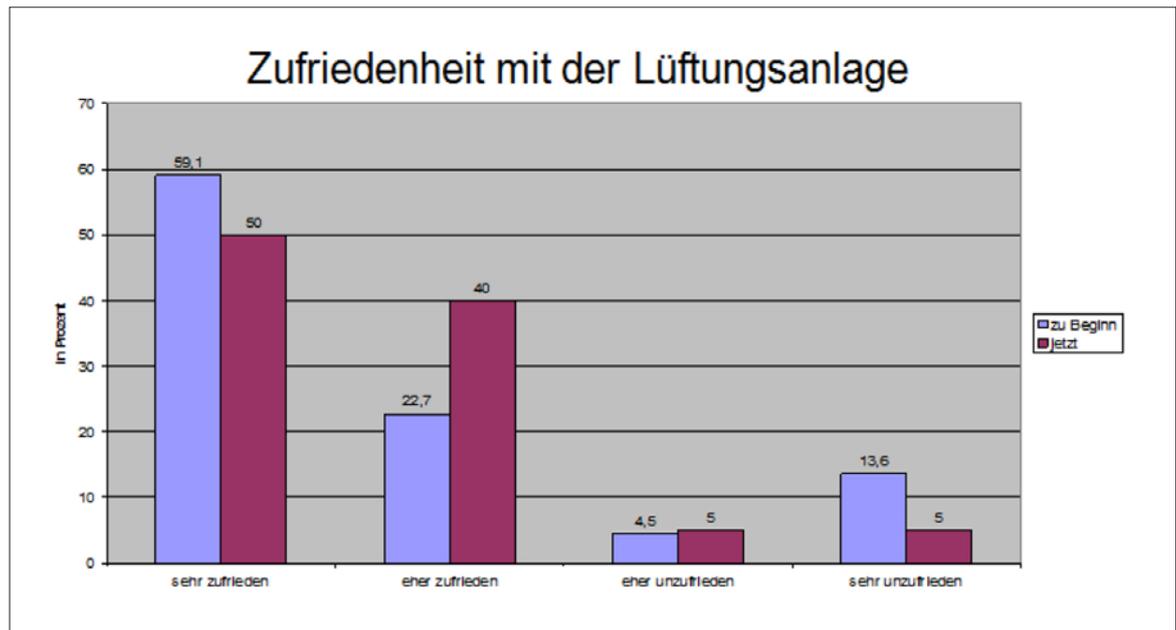
Insgesamt wurden 14 der 102 Objekte in Österreich evaluiert.



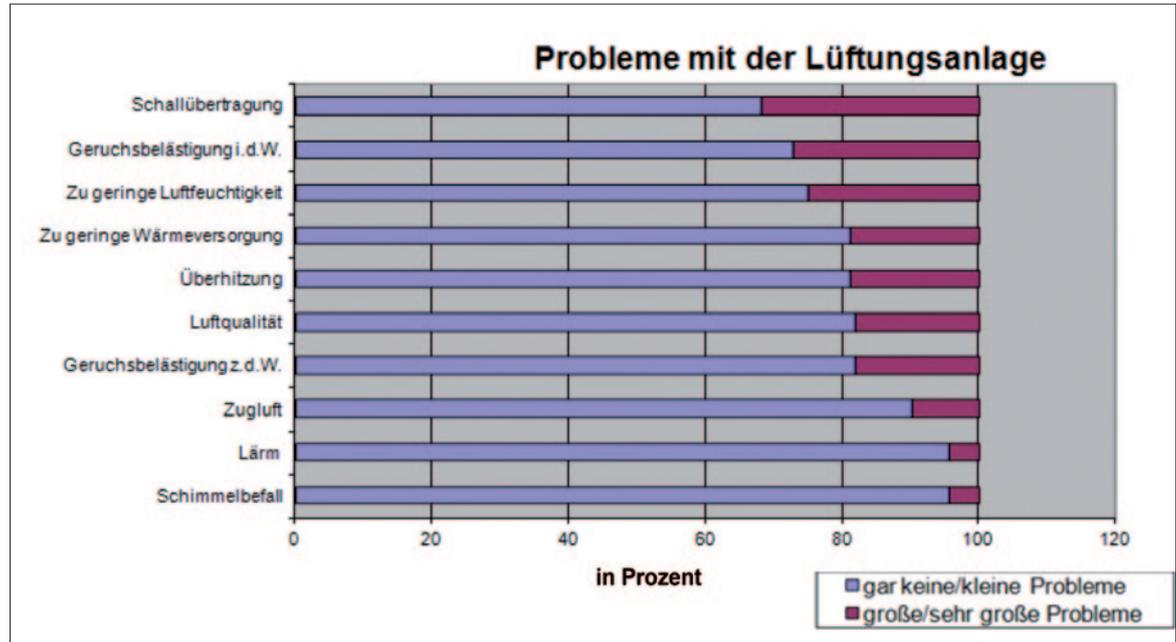
Zentrale Systeme überwiegen.



90 % sind jetzt sehr zufrieden oder eher zufrieden.



Lärm war die häufigste Beanstandung



#### Haupt-Kritikpunkte der Technischen Evaluierung

1. Ungenügende Luftmengen (Lüftung nur zum Feuchteschutz)
2. Zu hohe Schallpegel im Wohnbereich
3. Zu hohe Druckverluste bzw. Strombedarf

**Weitere Kritikpunkte:**

- Nicht optimierte Grundrisse für kaskadische Nutzung
- keine ausreichende Anpassung der Luftmenge an die Nutzung
- Geruchsübertragung durch Ansaug- und Fortluftsituationen
- Geruchübertragung zwischen den Wohnungen
- Zu geringe Dämmung der Luftleitungen
- Sommerlicher Wärmeeintrag durch ungünstige Luftansaugung
- Keine ausreichende Betreuung der Anlage bzw. keine Fernwartung
- Ungenügende Aufklärung von NachnutzerInnen

**3. Anlagensysteme im MFH – Systematik**

Die hauptsächlich verwendeten Anlagensysteme im MFH lassen sich in 6 Klassen einteilen. Die Verwendung der Begriffe „zentral“ und „dezentral“ richtet sich dabei nach der Lage der Wärmerückgewinnung. Der Zusatz „semi“ bedeutet, dass ein oder mehrere Hauptkomponenten (z. B. Ventilatoren) sowohl zentral als auch dezentral eingesetzt werden. Im Planungsleitfaden wurde auch eine Kategorie „semi-dezentral“ aufgenommen, die sich systembedingt von „semi-zentral“ unterscheidet.

**(13) Anlagensystem (AS))**

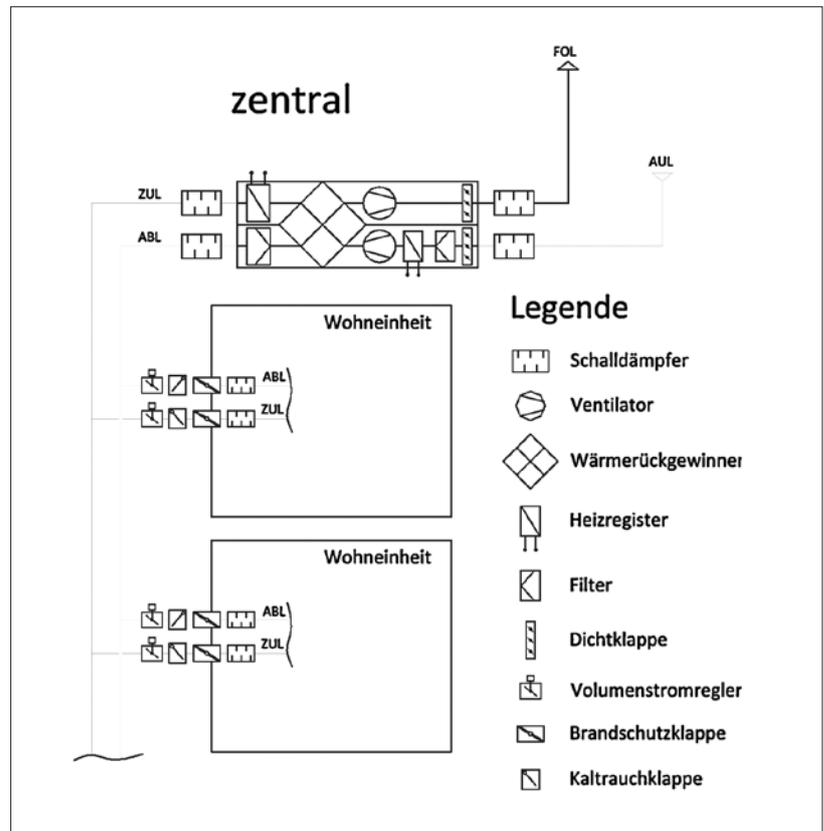
	<b>Bezeichnung</b>	<b>Beschreibung</b>
Z	zentral (Mehrwohnungssystem)	Ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung versorgt mehrere Wohnungen.
SZ	semi-zentral (Mehrwohnungssystem)	Ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung versorgt mehrere Wohnungen mit konstantem Vordruck. Die Volumenstromanpassung erfolgt durch Sekundär-Ventilatoren für Zu- und Abluft je Wohneinheit.
SD	semi-dezentral (Mehrwohnungssystem)	Je Wohneinheit gibt es ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung. Die Außenluftansaugung (Filterung, Vorwärmung,...) und/oder die Fortluftführung erfolgen zentral mit Stützventilatoren mit konstantem Vordruck.
D	dezentral (Einzelwohnungssystem)	Je Wohneinheit gibt es ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung. Die Luftaufbereitung der Außenluft (Filterung, Vorwärmung) und die Fortluftausblasung erfolgen für jede Wohnung getrennt.
RK	raumkombiniert (Mehrraumssystem)	Je Wohneinheit gibt es zwei oder mehrere Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung, die jeweils mindestens 2 Räume versorgen, wobei mindestens ein Raum als Zuluft- und einer als Abluftraum fungiert (z.B. Wohnzimmer – Küche, Schlafzimmer – Bad).
RW	raumweise (Einzelraumssystem)	Für jeden Raum gibt es ein oder mehrere Kleinlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung.

Nachfolgend sind die grundsätzlichen Systemvarianten schematisch dargestellt. Abwandlungen und Zwischenlösungen sind auch möglich, werden jedoch selten realisiert. Die allgemeinen Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme finden Sie im Kapitel 7 des Endberichtes „Evaluierung von zentralen und semizentralen Komfortlüftungen im MFH“

**Systematik Komfortlüftung – MFH nach www.komfortlüftung.at**

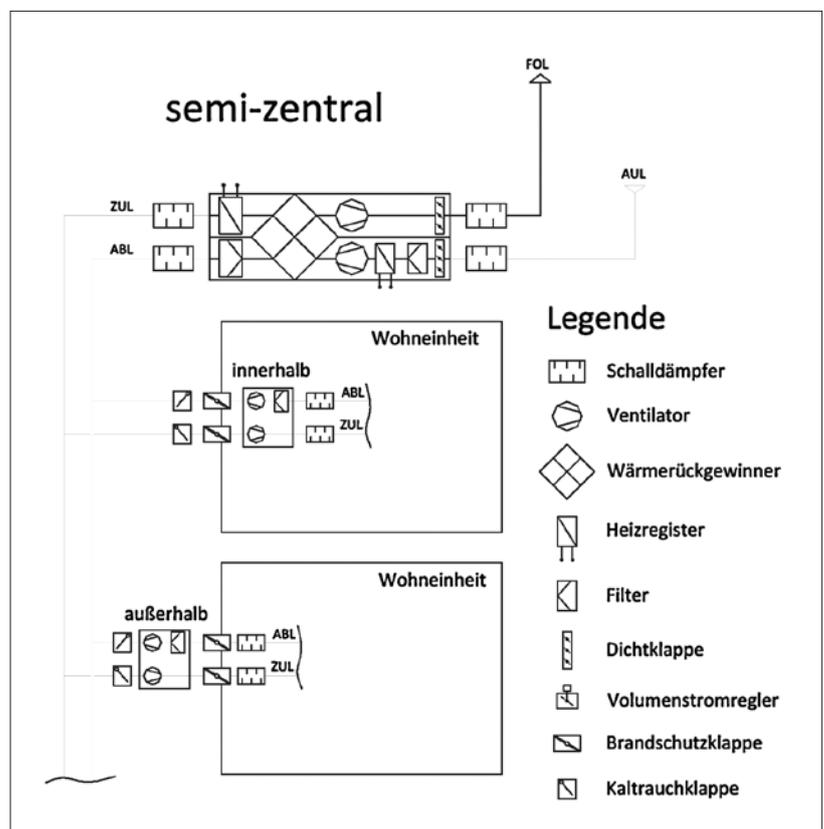
**System „zentral“ (Z):**

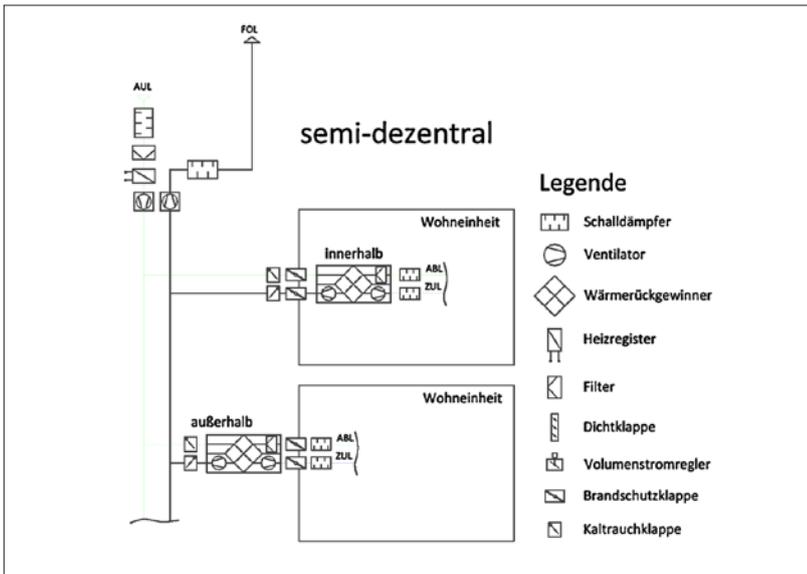
Ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung versorgt mehrere Wohnungen.



**System „semi-zentral“ (SZ):**

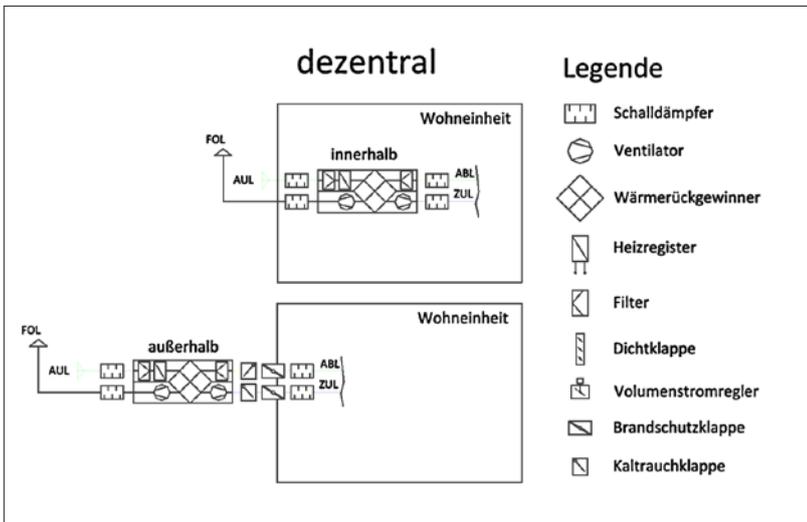
Ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung versorgt mehrere Wohnungen mit konstantem Vordruck. Die Volumenstromanpassung erfolgt durch Sekundär-Ventilatoren für Zu- und Abluft je Wohneinheit.





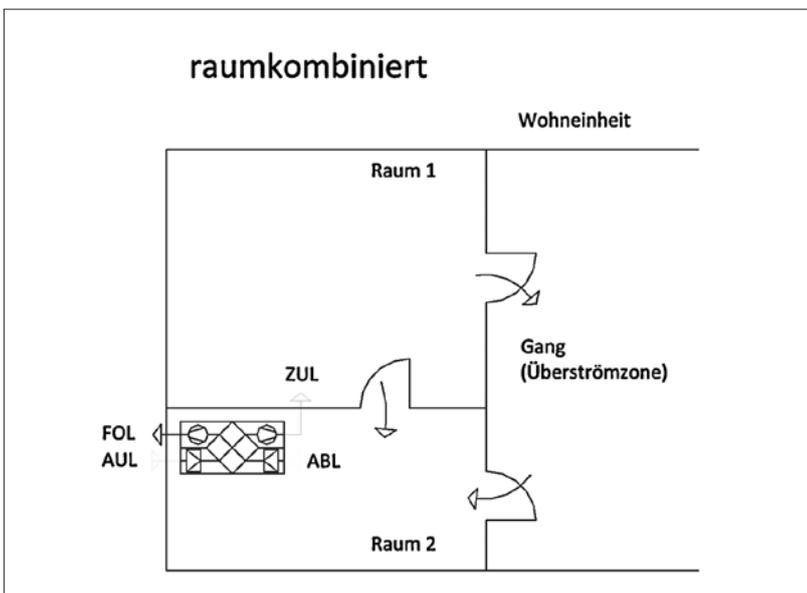
**System „semi-dezentral“ (SD):**

Je Wohneinheit gibt es ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung. Die Außenluftansaugung (Filterung, Vorwärmung,..) und/oder die Fortluftführung erfolgen zentral mit Stützventilatoren mit konstantem Vordruck.



**System „dezentral“ (D):**

Je Wohneinheit gibt es ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung. Die Luftaufbereitung der Außenluft (Filterung, Vorwärmung) und die Fortluftausblasung erfolgen für jede Wohnung getrennt.



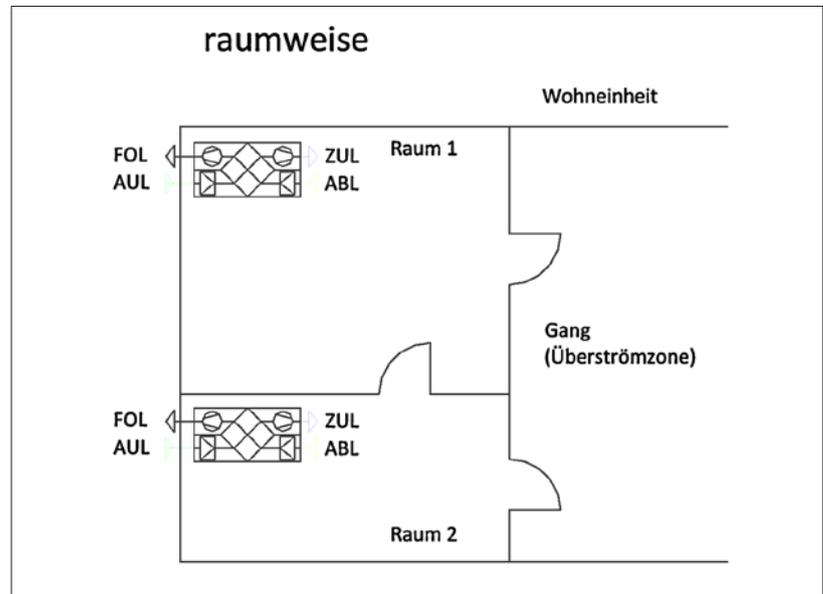
**System „raumkombiniert“ (RK):**

Je Wohneinheit gibt es zwei oder mehrere Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung, die jeweils mindestens 2 Räume versorgen, wobei mindestens ein Raum als Zuluft- und einer als Abluftraum fungiert (z.B. Wohnzimmer - Küche, Schlafzimmer – Bad).

Lösungen, in denen je ein Zuluft- und je ein Abluftraum kombiniert werden (z.B. Wohnzimmer und Küche, bzw. Bad und Schlafzimmer), sind vor allem bei Sanierungen interessant, da sie ohne bzw. nur mit sehr kurzen Luftleitungen auskommen. Das Lüftungsgerät steht im jeweils schalltechnisch unkritischeren Raum d.h. in der Küche bzw. im Bad. Durch die Möglichkeit der Kaskadennutzung ist diese Variante deutlich besser als eine Einzelraumlüftung mit raumweisen Geräten.

#### System „raumweise“ (RW):

Für jeden Raum gibt es ein oder mehrere Kleinlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung.



### 3. Die 60 Qualitätskriterien

Die im Rahmen des Projektes „Evaluierung von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhausbereich“ geschaffenen 60 Qualitätskriterien gelten für zentrale, semizentrale und dezentrale, wohnungsweise Anlagen im Mehrfamilienwohnhaus (MFH). Raumweise Geräte werden in diesen Qualitätskriterien nicht behandelt. Für Einfamilien- bzw. Reihenhäuser gibt es einen eigenen Kriterienkatalog mit 55 Qualitätskriterien.

Nicht gekennzeichnete Qualitätskriterien gelten gleichermaßen für alle drei Anlagentypen, d.h. für zentrale, semizentrale und dezentral wohnungsweise Anlagen. Die mit dezentral oder zentral gekennzeichneten Kriterien gelten jeweils nur für die entsprechende Anlagentypen. Bei einer semizentralen Anlage gelten die Qualitätskriterien jeweils entsprechend für die zentralen bzw. dezentralen Anlagenbereiche.

#### Die Qualitätskriterien gliedern sich in folgende 9 Hauptkategorien:

1. Gebäudevoraussetzungen - Grundsatzentscheidungen
2. Luftmengendimensionierung
3. Behaglichkeitskriterien
4. Gewerkeabstimmung und Dokumentation
5. Ansaugung, Erdreichwärmetauscher, Fortluft (Außenbereiche)
6. Lüftungsgerät inkl. Wärmetauscher und Filter
7. Verteilnetz (Luftleitungen)
8. Übergabe, Reinigung und Instandhaltung
9. Berechnung und Optimierung der Lebenszykluskosten

#### Weiters sind die Kriterien unterteilt in:

(V) = Voraussetzung, (M) = Muss und (E) = Empfehlung

**Grundsätzlich zeichnen die folgenden 8 Punkte eine Komfortlüftung im MFH aus:**

1. Die Luftmenge entspricht dem Bedarf für einen hygienischen Luftaustausch.
2. Die Anlage sichert eine dauerhaft hohe Luftqualität ohne Zugerscheinungen.
3. Das Betriebsgeräusch wird nicht als störend wahrgenommen.
4. Die Heizenergieeinsparung beträgt ein Vielfaches des Stromverbrauches der Anlage.
5. Die Anlage ist mit anderen haustechnischen Einrichtungen wie Heizung, Öfen, Dunstabzug etc. abgestimmt.
6. Die Bedienung der Anlage ist einfach.
7. Planung und Installation der Anlage werden vorzugsweise von erfahrenen KomfortlüftungsplanerInnen bzw. zertifizierten KomfortlüftungsinstallateurInnen durchgeführt.
8. Als Grundlagen für Planung, Errichtung, Betrieb und Wartung dienen die landesspezifischen Gesetze, nationalen Normen und die „60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungsanlagen im MFH“

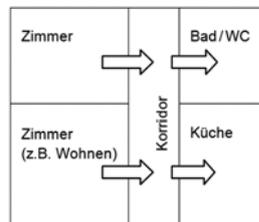
Für den Sonderfall „Luftheizung im Passivhaus“ gibt es 9 spezielle Zusatzkriterien.

Im Folgenden ist ein kleiner Auszug aus den Kriterien enthalten. Die gesamten Kriterien finden Sie auf [www.komfortlüftung.at](http://www.komfortlüftung.at) im Bereich MFH bzw. im Proficenter MFH

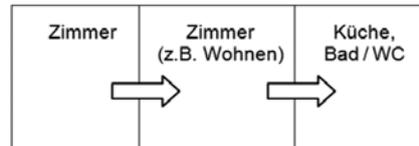
Voraussetzung (V4)	Anforderung
Grundrissgestaltung mit guten Voraussetzungen zur Optimierung der Gesamtluftmenge und für eine einfache Luftleitungsführung.	Grundrisse sollten möglichst so beschaffen sein, dass eine Kaskadennutzung Schlafzimmer – Wohnzimmer möglich ist (Wohnzimmer als Überströmbereich) und damit das Abluft- bzw. Personenkriterium zum entscheidenden Auslegungskriterium für die Gesamtluftmenge wird.  Grundrisse sollten so beschaffen sein, dass jeweils alle Zuluft- und alle Ablufträume beisammen liegen.

Die Optimierung der Gesamtluftmenge der Wohnung ist eine der Voraussetzungen für einen energieeffizienten Betrieb und die Einhaltung der Feuchtekriterien auch ohne Feuchterückgewinnung bzw. aktive Befeuchtung. Die folgenden theoretischen und praktischen Beispiele zeigen die Unterschiede der Luftmengen mit und ohne Kaskadennutzung Schlafzimmer – Wohnzimmer auf. Bei einer optimierten Kaskadennutzung können die Luftmengen letztendlich immer auf das Abluft- bzw. Personenkriterium reduziert werden.

**Kaskadennutzung ohne Einbeziehung des Wohnzimmers in den Überströmbereich**



**Kaskadennutzung mit Einbeziehung des Wohnzimmers in den Überströmbereich**



Quelle: SIA 382/1

Durch die Einbeziehung des Wohnzimmers in die Kaskadennutzung kann die Luftmenge für das Wohnzimmer entsprechend reduziert werden. Bei der Kombination Elternschlafzimmer und Wohnzimmer passt die gegenseitige Nutzung normalerweise immer zusammen. Bei der Kombination Kinderzimmer und Wohnzimmer fallen die Nutzungen jedoch zeitlich oft zusammen. D.h. man hat für das Wohnzimmer nur einen Vorteil, wenn das Kinderzimmer gerade nicht genutzt wird.

Nachteil der Kaskadennutzung mit Einbeziehung des Wohnzimmers in den Überströmbereich ist, dass eventuelle Geruchsbelastungen, insbesondere aus den Kinderzimmern, in das Wohnzimmer transportiert werden können.

tiert werden. Beim Schlafzimmer ist aufgrund der nicht gleichzeitigen Nutzung mit dem Wohnzimmer die Geruchsübertragung unproblematisch. Nur im Krankheitsfall erscheint die Überströmung vom Schlafzimmer auf das Wohnzimmer problematisch. Da die Luftverhältnisse jedoch in der gesamten Wohnung bei einer Komfortlüftung gegenüber einer Fensterlüftung auch in diesem Fall deutlich besser sind, erscheint dieser Nachteil hinnehmbar.

Qualitätskriterium 1 (M)	Anforderung
Mindestzuluftvolumenströme (für die Auslegung) von einzelnen Zulufräumen beim Betriebsluftvolumenstrom.	a) Wohnzimmer: 60 m <sup>3</sup> /h*
Der tatsächliche Betriebsvolumenstrom muss dann auf die aktuell vorherrschende Personenbelegung angepasst werden.	b) Schlafzimmer: 50 m <sup>3</sup> /h
* Bei Kaskadennutzung abzüglich der überströmenden Luftmenge	c) Kinderzimmer: 50 m <sup>3</sup> /h (zwei Kinder)
	d) Kinderzimmer: 25 m <sup>3</sup> /h (ein Kind)
	e) Einzelbüro: 25 m <sup>3</sup> /h
	f) Stiegenhaus innerhalb der Gebäudehülle: ca. 0,1–0,2facher Luftwechsel
Qualitätskriterium 2 (M)	Anforderung
Mindestabluftvolumenströme (für die Auslegung) von einzelnen Ablufträumen beim Betriebsluftvolumenstrom	a) Küche/Kochnische: 60 m <sup>3</sup> /h
	b) Bad: 40 m <sup>3</sup> /h
	c) WC: 20 m <sup>3</sup> /h (direkt aus der WC-Schale 10 m <sup>3</sup> /h)
	d) Abstellraum: 10 m <sup>3</sup> /h
	e) Stiegenhaus innerhalb der thermischen Gebäudehülle: 0,2facher Luftwechsel
Qualitätskriterium 3 (M)	Anforderung
Mindestluftwechsel (für die Auslegung) pro Wohnungseinheit bzw. für das Stiegenhaus (in der Dämmhülle) beim Betriebsvolumenstrom	a) Der Mindestluftwechsel bezogen auf das Nettoluftvolumen sollte bis 150 m <sup>2</sup> NF zumindest 0,5fach/h und für den Anteil über 150 m <sup>2</sup> NF zumindest 0,3fach/h betragen. (Defaultwert Raumhöhe: 2,6 m)
	b) Der Mindestluftwechsel des in der Gebäudehülle liegenden Stiegenhauses soll ca. 0,2fach betragen
Qualitätskriterium 4 (M)	Anforderung
Mindestaußenluftrate (für die Auslegung) pro Person beim Betriebsluftvolumenstrom für die gesamte Wohnung	Mindestens 36 m <sup>3</sup> /h und Person nach ÖNORM H 6038

Für die leichtere Handhabung dieser Kriterien 1 bis 4 wurde ein Dimensionierungsblatt für die Luftmengenberechnung erstellt. Dieses steht auf der Homepage [www.komfortlüftung.at](http://www.komfortlüftung.at) zum Download zur Verfügung.

Qualitätskriterium 23 (M)	Anforderung	
<p>Effiziente Wärmerückgewinnung</p> <p>*Temperaturdifferenz zwischen einströmender und ausströmender Luft eines Luftstromes geteilt durch die Temperaturdifferenz zwischen der einströmenden Luft der beiden Luftströme.</p> <p>**Derzeit gibt es für dezentrale Geräte leider noch keine einheitliche europäische Prüfung. Deswegen sind alternativ die unterschiedlichen Prüfverfahren des Passivhaus-Institutes (PHI) bzw. nach dem DIBt-Prüfreglement mit unterschiedlichen Werten angeführt.</p> <p>***Nur, wenn damit auch die Gesamteffizienz (inkl. Strombedarf) erhöht wird.</p>	<p>a) Abluftseitiges Temperaturverhältnis* ohne Kondensation nach EN 13141-7, zumindest 70 % ** Zielwert: &gt; 75 %</p> <p>b) Alternativ für dezentrale Anlagen: Effektiver, trockener Wärmebereitstellungsgrad d nach PHI-Prüfreglement, zumindest 75 % Zielwert: &gt; 80 % oder Wärmebereitstellungsgrad nach DIBt-Prüfreglement, mindestens 84 % nach TZWL-Liste Zielwert: &gt; 89 %</p>	<p>a) Zentral: Rückwärmezahl nach EN 308 bezogen auf die Fortluftseite, zumindest 70 % Zielwert: &gt; 75 %*** und Optimierung über Lebenszyklusrechnung</p> <p>Zentral: keine Alternativen</p>

Eine hohe Wärmerückgewinnung erhöht theoretisch nicht immer die Gesamtenergieeffizienz des Komfortlüftungssystems. Es ist zu beachten, dass Geräte mit höherer Wärmerückgewinnung auch höhere Druckverluste (bei gleicher Gerätegröße) und höhere Vereisungstemperaturen aufweisen. Dies ist bei der Berechnung der Gesamtenergiebilanz bzw. bei der Dimensionierung des Erdwärmetauschers oder der Vorwärmung zu berücksichtigen. Über die Lebenszykluskostenrechner einzelner Hersteller kann die optimale Wärmerückgewinnung abhängig vom Gebäudestandort ermittelt werden.

Daher sind die Zielwerte bei der Wärmerückgewinnung immer nur unter dem Aspekt der Erzielung einer höheren Gesamteffizienz zu sehen. Anlagen mit Erdwärmetauscher und entsprechend niedriger Luftgeschwindigkeiten im Gerät sind jedoch immer umso effizienter, je höher die Rückwärmezahl ist.

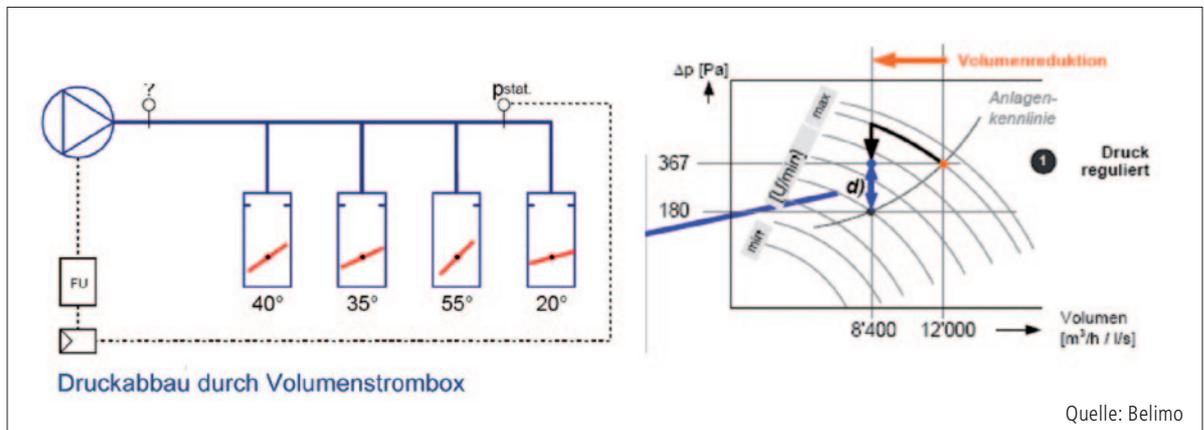
Qualitätskriterium 38 (M)	Anforderung	
Geringer externer Druckabfall im Luftleitungsnetz beim Betriebsluftvolumenstrom	<p>a) Dezentral: Max. 80 Pa je kompletter Zuluftseinheit (Außenluft-Zuluft) Zielwert: 50 Pa</p> <p>b) Dezentral: Max. 50 Pa je kompletter Ablufteinheit (Abluft-Fortluft) Zielwert: 50 Pa</p>	<p>a) Dezentral: Max. 200 Pa , je kompletter Zuluftseinheit (Außenluft-Zuluft) Zielwert: 50 Pa</p> <p>b) Dezentral: Max. 180 Pa je kompletter Ablufteinheit (Abluft-Fortluft) Zielwert: 120 Pa</p>

Nur bei entsprechender Dimensionierung und Ausführung der Luftleitungen können die wichtigen Punkte – geräuscharmer Betrieb und geringer Strombedarf – erreicht werden. Wesentlicher Punkt ist dabei ein geringer Druckverlust im Gesamtsystem, da ein hoher Druckverlust für zusätzliche Geräusche bzw. für eine höhere Ventilatorleistung und damit einen höheren Stromverbrauch verantwortlich ist. Dies bedeutet jedoch meist höhere Investitionskosten und einen größeren Platzbedarf.

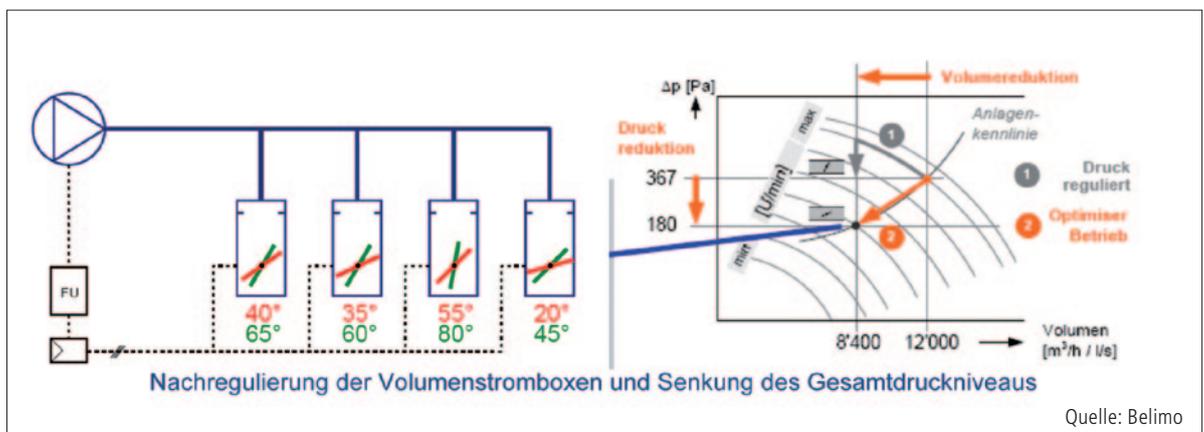
Noch effizienter ist eine bedarfsgerechte Druckregelung. Statt den Druck im System konstant zu halten wird hier die Stellung der einzelnen Regelklappen optimiert, sodass nur der unbedingt notwendige Druckabfall bereitgestellt werden muss. Dazu ist aber eine Vernetzung der einzelnen Regelklappen mit der Lüftungsregelung notwendig. Mit diesem System lassen sich ca. 20 bis 50 % der elektrischen Antriebsenergie des Hauptventilators einsparen. Zudem werden die Inbetriebnahme des Systems vereinfacht und die Strömungsgeräusche in der Volumensstrombox reduziert. Dieses System wird vor allem in Bürogebäuden und Schulen mit deutlich schwankenden Luftmengen eingesetzt. Bei Wohngebäuden wird es bisher nur selten eingesetzt, da die Luftmengen pro Regeleinheit (Wohnung) eher klein sind

und die Volumenströme weniger schwanken. Diese Art der Druckregelung erfordert einen höheren Vernetzungsaufwand pro m<sup>3</sup> geförderter Luft und der Einsparungseffekt ist geringer als im Büro oder Schulbereich.

**Konstante D ruckregelung**



**Bedarfsgerechte Druckregelung**



*Hinweis: Die 60 Qualitätskriterien wurden nach bestem Wissen und Gewissen entwickelt. Eine Haftung jeglicher Art kann jedoch nicht übernommen bzw. abgeleitet werden.*



## Effiziente Lüftung im Geschosswohnbau: (auch hier) mehr als die Summe seiner Teile

Reinhard Weiss, drexel und weiss – energieeffiziente haustechniksysteme gmbh

Der Wärmebereitstellungsgrad ist anerkanntermaßen die wesentliche Kenngröße für die Darstellung der Effizienz eines Komfortlüftungsgerätes. Die praktische Performance einer komplexen Anlage im Geschosswohnbau damit abbilden zu wollen, käme aber dem Versuch gleich, vom  $c_w$ -Wert eines Autos auf den Jahresspritverbrauch zu schließen.

Energietechnisch hat die Lüftung zwei Aufgaben abzudecken: möglichst viel (thermische) Energie einzusparen und möglichst wenig (elektrische) Energie zu verbrauchen. Für den ersten Teil ist weitestgehend die Qualität der Wärmerückgewinnung – repräsentiert durch den effektiven Wärmebereitstellungsgrad (WBG) – verantwortlich, für den zweiten Teil kennen wir mit der Stromeffizienz eine Größe, die zumindest mit dem Gesamtstromverbrauch in Verbindung gebracht werden kann. Während jedoch die Formel „je höher der WBG, um so niedriger die Lüftungswärmeverluste“ nahe an die Realität herankommt, gibt es in Bezug auf den tatsächlichen Stromverbrauch eine Reihe von weiteren maßgeblichen Faktoren, die oft extrem unterschätzt werden.

**Diese Behauptung sei durch folgendes Beispiel unterstrichen:**

Eine Wohnung, von 3 Personen bewohnt, wird mit einem Nennvolumenstrom von  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  versorgt. Das zentrale Gerät verfügt über einen WBG von 83 %, wodurch bei 3500 Heizgradtagen ein Lüftungswärmeverlust von  $470 \text{ kWh/a}$  (thermisch) verbleibt<sup>1</sup>. Das diesbezüglich marktbeste Gerät (nur für kleine Luftmengen geeignet) könnte mit einem WBG von 93 % den verbleibenden Energieverlust auf  $194 \text{ kWh}$  reduzieren  $\Rightarrow$  minus  $276 \text{ kWh/a}$ . Der PHI-Grenzwert von 75 % führte demgegenüber zu einer Erhöhung auf  $693 \text{ kWh} \Rightarrow$  plus  $223 \text{ kWh/a}$ ; wir sprechen also von einer Schwankungsbreite von ca.  $\pm 250 \text{ kWh/a}$ . Mit einer Wärmepumpe erzeugt, entspricht das  $60$  bis  $90 \text{ kWh}$  elektrisch.

Diesen Wert beeinflusst neben dem WBG nur noch die tatsächlich betriebene Luftmenge, aber dazu später.

1)  $100 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,33 \text{ Wh/m}^3 \times (1 - 83\%) \times 84000 \text{ Kh} = 471 \text{ kWh}$  thermisch

Der Stromverbrauch hängt nun ebenfalls von einer gerätespezifischen Kenngröße ab; für diese sogenannte Stromeffizienz sind Werte von  $0,24$  bis  $0,45 \text{ Wh/m}^3$  (PHI-Grenzwert) anzutreffen. Dieser Wert beschreibt die Leistungsaufnahme des gesamten Gerätes in Relation zur beförderten Luftmenge. Und zwar bei einem externen Druckverlust von  $100 \text{ Pa}$  (für Luftmengen ab  $600 \text{ m}^3/\text{h}$   $150 \text{ Pa}$  steigend), was bereits auf die nächste Einflussgröße hinweist. Nun ist zwar in diversen Richtlinien und Empfehlungen zu finden, dass dieser externe Druckverlust eben in diesem Bereich und nicht viel höher liegen sollte, die Praxis zeigt uns aber – gerade im Geschosswohnbau – auch Werte um  $500 \text{ Pa}$  und mehr.

Doch die Kette an Einflussfaktoren geht noch weiter – wie ist die Anlage eingestellt, programmiert? Ist die Luftmenge konstant, manuell regelbar, oder ist ein sinnvolles Tagesprofil hinterlegt? Noch besser: regelt die An-





lage selbst je nach Bedarf? Der tatsächliche Betriebsvolumenstrom im Jahresmittel schwankt hierdurch um +/-30 %.

Die Kumulierung aller Bestwerte – was in der Praxis ebenso wenig vorkommt wie das Gegenteil – führt rechnerisch zu einem jährlichen Stromverbrauch von 147 kWh<sup>2</sup>; im schlechtesten Fall sind es 1253 kWh<sup>3</sup> – Differenz 1105 kWh elektrisch! Auch unter der Annahme dass der beste Praxisfall deutlich oberhalb des theoretischen Optimums und der schlechteste Praxisfall deutlich unterhalb des theoretischen Worst Case liegt, ist der Einfluss immer noch um ein Vielfaches größer ist, als jener des WBG.

Aber noch einmal: das soll kein Plädoyer für die Vernachlässigung des WBG sein; dieser ist und bleibt eine wichtige Kenngröße eines Lüftungsgerätes. Vielmehr geht es darum, alle anderen Faktoren nicht zu vernachlässigen bzw. in den Vordergrund zu rücken. Konkret bedeutet das:

- das Lüftungsgerät muss selbstverständlich die bekannten Grenzwerte erreichen oder übertreffen
- das Rohrleitungssystem ist die größte planerische Herausforderung, da der Leistungsbedarf mehr oder weniger linear mit dem Druckverlust ansteigt. Das beschränkte Raumangebot nötigt immer wieder zu Kompromissen, dennoch ist auf moderate Geschwindigkeiten (Druckverlust < 0,7 Pa/m) ebenso großer Wert zu legen, wie auf jede einzelne eingebaute Komponente. Insbesondere Brandschutzklappen und Wetterschutzgitter verursachen oft unnötig hohe Druckverluste, da 50 bis 100 Pa (pro Komponente) in der konventionellen Lüftungstechnik durchaus nicht unüblich sind.
- die Systemintegration liefert ebenfalls größtes Potenzial: vom effektiven Lüftungsbedarf in einer beliebigen Wohnung bis zum tatsächlichen Betriebszustand des zentralen Lüftungsgerätes ist der Weg weit. Es ist dafür zu sorgen, dass in jeder Wohnung zu jedem Zeitpunkt nur jene Luftmenge zirkuliert, die zur Gewährleistung der erforderlichen Luftqualität nötig ist. Darüber hinaus muss dafür gesorgt werden, dass keine Regelorgane unnötigen Druckverlust (Vordruck für Volumenstromregler bspw.) erzeugen und die Lüftungseinheit mit geringstmöglicher Drehzahl arbeitet – eine entsprechende Kommunikation zwischen der Technik in den einzelnen Wohnungen und dem Zentralgerät ist hierfür Voraussetzung. Darin steckt die eigentliche Intelligenz der Anlage.
- der Nutzer – was darf er, was soll er, was muss er? Im Idealfall muss er nichts und darf alles: die Regelung sorgt über entsprechende Sensorik (i.d.R. CO<sub>2</sub>) zu jedem Zeitpunkt für die richtige Luftmenge; der Nutzer hat aber jederzeit die Möglichkeit, temporär einzugreifen, um bspw. die Intensiv-Stufe zu aktivieren. Wichtig ist, dass der manuelle Eingriff nicht manuell rückgestellt werden muss.

Letztlich wirken die beiden letzten Aspekte auch auf den Lüftungswärmeverlust: wenn der mittlere Betriebsvolumenstrom bei 70 anstatt 100 m<sup>3</sup>/h betragen kann, reduziert sich auch der verbleibende Energieverlust um 30 %.

Wir dürfen die Stromkosten für eine Lüftungsanlage nur dann als vernachlässigbar „verkaufen“, wenn sie eine Größenordnung von 10–20 €/a · Person nicht überschreiten. Die dargestellten Worst Cases verunmöglichen mit 50–75 €/a · Person die Akzeptanz der Nutzer und wirken somit energiepolitisch doppelt kontraproduktiv.

2) 0,24 Wh/m<sup>3</sup> (Prüfstandwert für externen Druckverlust auch in der Realität) x 70 m<sup>3</sup>/h x 8760 Stunden = 147 kWh

3) 0,45 Wh/m<sup>3</sup> bei 150 Pa extern – ergibt ca. 1,1 Wh/m<sup>3</sup> bei 500 Pa (der interne Druckabfall bleibt konstant) x 130 m<sup>3</sup>/h x 8760 h/a = 1253 kWh.

## Evolution 2012: Von der Wohnraumlüftung zur Komfortlüftung

Christoph Steinhäusler, Hoval Gesellschaft m.b.H.

**Im Hoval HomeVent® ist es gelungen, die in Großanlagen vielfach bewährte Technik des Rotationswärmetauschers auch in der Wohnraumlüftung erfolgreich einzusetzen.**

Mit der Wohnraumlüftung der neuen Generation wird zusätzlich die Luftfeuchtigkeit reguliert. Zuviel aber auch zuwenig Raumluftfeuchte wird damit vermieden. Durch die Verwendung eines speziell entwickelten Enthalpie-Rückgewinners wird neben der Pflichtaufgabe Wärme, auch die Feuchte zurückgewonnen. Der Zusatznutzen liegt einerseits in der wesentlichen Komfortsteigerung im Winter gegenüber dem herkömmlichen Plattenwärmetauscher und andererseits in der Vereinfachung des Systems. Es entsteht kein Kondensat im Gerät, somit gibt es keine Vereisungsgefahr. Eine Außenluftvorwärmung beispielsweise durch einen Erdwärmetauscher ist somit nicht mehr erforderlich. Auch Raumluftbefeuchter sind bei dieser Gerätetechnik überflüssig.

### Ist-Situation

Anerkannte Studien besagen, dass Europäer mehr als 60% ihrer Lebenszeit im Haus oder in der Wohnung verbringen. Somit kommt den Räumlichkeiten in denen wir uns aufhalten auch eine ganz besondere Bedeutung zu. Zur Behaglichkeit gehört auch die Luftqualität besonders in der kühlen Jahreszeit, also der Heizperiode.

Wenn zu trockene Raumluft eingeatmet wird, trocknen die Schleimhäute aus. Erfahrungsgemäß nimmt die Infektionsgefahr bei reduzierter Schutzfunktion der Schleimhäute überproportional zu. Zudem ist die Ausbreitung von Aerosolen (Staub, Keime...) in trockener Luft größer als in feuchter Luft, da die Partikelgröße durch die Feuchtigkeit beeinflusst wird. Es ist erstaunlich, dass der untere Grenzwert der Raumlftfeuchte in den Normen nur sehr „schwammig“ formuliert ist. Das Gesundheitsrisiko bei zu trockener Luft im Winter sollte stärker gewichtet werden als die reduzierte Arbeitsleistung im Sommer. Die Reduktion der Gesundheitskosten ist eine der wichtigen Herausforderungen für unsere Generation.

Unsere Vorfahren hatten eine einfache Lösung für dieses Problem. Im Winter wurde die Wäsche über dem Kachelofen getrocknet oder gezielt feuchte Tücher zur Luftbefeuchtung aufgehängt. Dies ist heute in den modernen Wohnungen nicht mehr möglich. Zudem hat sich das Nutzerverhalten grundlegend geändert.

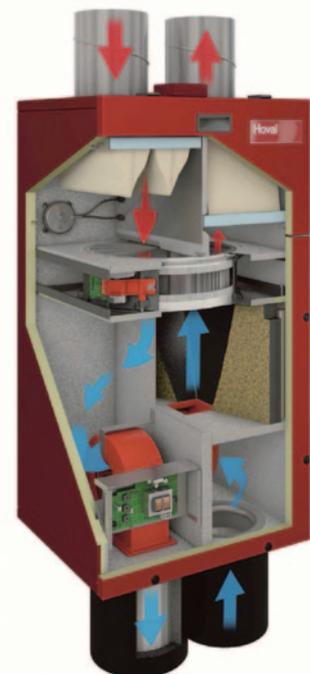
Die Aufgabe der Wohnungslüftung ist es somit auch die Raumlftfeuchte zu „regeln“. Im Winter muß der in der Wohnung abgegebene Wasserdampf im richtigen Maß entsorgt werden. Es dürfen einerseits keine Feuchteschäden und andererseits keine gesundheitlichen Gefährdungen entstehen. Für die Bewertung im Winter wird eine SOLL-Feuchte von 6–8 g/kg bzw. ca. 40–50 % rel. Feuchte bei 21–22 °C vorgeschlagen. Die Auswirkungen von zu feuchter oder zu trockener Raumlft auf Materialien wie (Mauerwerk, Holz, Möbel, Textilien, Bilder und so weiter...) ist ebenfalls zu beachten.

### Was ist Enthalprierückgewinnung?

Bei der Enthalprierückgewinnung werden sowohl die fühlbare als auch die latente Wärme zurück gewonnen.

In einem Sorptions-Rotor ( wie zB. im Hoval HomeVent® ) wird neben dem konvektiven Wärmeaustausch zusätzlich die Feuchte ad- bzw. desorbiert. Entscheidend ist dabei, dass die Feuchte trocken – also ohne Kondensatphase bzw. als gebundenes H<sub>2</sub>O übertragen wird. Dies ist nur mit speziellen Sorptionsmaterialien möglich. Kondensationsrotoren oder hygroskopisch beschichtete Rotoren sind dafür nicht geeignet.

Abb. 1: HomeVent® RS-250



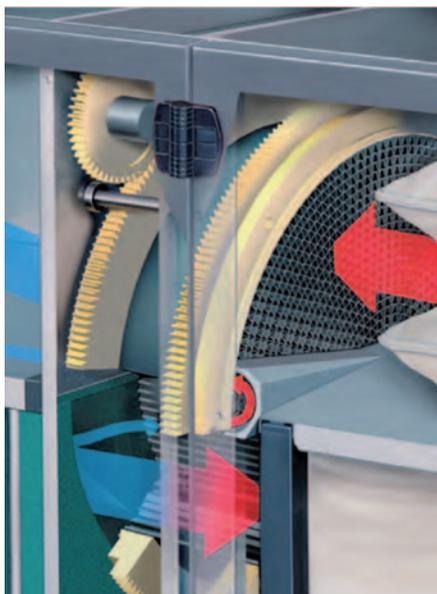


Abb. 2: Das innere des Rotationswärmetauschers

Um das Maximum an Wirtschaftlichkeit in Komfortlüftungsanlagen zu erreichen, wird die „warme“ Abluft aus Küche, Bad, WC oder Hauswirtschaftsraum für die Energierückgewinnung genutzt. Die Stoffübertragung (inkl. Gerüche) muss dabei vermieden werden. Dazu sind zusätzliche Maßnahmen gegenüber den im Gewerbe oder der Raumlufttechnik verwendeten Rotoren notwendig wie z.B. spezielles Dichtungs- und Spülkammersystem (Abb. 2).

Ein großer Vorteil von Rotationswärmetauschern ist die Regelbarkeit der Rückgewinnung. So kann sowohl im Winter (Wärmerückgewinnung) als auch im Sommer (Kälterückgewinnung) der optimale Rückgewinnungsgrad gewählt werden. Ein Bypass ist daher nicht erforderlich, das System entscheidet automatisch, ob und wann eine Rückgewinnung sinnvoll ist.

### Wie funktioniert die Feuchteregelung?

Es wird zwischen Grundlüftung, Bedarfslüftung und Stoßlüftung unterschieden. Die Luftmenge der Grundlüftung ist konstant und wird stufenlos am Bediengerät eingestellt. Diese Luftleistung, ist gemäß ÖNORM H6038 abhängig von der Kubatur des Gebäudes, der Anzahl der Personen und der Raumnutzung.

Die Bedarfslüftung wird automatisch über die Raumluftfeuchte geregelt. Die Regelgröße: relative Feuchte wird im Referenzraum erfasst und mit der Führungsgröße verglichen. Bei einer Abweichung wird entsprechend die Außenluftmenge (Stellgröße) verändert. Mit dieser Regelung wird automatisch die Bedarfsluftmenge eingestellt.

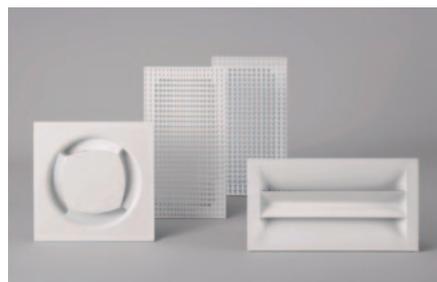
Als „Stoßlüftung“ wird ein erhöhter Luftaustausch verstanden. Das Lüftungssystem kann per Tastendruck auf die maximale Luftmenge geschaltet werden. Nach 3 Stunden geht das System selbstständig in den Automatikbetrieb zurück.



Abb. 3+4: Bediengeräte mit Touchpanel und analog



Abb. 5: Hoval Designauslässe



### Zufriedenheit = Gerät + Verteilsystem!

Für jede Anforderung die passende Lösung. Mit dem Komfortlüftungssystem HomeVent® bietet Hoval für jede Gebäudesituation eine innovative Lösung und besten Frischluftkomfort. Geräte mit serienmäßigen Pollenfilter der Filterklasse F7, Enthalprierückgewinner und EC Motoren sorgen für höchste Luftqualität und sparsamen Betrieb. Die Hoval Frischluftlösungen sind in 3 Gerätegrößen mit einer Leistungsspanne von 50 bis 600 m<sup>3</sup>/h erhältlich.

Abgerundet wird das System mit einem vielseitigen Angebot an Lüftungskomponenten. Von der Außenluftansaugung bis zum Designgitter im Wohnbereich.

## AERA Eqonic von Schiedel: Höchster Wohnkomfort, weniger Kosten!

Markus Bachschwöll, Schiedel Kaminsysteme GmbH

Mit AERA Eqonic setzt Schiedel einen weiteren Schritt in der konsequenten Entwicklung ganzheitlicher Konzepte. Eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung ist fixer Bestandteil zukunftsweisender Haustechnik und zur optimalen Nutzung ökologischer Bauweisen notwendig. AERA Eqonic lohnt sich langfristig: Mit der Einsparung der Energiekosten und der Wertsteigerung der Immobilie.

### EINZIGARTIG SCHIEDEL

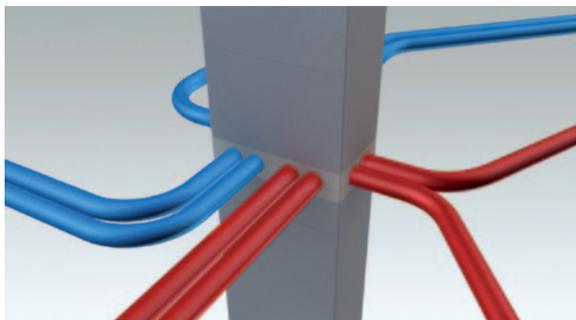
- Das Produkt AERA EQONIC ist einzigartig durch eine Planung, die genau alle Bedürfnisse berücksichtigt.
- Durch die absolut platzsparende Bauweise wird kostspieliger Flächenverbrauch vermieden, wie es übliche Systeme notwendigerweise bedingen.
- Luftverteilungen werden nicht sichtbar in Wände und Decken integriert – Verkleidungen oder Vormauerungen entfallen dadurch.
- Die Führung in Betonschächten und zusätzliche Geräuschkapselungen um technische Komponenten sperren Schallgeräusche weitestgehend aus.



*Das Schiedel Wohnraumlüftungssystem ist ein fester und integraler Bestandteil Ihres Hauses. Und dafür ist es exakt abgestimmt.*



Übersicht vom Komfortlüftungssystem AERA Eqonic



Luftverteilungssystem und Lüftungsschrank

### Höchster WOHNKOMFORT

Frische Luft ist eine Voraussetzung für gesundes Wohnen und zur Steigerung der Leistungsfähigkeit. Moderne Gebäudehüllen werden durch energiesparende Maßnahmen immer dichter. Hier reicht ein natürlicher Luftaustausch nicht mehr aus um Schadstoffe, Feuchtigkeit und CO<sub>2</sub> abzutransportieren. Verbrauchte Luft führt sehr schnell zu Müdigkeit und Kopfschmerzen, feuchte Luft zu Schimmelbildung. Mangelnder Luftaustausch beeinflusst außerdem die Schadstoff- und Allergenkonzentration in den Wohnräumen. Mit dem Komfortlüftungssystem AERA Eqonic, sichert Schiedel eine zugfreie, bedarfsgerechte Wohnraumlüftung, sorgt für hygienische Luftverhältnisse, schafft ein angenehmes Raumklima und erhöht so wesentlich die Lebensqualität.

### ENERGIE Sparen und UMWELT schonen

Energieeffiziente Heizsysteme und eine optimale Wärmedämmung können Heizkosten zu einem großen Teil bereits reduzieren. Werden jedoch zum Lüften ausschließlich die Fenster geöffnet, bedeutet dies einen enormen Wärmeverlust, der mehr als die Hälfte des gesamten Wärmebedarfs beträgt. AERA Eqonic mit Wärmerückgewinnung nutzt die warme Abluft zur Erwärmung der zugeführten Frischluft. So kann mit einem integrierten Wärmetauscher über 90 % der Abluftwärme zurück gewonnen werden. Das spart Heizenergie, reduziert die schädlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen und schont damit die Umwelt.

### WERTSTEIGERUNG der Immobilie

Unser Zuhause ist eine Investition in die Zukunft. Damit der Wert auch nachhaltig erhalten bleibt, ist sowohl eine innovative Haustechnik als auch die Erhaltung der Bausubstanz von entscheidender Bedeutung. Für Niedrigenergie- und Passivhäuser ist eine Komfortlüftung Voraussetzung. AERA Eqonic, die Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung von Schiedel entspricht dem neuesten Stand der Technik, schützt die Immobilie vor Feuchteschäden und schafft ein behagliches Raumklima.

### Schiedel ermöglicht Energieeffizienz

Energieeffizienz ist ein Kern-Thema unserer Zeit. Als Marktführer Europas im Bereich Kamin- und Abgastechnik sieht Schiedel sich dazu verpflichtet, einen merklichen Beitrag für unsere Umwelt zu leisten. Mit durchdachten Maßnahmen werden intelligente Lösungen entwickelt, die Energieverschwendung vermeiden und die CO<sub>2</sub> Emissionen reduzieren. Schiedel ermöglicht die idealen Voraussetzungen für ein Raumklima, das den höchsten Wohnkomfort bietet und die Gesundheit der Bewohner fördert. Eine Atmosphäre von höchster Lebensqualität, in der sich Menschen wohl fühlen und gleichzeitig Geld und Ressourcen minimieren.

## Kontrollierte Fensterlüftung

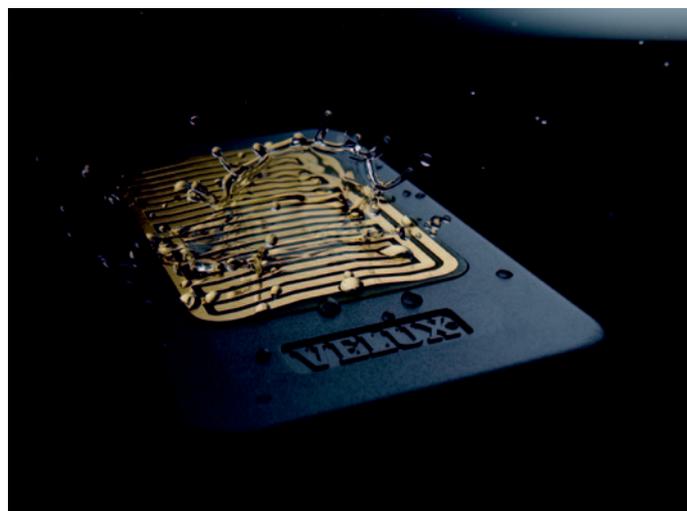
Heinz Hackl, VELUX Österreich GmbH

Es ist unbestrittene Tatsache, dass bei hochwärmedämmten und dichten Gebäudehüllen das bisherige Lüftungsverhalten – Nutzer lüftet bei Bedarf durch Öffnen der Fenster – keinesfalls ausreicht. Eine Automatisierung zur Sicherung einer adäquaten Raumluftqualität ist daher unabdingbar. Die kontrollierte Fensterlüftung arbeitet nach den Prinzipien des „natürlichen Lüftens“, das sich 3 einfache physikalische Tatsachen zunutze macht:

- Warme Luft steigt auf
- Wind erzeugt Luftströmungen
- Temperatur in der Nacht ist kühler als am Tag – also Nachtkühlung nutzen

Eine sehr einfache und bewährte Möglichkeit ist es, die Fenster mit einem elektrischen oder solarbetriebenen Lüftungssystem auszustatten. Dieses System wird in großen Serien produziert, ist dementsprechend kostengünstig und ausgereift.

Es besteht aus einer Steuerung auf Basis von 24 V oder als ökologische Variante „solarbetrieben“, wobei der erforderliche Strom direkt am Fenster produziert wird, einem Kettenmotor, der das Fenster öffnet, und der Fernbedienung.



Der Motor ist verdeckt montiert und daher bei geschlossenem Fenster nicht sichtbar. Ein Regenfühler, der das Fenster bei Regen schließt, ist fixer Bestandteil dieses Systems.



Ideal hat sich die Kombination mit einem CO<sub>2</sub>-Sensor bewährt. Die Raumluftqualität wird mit diesem Sensor permanent gemessen – die angestrebten Werte am Sensor sind individuell einstellbar.

Rote LED am Sensor bedeutet Raumluftqualität nicht ausreichend – Fenster geöffnet.  
Grüne LED am Sensor bedeutet Raumluftqualität gut – Fenster geschlossen.



Dieses Referenzprojekt ist ein Heuriger in der Wachau bei dem die Raumluftqualität trotz einer dichten Hülle und einer starken Belegung (bis zu 120 Personen) auf einfache Weise garantiert ist. Zur Vermeidung von Zugluft oder unangenehmem Kälteabfall von oben kann der Öffnungswinkel der Fenster klar vordefiniert werden.

Kontrollierte Fensterlüftung ist daher dort sinnvoll,

- wo eine mechanische Lüftungsanlage nicht eingesetzt werden kann (z. B. Renovierung)
- wo eine kostengünstige, kontrollierte Lüftung angestrebt wird
- wo die Wärmerückgewinnung keine Rolle spielt.

# Physiologische Auswirkungen der Raumlufffeuchte und Planungsempfehlungen für die Komfortlüftung

Rainer Pfluger, Gabriel Rojas-Kopeinig, Universität Innsbruck, AB Energieeffizientes Bauen

## 1 Einleitung

Der Einfluss der Außenluftwechselrate auf die Raumlufffeuchte ist unabhängig von der Art der Lüftung (natürliche oder mechanische Belüftung). Die Luftwechselrate ist, zusätzlich zu den Feuchtequellen im Gebäude sowie der Außenluftfeuchte, die wichtigste Determinante der Raumlufffeuchte. Daher können die richtige Dimensionierung der Luftwechselrate, Planung, Verfahrens-, Steuerungstechnik sowie nutzungsspezifische Maßnahmen ihren Beitrag leisten, um niedrige Raumlufffeuchten in der Heizperiode zu verhindern. Dieser Beitrag zeigt die Möglichkeiten auf und gibt entsprechende Planungsempfehlungen für die Komfortlüftung, damit die Raumlufffeuchte in den Aufenthaltsbereichen auch in der Heizperiode im physiologisch zuträglichen Bereich gehalten wird.

## 2 Raumlufffeuchte und Gesundheit

Klagen und Beschwerden über trockene Luft treten häufig während der Heizperiode in kalten Klimaten in Wohn- und Bürogebäuden auf. Längere ausgesprochen niedrige Luftfeuchtigkeit im Bereich von 10 bis 20 % wurde häufig in den skandinavischen Ländern [Reinikainen 1992] gemessen. Aber auch in gemäßigten Klimaten können bei zu hohen Luftwechselraten längerfristig Raumlufffeuchten unter 30 % in Aufenthaltsräumen auftreten.

Im Gegensatz zu den vagen und manchmal sogar widersprüchlichen Aussagen aus Interviews und Umfragen aus Feldstudien, zeigen die Ergebnisse klinischer Studien unter kontrollierten Randbedingungen klarere Erkenntnisse. Insgesamt wurden vom Autor mehr als 160 Studien zum physiologischen Einfluss geringer Raumlufffeuchte recherchiert. Zwei der wichtigsten sind [Fang 2001] und [Sunwoo 2006]. Beide haben eine solide Grundlage in den medizinischen Bereichen Ophthalmologie, Dermatologie und HNO-Heilkunde.

Die Kernaussagen der wissenschaftlichen Publikationen können wie folgt zusammengefasst werden:

**Wahrnehmung der Raumlufffeuchte:** Menschen haben keine direkte Fähigkeit Luftfeuchtigkeit wahrzunehmen. Die Akzeptanz der Raumluffqualität nimmt mit steigender Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufgrund der verringerten konvektiven Kühlung und Verdunstungskühlung der Schleimhäute durch die Atemluft ab. Beschwerden über „zu trockene Luft“ treten nur auf, wenn physiologische Beeinträchtigungen oder bereits eingetretenen Folgen bestehen – dies nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch und hängt von den individuellen Bedingungen ab.

**Ophthalmologie:** Die Verdunstung von der wässrigen Phase des Tränenfilms zur Lipidphase wird durch den Partialdruck zwischen Tränenfilm und Umgebungsluft bestimmt. Daher ist der entscheidende Faktor die absolute Feuchte der Luft sowie die Temperatur des Tränenfilms. Eine Abnahme der Sehleistung erfolgt mit fallender absoluter Raumlufffeuchte. Darüber hinaus wurde eine Verschlechterung der Qualität des Tränenfilms bei konstanter absoluter Feuchte mit zunehmender Temperatur beobachtet. Dies könnte eine Folge der höheren Augoberflächentemperatur und damit höherer Verdunstungsrate des Tränenfilms sein. Nähere Untersuchungen hierzu stehen noch aus.

**Dermatologie:** Die Wirkung einer steigenden Partialdruckdifferenz bei abnehmender Raumluftfeuchte wird teilweise durch die Erhöhung des Diffusionswiderstandes der Haut ausgeglichen. Im Bereich von ca. 30 % Raumluftfeuchte erreicht der transepidermale Wasserverlust (TWL) eine maximale Höhe. Bei extrem niedriger Luftfeuchtigkeit tritt eine signifikante Veränderung in der Hautoberflächenrauigkeit auf. Wenn ein Großteil der Körperoberfläche durch Kleidung bedeckt ist, hängt die Luftfeuchte an der Haut unter der Kleidung von der Raumtemperatur und dem thermischen Widerstand (clo-Wert) der Kleidung ab. Mit steigender Temperatur gewinnt die Transpiration der Haut zusätzlich zur reinen Diffusion an Wirkung, während der TWL fällt, da der TWL nur den Wassertransport durch Diffusion berücksichtigt. Der tendenziell ungünstige Einfluss geringer Raumluftfeuchte auf den Krankheitsverlauf von Neurodermitis ist qualitativ bekannt, aber noch nicht statistisch quantifiziert.

**HNO-Heilkunde:** Beim Einatmen durch die Nase und die oberen Atemwege wird die Luft erwärmt und befeuchtet. Während der Ausatmung wird die Luft gekühlt und entfeuchtet, die Nase verhält sich also wie ein regenerativer Wärme- und Feuchtigkeitstauscher. Während der reinen Nasenatmung ist der Mensch in der Lage durch Erwärmen und Befeuchten trotz schwankender Umgebungsluftkonditionen einen alveolaren Luftzustand (37 °C, 100 % RH) bereitzustellen. Die These von Anderson, dass die Raumluftfeuchte sich nicht auf den Schleimhauttransport und damit auf die selbstreinigende Wirkung der Atemwege auswirkt, wurde in zahlreichen Publikationen zitiert. Neuere Erkenntnisse aus klinischen Studien zeigen dagegen eine Altersabhängigkeit beim Einfluss der Raumluftfeuchte. Demgemäß stellte sich heraus, dass die Verringerung der Transportgeschwindigkeit der Schleimhaut bei niedriger Raumluftfeuchte für die Gruppe der älteren Probanden signifikant war [Sunwoo 2006]. Darüber hinaus steht der Transport von Bakterien und Viren durch Aerosole und Feinstaub im Zusammenhang mit niedrigen Raumluftfeuchten. [Lazzarin 2004]

Trockenheit im Mund- und Rachenraum und den oberen Atemwegen kann insbesondere bei Mundatmung bei niedrigen relativen Luftfeuchten verursacht werden. Chronische Mundatmung ist ein häufiges Phänomen, etwa 15 % tun dies gewöhnlich. Wärme- und Feuchterückgewinnung sind bei Mundatmung weniger effektiv als bei Nasenatmung [Cole 1954].

### **Empfehlungen für die Raumluftfeuchte aus physiologischer Sicht**

Basierend auf den Forschungsergebnissen von [Liviana 1988] empfahl der ASHRAE Standard 62-1989 einen Bereich der Raumluftfeuchte von 30–60 % r.F. Der ASHRAE Standard 55-1992 führte eine Untergrenze der absoluten Raumluftfeuchte von 4,5 g/kg (entspricht 28 % r.F. bei 22 °C Raumlufttemperatur) ein, welcher geringfügig höher ausfällt als die Empfehlung nach [Liviana 1988] mit einer Taupunkttemperatur von 2 °C.

Auch wenn es keine einheitliche Untergrenze der Raumluft in Bezug auf thermischen Komfort gibt, so setzen physiologische Beeinträchtigungen wie trockene Haut, Schleimhaut-Irritationen, Trockenheit des Auges sowie elektrostatische Aufladungen in der Praxis Grenzen der Akzeptanz extrem trockener Raumluft. In zahlreichen Standards wird daher von einer dauerhaften Unterschreitung von 30 % r.F. abgeraten.

### **3 Abhängigkeit der Raumluftfeuchte von Belegung und Klima**

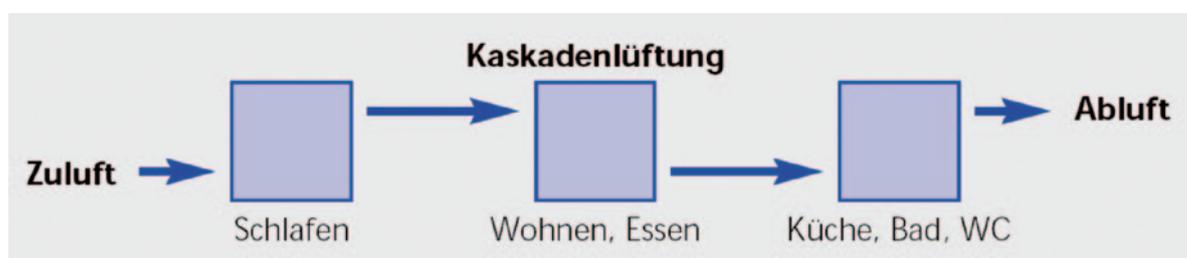
Wenn keine Befeuchtungstechnik oder Feuchterückgewinnung eingesetzt wird, hängt die Anzahl der Tage mit trockener Raumluft stark von der Luftwechselrate und dem Klima ab [Pfluger 2011]. Im Fall kalter, trockener Winter wie z.B. in Innsbruck, kann die Anzahl der Tage mit Raumluftfeuchte unter 30 % bis zu doppelt so hoch sein wie für ein gleiches Gebäude in z.B. Freiburg (Deutschland).

Erfahrungsgemäß wird bei den heute im Wohnungsbau üblichen Feuchtequellen in Mitteleuropa eine ausreichend hohe Raumluftfeuchte bei guter Raumluftqualität auch ohne Feuchterückgewinnung oder Befeuchtung erreicht, wenn der personenspezifische Außenluftvolumenstrom 25-30 m<sup>3</sup>/h beträgt. Unter ungünstigen Randbedingungen (klimatisch und nutzungsbedingt) sind in Einzelfällen Feuchterückgewinnung oder Befeuchtung unter Beachtung der Hygienestandards ratsam.

Je nach zu erwartendem Feuchtigkeitseintrag, aber auch je nach Schadstoff- bzw. Geruchsquellen, sollte die zeitliche und räumliche Verteilung des Luftwechsels so optimiert werden, dass eine möglichst hohe Raumluftqualität bei ausreichender Raumluftfeuchtigkeit sichergestellt ist. Für die technische Umsetzung sind einfache, robuste, wartungsarme und kostengünstige Systeme zu bevorzugen. Die Kaskadenlüftung, wie nachfolgend beschrieben, kann dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen.

#### 4 Zonierung und Kaskadenlüftung

Passivhäuser vereinen die Vorteile des ausgezeichneten thermischen Komforts, guter Raumluftqualität und hoher Energieeffizienz. Sie sind serienmäßig mit einer Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Grundsätzlich werden dabei alle Zimmer belüftet, sie werden aber je nach Nutzung als Zulufttraum (z.B. Wohn-, Schlaf-, Arbeitsraum), als Überströmraum (Flur) oder als Ablufttraum (z.B. Bad, WC, Küche) ausgeführt. Dieses Prinzip wird Zonierung mit gerichteter Durchströmung genannt. Gegenüber der raumweisen Lüftung, bei welcher jeder Raum über Zu- und Abluftkanal verfügt, reduziert sich bei der gerichteten Durchströmung nicht nur der Installationsaufwand. Es kann auch der notwendige Außenluftvolumenstrom bei gleicher Raumluftqualität reduziert und somit die Effizienz erhöht werden. Dieses Prinzip ist bereits in [CEPHEUS 1999] beschrieben, heute hat es sich praktisch als Standardverfahren für die Luftführung etabliert. Die sogenannte Kaskadenlüftung ist die konsequente Weiterentwicklung dieses Prinzips: Die Luft wird nur in den Schlafräumen zugeführt und strömt von dort in die Wohnräume über, um dann über die Ablufträume abgesaugt zu werden. Damit lässt sich der notwendige Außenluftvolumenstrom bei praktisch gleicher Raumluftqualität weiter reduzieren, denn die BewohnerInnen befinden sich entweder im Wohnzimmer oder im Schlafzimmer. Gegenüber einer bedarfsgesteuerten Lösung mit umschaltbaren Klappen stellt dieses Kaskadenprinzip eine einfache, kostengünstige und wartungsarme „Low-tech“ Variante dar.



Eine gute Frischluftversorgung und Durchmischung ist dabei auch für „Sackgassen“- Wohnräume gegeben. Wie in diversen Untersuchungen bereits gezeigt (Feist 2003; Schnieders 2003; Haas, A. und Dorer 2003; Barp et al. 2009), dominiert die thermisch induzierte Luftströmung (durch z.B. Personen, sonnenbeschienene Oberflächen etc.) gegenüber dem hierzu relativ geringen Luftdurchsatz der Lüftungsanlage und gewährleistet somit eine gute Durchmischung.

Abb. 1: Prinzip der Kaskadenlüftung (Quelle: Barp S, Fraefel R, Huber H: Energieforschungsprojekt „Luftbewegungen in frei durchströmten Wohnräumen“ i.A. Baudirektion Kanton Zürich and Amt für Hochbau der Stadt Zürich, 2009)

Im Rahmen des FFG-Forschungsprojektes „Doppelnutzen“ (Projektnummer 827165, Projektbeginn 3/2011, Projektlaufzeit 2 Jahre) wird das Prinzip der Kaskadenlüftung im Wohnungsbau und dessen Einfluss auf die Raumluftqualität und die Ausbreitung von Schadstoffen für unterschiedliche Grundrisse untersucht. Darüber hinaus werden kostengünstige Überströmöffnungen auf Druckverlust und Schallschutz messtechnisch untersucht. Aus den Ergebnissen werden Planungsgrundlagen erarbeitet, die als Praxisleitfaden online verfügbar gemacht werden.

#### 5 Weitere nutzungsspezifische Möglichkeiten zur Verbesserung der Raumluftfeuchte

Der Großteil der Baumaterialien und Einrichtungsgegenstände puffern Feuchtigkeit. Dieser Effekt hilft die Schwankungen der Raumluftfeuchte auszugleichen. Kurzfristige Schwankungen werden durch Putzschichten und andere sorptive Oberflächen ausgeglichen. Eine langfristige Pufferung erfolgt in

einer massiven Schicht aus Lehm (z.B. Innenwände) oder anderen feuchtespeichernden Baumaterialien, wenn diese nicht von der Raumluft durch eine Dampfsperre entkoppelt ist.

Aufstellen von Zimmerpflanzen sowie Wäschetrocknen auf der Leine in der Wohnung (statt eines Wäschetrockners) hilft die Feuchtigkeitsquellen innerhalb der Gebäudehülle zu erhöhen.

In jedem Fall ist auf eine möglichst luftdichte Ausführung der Gebäudehülle zu achten, weil die In- bzw. Exfiltration durch Leckagen unkontrollierten Zusatzluftwechsel verursacht.

Wie eingangs bereits erläutert, stellt die bedarfsgerechte Anpassung des Außenluftvolumenstromes eine der wichtigsten Maßnahmen dar. So muss der Anlagenluftwechsel bei der Komfortlüftung sowohl an langfristig wechselnde Belegungsdichten der Wohneinheiten (Voreinstellung des Normalvolumenstromes) als auch an kurzfristige (Abwesenheit bzw. Party etc.) Änderungen adaptierbar sein. Letzteres wird mittels mindestens drei Ventilatorstufen (Minimum, Normal, Stoßlüftung) erreicht. Die höchste Lüfterstufe wird mittels Bedarfstaster ausgelöst und sollte automatisch nach Ablauf von ca. 30 bis 45 Minuten wieder automatisch auf Stufe „Normal“ zurückfallen.

Dies stellt eine technisch einfache, dafür kostengünstige und robuste Lösung dar und kann ggf. noch über Anwesenheitssensoren oder Zeitsteuerungen ergänzt werden. Weiterführende Regelungen über Feuchte- und/oder CO<sub>2</sub>- bzw. VOC-Steuerung haben sich bislang im Wohnungsbau noch nicht durchgesetzt, weil sie zusätzliche Fehleranfälligkeit und erhöhten Wartungsaufwand bei nur geringem Verbesserungspotential und zusätzlichen Investitionskosten bedeuten.

## 6 Zusammenfassung

Aus physiologischen Gründen ist eine dauerhaft geringe Raumluftfeuchte zu vermeiden. Auch wenn der Mensch über kein Sinnesorgan für Luftfeuchte verfügt, so sind nachteilige Auswirkungen auf das Auge, den Atemtrakt und die Haut insbesondere bei älteren Menschen zu erwarten. Planerisch kann die Raumluftfeuchte in der Heizperiode in erster Linie durch die personenbezogene Auslegung der Luftmengen, durch Zonierung und Kaskadenlüftung sowie den Einsatz von Baustoffen zur Feuchtepufferung positiv beeinflusst werden. Steuerungs- und regelungstechnisch können durch bedarfsgeführter Volumenstromregelung weitere Verbesserungen erreicht werden.

*Dieser Beitrag entstand im Rahmen eines vom bmvit – Haus der Zukunft plus geförderten Forschungsprojektes. Haus der Zukunft Plus ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Es baut auf den Erfahrungen des Programms Haus der Zukunft auf und berücksichtigt die Ergebnisse des Strategieprozesses ENERGIE 20501. Es wird im Auftrag des BMVIT von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft mbH und Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT) abgewickelt. Das Programm bezieht sich auf das Programmdokument Energie der Zukunft und deckt das Themenfeld Energie und Gebäude ab.*

## 7 Literaturverzeichnis

- Barp, S. et al., 2009. Luftbewegungen in frei durchströmten Wohnräumen, Zürich.
- CEPHEUS, 1999. CEPHEUS, Luftführung in Passivhäusern, Darmstadt.
- Cole, P. "Modifikation in inspired air" in Mathew, O.P.: Respiratory Funktion of the Upper Airway, Lung biology in Health and Disease, Volume 35, New York, 1988.
- Fang, L., 2002: Limiting Criteria for Human Exposure to Low Humidity, submitted to ASHRAE Inc. USA by ICIEE, Technical University of Denmark.
- Feist, W., 2003. AKKP 23: Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und -ausbreitung im Raum.
- Fraefel, R., 1999. Die Wohnungslüftung im MinEnergie Haus, Planungshilfe für Baufachleute.

Haas, A. und Dorer, V., 2003. Aspekte der Wärme- und Luftverteilung im Passivhaus. In 7. Int. Passivhaus-Tagung. Hamburg.

Lazzarin, Renato; Nalini, Luigi. Just a drop of water. Carel S.p.A. in Refrigeration World. June 04 and September 04.

Liviana, J. E., Rohles, F. H. and Bullock, P. E. (1988): 'Humidity, comfort and contact lenses', ASHRAE Trans., 94, 3-11.

Pfluger, R., 2011. Investigations on air quality in a Passive House. In 13. FM-Gespräche. Kufstein: FH-Kufstein.

Reinikainen, LM; Jaakkola, JJK; Seppänen, O., 1992: On the effect of air humidification on symptoms and perception of indoor air quality in office workers – A six-period cross-over trial. Arch. Environm. Health 47, S. 8-15.

Schnieders, J., 2003. AKKP 23: Wirkung von Position und Art der Lüftungsöffnungen auf den Schadstoffabtransport.

Sunwoo, Y., Chou, C., Takeshita, J., Murakami, M. and Tochihara, Y. 2006 'Physiological and Subjective Responses to Low Relative Humidity in Young and Elderly Men', J Physiol Anthropol 25(3): 229–238.



# baubook

Die Datenbank für  
**ökologisches Bauen & Sanieren**

## www.baubook.info

Die Web-Plattform baubook unterstützt die Umsetzung von nachhaltigen Gebäuden.

Sie bietet dazu:

### Für Hersteller und Händler

- ▶ Zielgruppenspezifische Werbepattformen
- ▶ Leichte Nachweisführung bei Förderabwicklungen und öffentlichen Ausschreibungen
- ▶ Einfache Online-Produktdeklaration

### Für Bauherren, Kommunen und Bauträger

- ▶ Ökologische Kriterien zur Produktbewertung
- ▶ Unterstützung in der Umsetzung nachhaltiger Gebäude
- ▶ Kostenlose Produktdatenbank mit vielfältigen Informationen

### Für Planer, Berater und Handwerker:

- ▶ Kostenlose Kennzahlen für Energie- und Gebäudeausweise
- ▶ Online-Rechner für Bauteile
- ▶ Vertiefte Informationen zu Technik, Gesundheit und Umwelt von Bauprodukten

Themenspezifische und tagesaktuelle  
**Informationen per Newsletter!**

baubook wird betrieben von:



Energieinstitut Vorarlberg



IBO – Österreichisches Institut  
für Baubiologie und -ökologie

## Innenraumrelevante Emissionen aus Bauprodukten und Möglichkeiten zu deren Reduktion

Christina Fürhapper, Holzforschung Austria

Sofern wir unser Wohndasein nicht in sterilen, unmöblierten Innenräumen verbringen wollen, ist die Konfrontation mit Emissionen aus Bauelementen und Einrichtungsgegenständen ein nahezu unvermeidbares Faktum. Auch wenn die Tendenz in Richtung der Entwicklung immer emissionsärmerer Materialien weist, wird es den emissionsfreien Innenraum realistischerweise auch in Zukunft nicht geben. Es ist daher von großer Bedeutung, die Innenraumluftqualität durch Maßnahmen positiv zu beeinflussen, wie beispielsweise durch die Auswahl geeigneter Materialien, die Anwendung kontrollierter Lüftungssysteme oder die Entwicklung hin zu einem bewussteren Nutzungsverhalten.

Welche Emissionen wir im Innenraum antreffen, hängt zu einem großen Teil von den eingesetzten Bauprodukten und Materialien im Gebäude ab. Es handelt sich um flüchtige organische Verbindungen – VOC –, die aufgrund ihrer Volatilität unter normalen Raumluftbedingungen aus Materialien freigesetzt werden können.

Natürliche Materialien wie Holz bzw. Holzwerkstoffe stellen diesbezüglich keine Ausnahme dar, zumal sie stoffimmanente, aber auch bedingt durch die weitere Verarbeitung VOCs an die Umgebungsluft abgeben können. Der meist als sehr angenehm empfundene Geruch von naturbelassenen Hölzern ist in erster Linie auf die enthaltenen Terpene zurückzuführen. Durch die Einwirkung von Licht, erhöhten Temperaturen und der Gegenwart von mehrwertigen Metallen kommt es aber auch zur Freisetzung sogenannter Sekundäremissionen, zu denen die oftmals sehr geruchsintensiven Aldehyde zählen. Die nachfolgende Aufstellung gibt beispielhaft einen Überblick über verschiedene Bauprodukte und ihre typischen Emissionen. Grundlage für diese Auflistung bilden an der Holzforschung Austria durchgeführte Untersuchungen sowie Daten aus der Literatur.

Material	Emissionen (Substanzklasse)
Faserplatten (Hartfaser, MDF)	Aldehyde, Alkane, Terpene
Holzwerkstoffe (Spanplatten, OSB)	Terpene, Aldehyde, Alkane, org. Säuren
Gipskartonplatten	Alkane
Kunstharzfertigputz	Alkane, Glykole
Dämmstoffe (Weichfaserplatten)	Aldehyde, Alkane
Dichtmassen (Acryl-, Silikonbasis, Bitumenkautschuk)	Alkane, Ester, Glykole, Siloxane
Klebstoffe (je nach Basis) und Bindemittel	Alkohole, Alkane, Organische Säuren, Ester, Aromaten, Formaldehyd

Tabelle 1: Materialtypische Emissionen verschiedener Bauprodukte

Einige der freigesetzten Verbindungen können schon in geringen Konzentrationen zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens bis hin zu gesundheitlichen Beschwerden führen. Das sogenannte Sick Building Syndrom bezeichnet eine Zusammenfassung von mehr oder weniger spezifischen Symptomen wie Übelkeit, Kopfschmerzen, Konzentrationsschwäche, erhöhte Anfälligkeit für Infektionen und dergleichen. Daneben weisen manche dieser Verbindungen sensibilisierende Eigenschaften auf, d.h. sie können zur Entwicklung von Allergien beitragen. Andere Substanzen können in entsprechenden Konzentrationen zu gereizten Augen und Schleimhäuten führen, bei den Aldehyden ist vor allem die niedrige Geruchsschwelle für Beeinträchtigungen verantwortlich.

Aus diesem Grund wird die Emissionsprüfung von Werkstoffen und Baumaterialien ein immer wichtiger Bestandteil bei der Zulassung von Bauprodukten bzw. bei der Vergabe von Prüfzeichen (z.B. AgBB-Schema, Österreichisches Umweltzeichen, natureplus etc.).

Ob es durch bauproduktbedingte Emissionen zu Beeinträchtigungen kommt, ist sowohl von der Art der freigesetzten Verbindungen als auch von ihrer Konzentration abhängig. Natürlich spielt auch die Individualität (Alter, Gesundheit, Lebensstil) der Bewohner sowie deren subjektives Empfinden eine entscheidende Rolle.

Verschiedene Produkte der gleichen Kategorie, also z.B. zwei unterschiedliche OSB- oder Gipskartonplatten, weisen je nach Zusammensetzung oder auch Homogenität oft sehr unterschiedliche Konzentrationen an VOC Emissionen auf. Dies ist in der folgenden Grafik dargestellt, die veranschaulichen soll, dass es nicht immer möglich ist, pauschal festzulegen, diese oder jene Produktgruppe emittiere mehr oder weniger als eine andere.

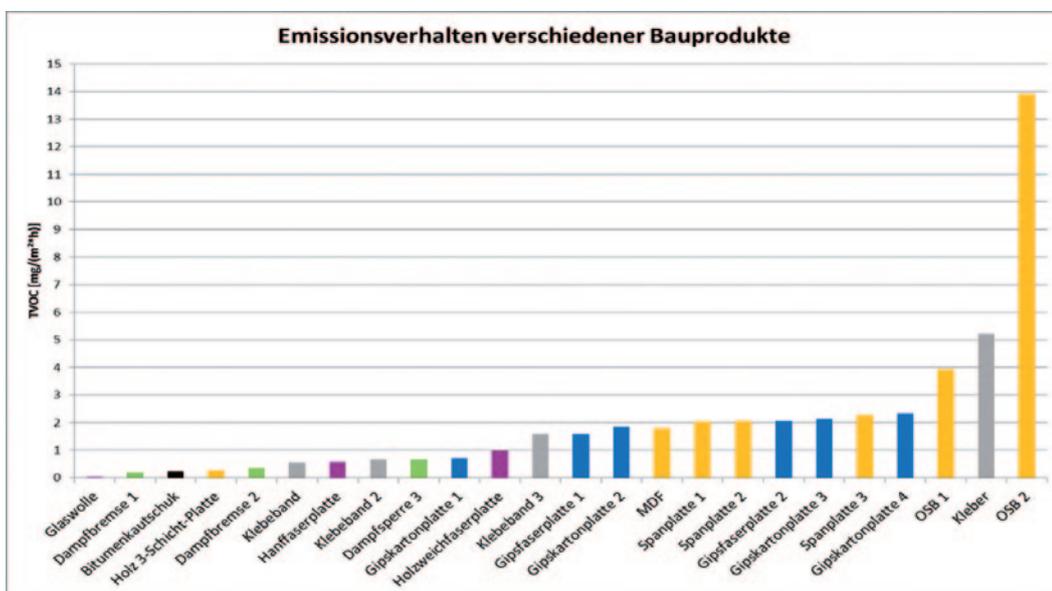


Abb. 1: Emissionsverhalten von an der Holzforschung Austria untersuchten Baumaterialien

Abgesehen von der Materialzusammensetzung können verschiedenste Faktoren die Emission von VOCs in der Einbausituation beeinflussen. Zu den wesentlichsten Parametern zählen klimatische Bedingungen, da die Freisetzung flüchtiger organischer Verbindungen in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Luftfeuchte verläuft. In der Regel wird die Emission mit steigender Temperatur begünstigt. Der Einfluss der Luftfeuchte ist je nach chemischen und physikalischen Eigenschaften der Verbindung unterschiedlich stark ausgeprägt.

Wichtig ist eine ausreichende Ablüftung der Materialien, bevor sie im Innenraum eingesetzt werden. An der Holzforschung Austria wurden diesbezüglich verschiedene unbehandelte Holzarten untersucht. Selbst bei stärker emittierenden Arten, wie der extraktstoffreichen Kiefer, lagen die gemessenen VOC Werte nach einer Auslüftungszeit von 3 Monaten in einem niedrigen Bereich. Die analysierten Fichten- und Lärchenproben wiesen bereits unmittelbar nach ihrem Zuschnitt vergleichbar niedrige Emissionen auf.

Zu den weiteren emissionsrelevanten Baustoffeigenschaften zählen unter anderem die Dichte (Rohdichte, Porosität) von Materialien sowie das Vorhandensein von Beschichtungen, welche die Diffusion von flüchtigen Verbindungen innerhalb des Materials bzw. aus dem selbigen heraus signifikant beeinflussen.

Ist ein Bauprodukt bereits eingebaut, so kann die Raumluftqualität durch effiziente Lüftungskonzepte entscheidend verbessert werden. Im Idealfall wird die Lüftung in Abhängigkeit von der im Raum herrschenden Schadstoffkonzentration gesteuert. Derartige Systeme gibt es z.B. für CO<sub>2</sub>. Die sogenannte CO<sub>2</sub>-Ampel fordert bei Erreichen einer bestimmten Kohlendioxidkonzentration durch ein optisches oder akustisches Signal zum manuellen Lüften auf. Maschinelle Varianten regeln die Frischluftzufuhr ab einem bestimmten Grenzwert automatisch. Sinnvoll ist dies vor allem in stark frequentierten Räumen wie Schulen oder öffentlichen Gebäuden.

Für einen mit Emissionen aus Bauprodukten oder Möbeln und Wohnelementen belasteten Innenraum ist es allerdings eine unzureichende Methode. Es gibt bereits seit längerem Entwicklungen, deren Spezifität sich auf die Messung eines VOC-Wertes richtet. Die VOC-Erfassung basiert oft auf dem Prinzip von Mischgassensoren, welche die in der Luft vorhandenen oxidierbaren Gase mittels Halbleitertechnik detektieren. Diese stellen aber mess- und bewertungstechnisch eine große Herausforderung dar und weisen daher einige Mankos auf: Zum einen eignet sich ein VOC-Summenwert nur bedingt für eine Beurteilung der Raumluftqualität, da nicht zwischen gesundheitlich bedenklichen und unbedenklichen Substanzen unterschieden wird. Er kann daher bestenfalls als möglicher Indikator herangezogen werden. Insbesondere bei manuellen Ampelsystem-Geräten lässt zudem oft die Signifikanz der Geräte zu wünschen übrig (der Gesamt-VOC-Gehalt wird z.B. anhand von nur wenigen Leitsubstanzen bestimmt) und die Grenzen für die Beurteilung der Luftqualität („gut“, „schlecht“) wurden unzulänglich festgelegt. In einem mehrjährigen Forschungsprojekt, das mit 2014 abgeschlossen sein wird, untersucht die Holzforchung Austria unter anderem das Einsatzpotential bedarfsgesteuerter Lüftung im Hinblick auf die Reduktion von VOC-Emissionen im Innenraum. Ziel ist die Entwicklung eines praktikablen online-VOC-Messkonzepts, das mit einer entsprechenden Lüftungsregelung gekoppelt werden kann.

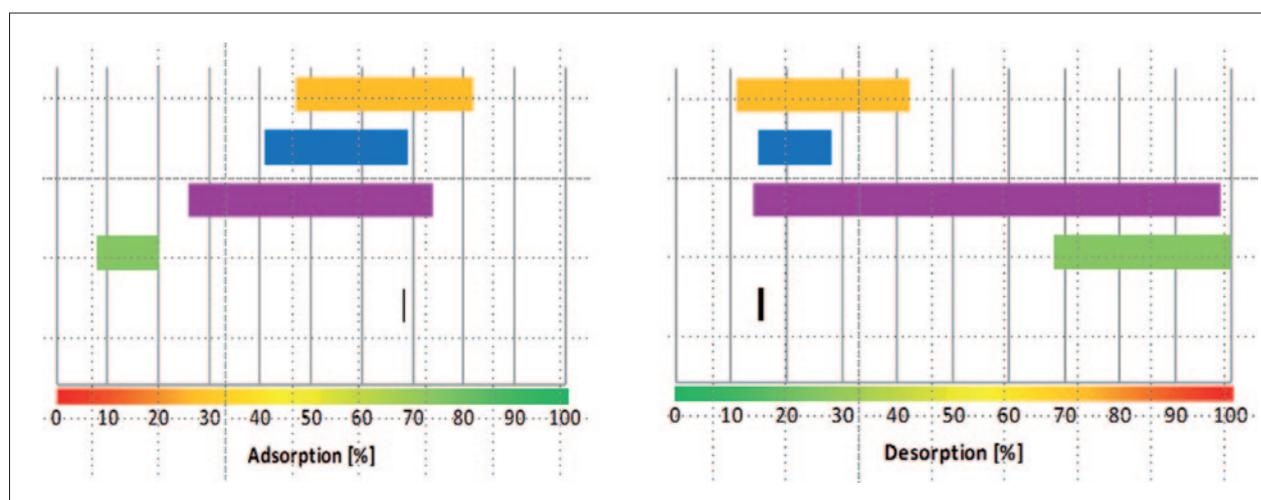


Abb. 2: Adsorptions- und Desorptionsverhalten der untersuchten Baumaterialien

Legende:

Orange: Holz und Holzwerkstoffe

Blau: Gipskartonplatten

Violett: Dämmstoffe

Grün: Dichtungsmaterialien

Schwarz: Klebstoffe

Eine weitere Möglichkeit zur Schadstoffreduktion, die in diesem Projekt betrachtet wird, sind die Sorptionseigenschaften von im Innenraum eingesetzten Stoffen. Günstige Verhältnisse liegen vor, wenn Materialien einerseits VOC in hohem Maße adsorbieren können, sie andererseits aber nur schwer wieder abgeben (d.h. sie weisen eine geringe Neigung zur Desorption auf).

Die bisher untersuchten Holz und Holzwerkstoffe wurden hinsichtlich ihrer Sorptionseigenschaften positiv beurteilt, da sie in der Lage sind, bis zu 80 % VOC's zu adsorbieren und diese nur zu maximal 40 % wieder abgeben. Vergleichbar gute Eigenschaften wiesen Gipskartonplatten auf (Adsorption von rd. 70 % VOCs, Desorption unter 30 %). Die untersuchten Dämmstoffe zeigten zwar großes Adsorptionspotential (rd. 70 %), es wurden allerdings bis zu 100 % wieder desorbiert. Das Adsorptionsvermögen der

betrachteten Dichtungsmaterialien lag bei etwa 20 %, die aufgenommenen VOCs wurden zu 70 bis 100 % wieder abgegeben. Die untersuchten Klebstoffe konnten rd. 70 % der VOCs aufnehmen, die Desorption lag bei unter 20 %. In Summe erwiesen sich einige der untersuchten Materialien als vielversprechende Kandidaten, was ihren Einsatz zur Reduktion von VOC's im Innenraum anbelangt.

Bezugnehmend auf die bisher erzielten Forschungsergebnisse kann festgehalten werden: Durch die Auswahl emissionsarmer Materialien, die zudem über günstige Sorptionseigenschaften hinsichtlich VOC's verfügen – sei es als Bauprodukte oder auch als Wohnraumelemente – kann in Kombination mit einer effizienten, gegebenenfalls bedarfsorientierten Lüftungseinrichtung ein entscheidender Beitrag zu einer Verbesserung der Raumluftqualität geleistet werden.

## Baustoffe zum Durchatmen: am Beispiel „Ökobaunetz Krankenanstalten“

Barbara Bauer, IBO

Die Bedeutung schadstoffarmer Luft in Innenräumen ist in unserer Gesellschaft, die immer weniger Zeit im Freien an der frischen Luft verbringt, gestiegen. Dies fand seinen Niederschlag in diversen Normen und Richtwerten sowie in den Gebäudezertifizierungssystemen. Die Verwendung risikoarmer Baustoffe trägt zu möglichst schadstoffarmer Innenraumluft bei. Dazu wurden in den letzten Jahren Methoden und Hilfsmittel in Wohn- und Bürobau erfolgreich entwickelt. Weil in Krankenanstalten u.ä. besonders anfällige Menschen wie etwa Neugeborene oder Hochbetagte besonders viel Zeit in geschlossenen Räumen verbringen, wurde im Projekt „Ökobaunetz Krankenanstalten“ versucht, die bewährten Methoden zur Reduktion von Schadstoffen aus Baumaterialien, allen voran das Bauproduktmanagement, in Pilotprojekten ausgewählter Praxispartner umzusetzen.

Das Vorhandensein einer Lüftungstechnischen Anlage allein ist noch kein Garant für hygienisch einwandfreie Raumluft. Auch bei Verwendung Lüftungstechnischer Anlagen ist auf die Verwendung emissionsarmer Bauprodukte zu achten, um das Ziel „Schadstoffarme Raumluft“ zu erreichen.

### Relevante Bauprodukte und Bauteilschichten

Im Forschungsbericht „Raumluftindikator(en) für den Wohnbau. Teil 1: Modell für die Wohnbauförderung“ wurden unter der Überschrift „Schadstoffemissionen aus Bauprodukten in die Raumluft“ Radioaktivität und Flüchtige organische Verbindungen behandelt. Dort wurde festgestellt:

Alle Bauchemikalien, die innen oder außen an der raumbegrenzenden Hülle angewendet werden und alle Baustoffe, die sich rauminnenseitig befinden, müssen grundsätzlich berücksichtigt werden. Die Tabelle zeigt einen Überblick der potenziellen VOC-Emittenten. Ihre Relevanz wird von 0 (= keine Relevanz) über 1 (= gewisse Wahrscheinlichkeit von Emissionen) bis zu 2 (= ohne qualitätssichernde Maßnahmen hohe Wahrscheinlichkeit von Emissionen) dargestellt. Die tatsächliche Relevanz der Produkte der Stufen 1 und 2 ist entscheidend vom konkreten Produkt, von der eingesetzten Menge sowie der lokal vorliegenden Randparameter und Raumgrößen abhängig.

Im Rahmen der Studie „Environmental and health related criteria for buildings“ (MÖTZL, FELLNER, 2011) hat das IBO u.a. die Anwendung von Raumluftindikatoren in unterschiedlichen nationalen und internationalen Gebäudezertifizierungssystemen analysiert:

Die bestehenden Gebäudezertifizierungssysteme gehen über die Gesetzgebung hinaus, reglementieren die Verwendung von Chemikalien auf sehr unterschiedliche Art, von der Verbannung

Potentielle VOC-Emittenten unter den Bauprodukten und deren Relevanz im Rahmen von vorsorgenden Maßnahmen

Bauchemikalien	Relevanz	Anmerkung
Wandfarben und sonstige Anstriche	2	
Klebstoffe	2	besonders relevant sind Verlegewerkstoffe wegen der großflächigen Anwendung
Abdichtungsmaterialien	2	
Pastöse Putze und Mörtel	1	VOC aus organischen Zusatzstoffen oder Bindemitteln
Sonstige Bauchemikalien großflächig	2	
Sonstige Bauchemikalien kleinflächig	1	
<b>Holz und Holzwerkstoffe</b>	<b>Relevanz</b>	<b>Anmerkung</b>
Holzwerkstoffplatten	2	Emissionen aus Bindemittel oder Holzinhaltsstoffen
Massivholz, beschichtet	1-2	je nach Beschichtung
Massivholz, naturbelassen	1	
<b>Dämmstoffe</b>	<b>Relevanz</b>	<b>Anmerkung</b>
Dämmstoffe aus Kunststoffen	1	z.B. Pentan oder Styrol aus EPS-Dämmstoffen
Mineralwolle-Dämmstoffe	1	Formaldehyd aus dem Bindemittel
Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	1	z.B. Geruchsstoffe, Aldehyde, flüchtige Zusatzstoffe
Sonstige mineralische Dämmstoffe	0	
<b>Bodenbeläge</b>	<b>Relevanz</b>	<b>Anmerkung</b>
Mineralische Bodenbeläge	0	Vor Ort aufgetragene Oberflächenbeschichtungen s. Bauchemikalien
Elastische und textile Bodenbeläge	2	
Holzböden (Fertigparkett, Vollholz)	2	
<b>Fenster und Türen</b>	<b>Relevanz</b>	<b>Anmerkung</b>
Fenster	1	geringe Rahmenfläche
Innentüren aus Holz- und Holzwerkstoffen	1	
<b>Mineralische Baustoffe</b>	<b>Relevanz</b>	<b>Anmerkung</b>
Massive Baustoffe (Ziegel, Beton,...)	0	Nachbehandlungsmittel o.ä. siehe Bauchemikalien
Mineralische Bauplatten (Gipskarton, Gipsfaser, Lehmplatten,...)	0	
Mineralische Putze und Mörtel	0	

0... Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Produkt aus der betreffenden Produktgruppe relevante Schadstoffbelastung verursacht, ist vernachlässigbar

- 1... Eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass ein Produkt aus der betreffenden Produktgruppe - ohne qualitätssichernde Maßnahmen in der Produktauswahl - relevante Schadstoffbelastung verursacht, ist gegeben.
- 2... Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Produkt aus der betreffenden Produktgruppe - ohne qualitätssichernde Maßnahmen in der Produktauswahl - relevante Schadstoffbelastung verursacht, ist hoch.

von Chemikalien oder Chemikaliengruppen bis zur Vermeidung von VOC-Emissionen in Baumaterialien. Im Infoblatt „Bauökologische Kernkriterien“, erstellt im Rahmen des Projekte „Ökobaunetz Krankenanstalten“ wurden folgende Vorgaben zusammengefasst:

- Größtmögliche Minimierung des Einsatzes von flüchtigen organischen Verbindungen (Lösungsmittel, Weichmacher etc.) in Bauprodukten.
- Kein Einsatz von klimaschädlichen H-FKW (teilhalogenierte Fluor-Kohlenwasserstoffe) in Bauprodukten (insbes. PU-Montageschäume, XPS-Dämmplatten).
- Vermeidung von Produkten aus PVC (Polyvinylchlorid)
- Vermeidung von Tropenholz (Ausnahme: mit FSC-Zertifikat)

Für schadstoffarme Raumluft ist der Einsatz von „Baustoffen zum Durchatmen“, von Baustoffen mit möglichst geringen Emissionen von VOC (volatile organic compounds oder flüchtige organische Verbindungen) am relevantesten. Dies zu erreichen, gelingt am ehesten mit einem Bauproduktmanagement.

### Produktmanagement

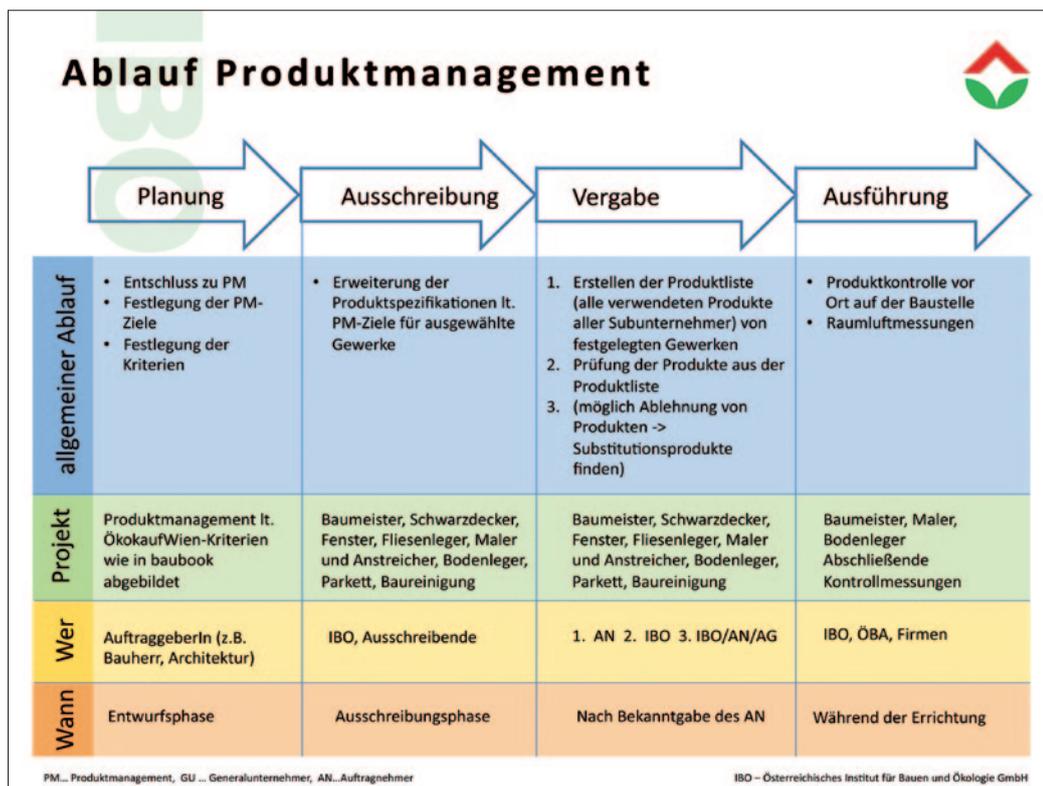
Produktmanagement umfasst folgende Schritte:

- Ausschreibung präzisieren
- Anbote prüfen
- gewerkespezifische Produktprüfungen und -freigaben
- regelmäßige und gut dokumentierte Baustellenkontrollen zur Überprüfung, ob ausschließlich geprüfte und freigegebene Produkte eingesetzt werden
- Raumluft messen, zur Dokumentation, dass tatsächlich gute Raumluftqualität erreicht wurde.

### Ausschreibungskriterien

Die Kriterien zur Auswahl von Baumaterialien setzen auf zwei Ebenen an: Ausschluss von problematischen Inhaltstoffen und Vermeidung von Emissionen in die Raumluft. Auch die baustoffrelevanten Kriterien für eine gute Raumluftqualität in Gebäudezertifikaten setzen an diesen beiden Ebenen an.

Ablauf des Produktmanagements



Ein Weg ist es, die ökologischen Kriterien der öffentlichen Beschaffung den technischen Kriterien der standardisierten Leistungsbeschreibungen voranzustellen. „ÖkoKauf Wien“ und der Umweltverband Vorarlberg mit den Partnern eza! – energie- und umweltzentrum allgäu und Energie Tirol haben 2011 ihre ökologischen Kriterien für den Bereich Hoch- und Innenausbau harmonisiert. Bei der Harmonisierung wurden auch aktuelle Entwicklungen beim „Österreichischen Umweltzeichen“ berücksichtigt. Dies bedeutet, dass immer mehr (öffentliche) AuftraggeberInnen nach den gleichen ökologischen Kriterien ausschreiben. Bei breiter Akzeptanz kann sich dieses System als DER ökologische Baustandard im deutschsprachigen Raum etablieren.

Die aktuellen harmonisierten ökologischen Kriterien für Bauprodukte sind auf der Online-Plattform „baubook ökologisch ausschreiben“ ([www.baubook.info/oea](http://www.baubook.info/oea)) abgebildet. Dort sind auch Bauprodukte, welche die harmonisierten Kriterien nachweislich erfüllen, zu finden.

Ebenfalls dort sind die klima:aktiv Kriterien abgebildet, welche unter [www.klimaaktiv.at](http://www.klimaaktiv.at) zu finden sind. Sie sind mit TQB-Kriterien harmonisiert, welche mithilfe des OnlineTQB-Tools (auf <https://www.oegnb.net> benutzbar) dokumentiert werden können.

### Anbot prüfen

Die in der Ausschreibung definierten Anforderungen müssen in der Vertragsvergabe festgeschrieben sein. Vor Arbeitsbeginn reichen die ausführenden Firmen eine Bauproduktliste ein, in der alle für die Ausführung vorgesehenen Produkte namentlich dokumentiert werden. Diese Produkte werden auf Konformität mit den Kriterien überprüft und freigegeben oder gemeinsam Alternativen gesucht.

### Baustellenkontrolle

Die Auftragnehmer verpflichten sich, ausschließlich die freigegebenen Produkte in Originalverpackung auf der Baustelle zu lagern und zu verwenden. Die ÖBA und /oder externe KonsulentInnen überprüfen regelmäßig die Einhaltung dieser Vereinbarung und dokumentieren sie.

### Raumluftmessung

Die erfolgreiche Umsetzung wird durch eine Raumluftuntersuchung 4 Wochen nach Fertigstellung überprüft. Diese Untersuchung soll vor der Ausstattung mit Einrichtungsgegenständen erfolgen. Die Ergebnisse einmaliger Messungen geben den Momentanzustand der Konzentrationen von VOC und für die zum Zeitpunkt der Messung herrschenden Bedingungen wieder. Die Beurteilung in den Gebäudebewertungen klima:aktiv und TQB erfolgt in Anlehnung an das Positionspapier Richtlinienteil „VOC-Summenparameter“ des Arbeitskreises Innenraumluft am BMLFUW.

Die Raumluftmessung als Kontrollinstrument stellt gleichzeitig eine Motivation für die Bauausführenden dar, die definierten Vorgaben auch wirklich konsequent umzusetzen.

Beurteilung von VOC-Konzentrationen wie sie z.B. in klima: aktiv Haus angewendet wird.

VOC-Konzentration IBO-Richtwerte in Mikrogramm pro Kubikmeter Raumluft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
bis 500	<b>Klasse 1: unbedenklich</b>
Wenn keine bedenklichen Einzelstoffe enthalten sind (wird überprüft): Gesunde Raumluft.	
von 500 bis 3000	<b>Klasse 2: akzeptabel</b>
Für einen Neubau akzeptabel, nach ca. 1 Jahr sollten die Werte der Klasse 1 erreicht werden.	
ab 3000 $\text{mg}/\text{m}^3$	<b>Klasse 3: bedenklich</b>
Deutliche Absenkung innerhalb eines Monats empfohlen!	

## Infoblätter, Kriterien, Datenbanken

Werkzeuge und Hilfsmittel stehen mittlerweile viele zur Verfügung, in der Folge eine kleine Auswahl von Informationsquellen, die die Suche nach geeigneten Bauprodukten erleichtern.

### Infoblätter

Zur grundsätzlichen Information werden von der Stadt Wien Informationsblätter für gesunden und ökologischen Innenausbau (<http://www.oekokauf.wien.at/>) zur Verfügung gestellt.

### Textbausteine für die Ausschreibung

Nach anfänglich vage formulierten Wünschen nach gesunden Baustoffen wurden im letzten Jahrzehnt Anforderungen an Baustoffe genau ausformuliert. Vieles stammt aus Richtlinien von Umweltprüfzeichen wie natureplus, IBO-Prüfzeichen, Österreichisches Umweltzeichen, Deutscher Blauer Engel, mit guten Gründen, ist doch die Kriterienerstellung aufwändige Arbeit mit vielen Beteiligten und Interessensvertretern, die zudem regelmäßig aktualisiert werden muss. Diese als Textbausteine für Ausschreibungen verwendbaren Kriterien sind u.a. bei [baubook.at](http://baubook.at) zu finden. Die zwischen Vorarlberg und Wien harmonisierten Texte für die öffentliche Ausschreibung sind darüber hinaus in der Ausschreibungssoftware ABK integriert.

### Produktüberprüfungen

Die Produktdatenbank [baubook.at](http://baubook.at) stellt mittlerweile über 2300 Produkte detailliert dar und zeigt mittels grüner Häkchen bzw. roter Kreuze die Erfüllung von Kriteriensätzen, wie sie etwa für klima:aktiv Haus, „ÖkoKaufWien“ oder Wohnbauförderung Kärnten verlangt wird.

## Das Projekt ÖKOBAUnetz Krankenanstalten

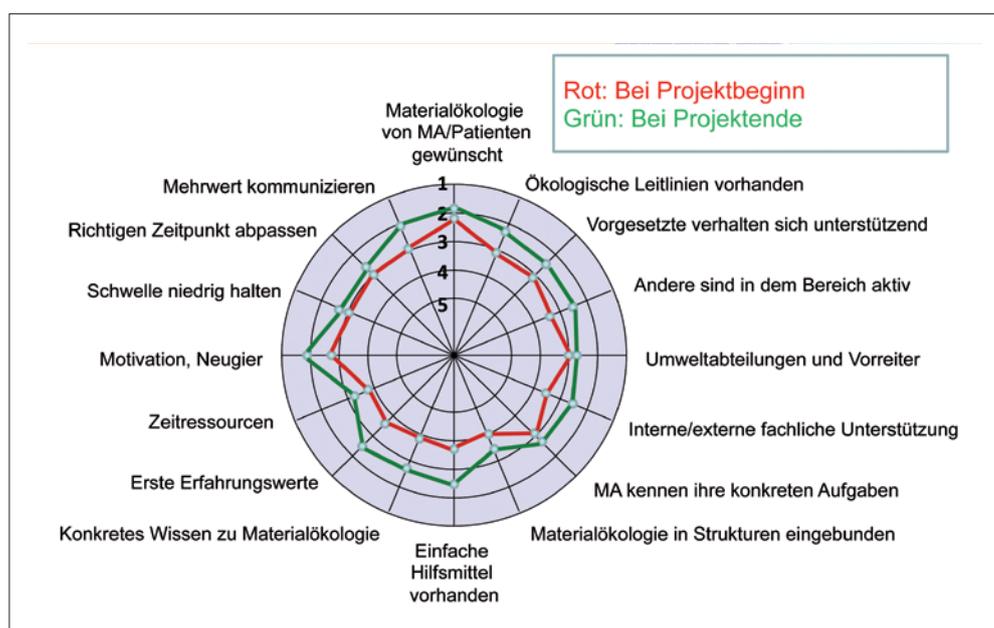


Im Projekt „Ökobaunetz Krankenanstalten“, gefördert von Haus der Zukunft Plus, durchgeführt von bauXund, ifz und IBO, haben Krankenanstalten die Werkzeuge und Informationsmaterialien zu Bauökologie und Energieeffizienz kennengelernt und angewendet.

Begonnen wurde mit Interviews bei 7 Krankenanstalten bzw. -verbänden in der D-A-CH-Region, in Bern, Basel, Freiburg, Linz, Wels, Graz und St. Pölten mit der Fragestellung, welche Faktoren die Umsetzung von Bauökologie und Energieeffizienz fördern und welche hemmend wirken.

Von den zu Beginn des Projektes identifizierten Erfolgsfaktoren sind nach Ansicht der PraxispartnerInnen, folgende wesentlich:

- Verbindliche ökologische Leitlinien für Bauleistungen (etwa in Form von Pflichtenheften oder dem AgBB-Schema in Deutschland) schaffen (Vorgesetzte müssen deren Umsetzung auch unterstützen).
- Zugriff auf Hilfsmittel, weil die Materialökologie am Bau für viele Beteiligte neu ist. Die Hilfsmittel sollen konkretisieren, was ökologisch relevant und was zu beachten ist.
- Einbindung der Materialökologie in die abteilungsinternen Programme, Systeme, Abläufe und Strukturen von Planungs- und Bauabläufen
- Kenntnisse über Baustoffe und Bauweisen, damit Vorurteile wie etwa die (Un-) Verfügbarkeit ökologischer Materialien und deren Kosten entkräftet werden können.
- Den Mehrwert kommunizieren. Der ÖBUS-Rechner, ein Excel-Tool zur raschen Abschätzung der vermiedenen VOC bei einem Bauvorhaben, ist ein gutes Instrument für die Fachabteilung. EntscheidungsträgerInnen in Krankenanstalten und PolitikerInnen benötigen griffige und gut zu kommunizierende Informationen, etwa in Umweltberichten
- Der Wunsch von MitarbeiterInnen und PatientInnen nach „gesunden“, „nachhaltigen“ Räumen ist Motivation für Organisationen und Personen, ökologische Baustoffe zu verwenden.
- Interne oder externe fachliche Unterstützung ist wichtig, ebenso wichtig ist aber die Frage, ob man interne oder externe Ressourcen verwendet. Das ist insbesondere im Rahmen der Verwaltungsreform wesentlich. Soll die Organisation das Wissen selbst bereitstellen oder gibt es ExpertInnen auf dem Markt, derer man sich bedienen will.



Oberstes Ziel war bei allen Beteiligten das persönliche Engagement Einzelner durch strukturierte Abläufe zu ergänzen, abzusichern bzw. abzulösen. Ein weiteres Ziel war es, ein Forum für den schnellen Austausch in sehr speziellen Fragen, wie sie bei der Errichtung von Krankenhausgebäuden, die vielfältigste Nutzungstypen vom OP über die Pflegestation bis hin zum Verwaltungs- und Schulungsgebäude, dem Betriebskindergarten oder dem Geriatriezentrum haben, vorkommen, zu finden. Besichtigungen eines Passivhaus-Pflegeheimes und eines Labors bzw. in Bau befindlichen Notaufnahmезentrums im Schweizer „Minergie Eco“ Standard zeigten, was möglich ist.

Nachdem jede Praxispartnerin ihren Weg zu mehr Bauökologie festgelegt hatte, wurden passende Hilfsmittel wie „Argumente“, „Auswahlkriterien“, „Ausschreibungstexte“ etc. gefunden und in laufenden Bauvorhaben eingesetzt. Dabei stellte sich heraus, dass Bauproduktmanagement nicht nur in Wohn- und Bürobau eine geeignete Methode zur Erreichung niedriger VOC-Konzentrationen und der Einhaltung anderer ökologischer Kriterien ist, sondern auch in Bauvorhaben von Krankenhausbetreibern mit Erfolg eingesetzt werden kann.

Die Oberösterreichische Gesundheits- und Spitals AG (gespag) setzte beim Neubau der Unternehmensleitung ökologische Kernkriterien mithilfe eines Bauproduktmanagements um.

Das Inselspital Bern entschied sich, die „Inselrichtlinie Nachhaltiges Bauen“ zu entwickeln und damit Ziele für das Bauen im Inselspital zu konkretisieren, indem Kriterien und Standards (inkl. Messwerten und Messgrößen) bestimmt werden.

Das Uniklinikum Freiburg setzte sich mit Entscheidungskriterien für Bodenbeläge auseinander.

Das Land NÖ wendete beim Zu- und Umbau des LJH Hollabrunn die im Pflichtenheft Energieeffizienz verankerten Anforderungen an und schulte die betroffenen MitarbeiterInnen mithilfe der Informationsblätter ein. Auch in diesem Bauvorhaben wird die Methode des Bauproduktmanagements angewendet.

Die KAGes, Steiermärkische Krankenanstaltengesellschaft m.b.H, wendet für ihre Bauvorhaben die Kriterien für öffentliche Beschaffung an. Umgesetzt wurden diese Anforderungen im Zubau des Krankenhauses Weiz ebenfalls mithilfe eines Bauproduktmanagements.

Für die Vermittlung von Grundsätzen an KollegInnen, die nicht direkt am Projekt beteiligt waren, wurden „Infoblätter“ entwickelt. Jeweils wenige Seiten beleuchteten die folgenden Themen:

#### Hilfsmittel Infoblätter

- Erstinformationen
- Argumentationshilfen
- Bauökologische Kernkriterien

Gewichtung der Erfolgsfaktoren zu Beginn und bei Abschluss des Projektes „Öko-baunetz Krankenanstalten“

- Produktprüfung
- Baustellenkontrolle
- baubook – Datenbank zur Unterstützung
- OI3-Berechnung als Nachweistool
- ÖBUS-Bewertung als Nachweistool

Diese Blätter dienen auch zu Schulungszwecken, weitere Kreise konnten damit direkt angesprochen werden.

Neben den strukturellen Fragen und dem Zusammentragen von Argumenten für Bauökologie stand die Anwendung der Werkzeuge baubook und ÖBUS im Vordergrund der Arbeit.

Ein echter Dauerbrenner ist das Thema Bodenbeläge, das gerade im Krankenhaus wegen spezieller Hygieneanforderungen und des Erhaltungsaufwands immer wieder heiß diskutiert wird. Auch dieses Netzwerk fand keine ultimative Lösung, konnte sich aber über Erfahrungen mit Verlegung, Reinigung und Instandhaltung verschiedener Beläge in verschiedenen Häusern austauschen.

Die Beispielprojekte der beteiligten Krankenanstalten werden dokumentiert, damit zukünftige Projekte profitieren können, wird doch gerade in Krankenhäusern ständig umgebaut, neu gebaut, dazu gebaut.

### Resümee

Mit den gestiegenen Anforderungen an die Raumluftqualität sind auch die Hilfsmittel zum Erreichen dieses Zieles gewachsen. Mit Kriterien, die in die Leistungsbeschreibung Hochbau integriert werden können, Überprüfung von Produkten mit der Datenbank baubook, mit Prüfzeugnissen, Umweltzeichen oder durch ExpertInnen und der Dokumentation in Gebäudebewertungssystemen ist der Weg bereits vorgezeichnet und gangbar geworden, auch wenn es noch keine Selbstverständlichkeit im Bauablauf ist. Hersteller von Bauprodukten werden noch stärkeres Augenmerk auf möglichst niedrige Emissionen und der Nachweise legen, was die Überprüfung erleichtern wird.

Mit achtsamer Auswahl von Baustoffen können Emissionen in Innenräumen gering gehalten werden und eine gute Raumluftqualität erzielt werden.

Das „Netzwerk Bauökologie für Krankenanstalten“ wird im Rahmen von Haus der Zukunft Plus als Vernetzungs- und Transferprojekt durchgeführt. Haus der Zukunft Plus ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Es wird im Auftrag des BMVIT von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft mbH und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik ÖGUT abgewickelt. Der Abschlussbericht wird nach Abschluss des Projektes unter <http://www.hausderzukunft.at/results.html/id6387> zu finden sein.

### Literatur

Mötzl H., Fellner M.: Environmental and health related criteria for buildings. IBO im Auftrag von ANEC. Endbericht vom März 2011

Mötzl H., Boogman P., Lipp B., Wurm M. (IBO); Tappler P., Twrdik F. (IBO Innenraumanalytik OG): Raumluftindikator(en) für den Wohnbau. Teil 1: Modell für die Wohnbauförderung. Studie im Auftrag der Bundesinnung Bau der Wirtschaftskammer Österreich. Bericht Nr. 03-FPP-2007. Wien, 30.11.2008, adapt. 29.04.2009

B. Lipp, G. Rohregger, T. Waltjen, T. Belazzi, J. Fechner: Krankenhaus der Zukunft Schriftenreihe 20/2005, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, Arbeitskreis Innenraumluft am BMLFUW und ÖAW, [http://www.lebensministerium.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft/richtlinie\\_innenraum.html](http://www.lebensministerium.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft/richtlinie_innenraum.html), Download 27. 01.2012

# Einfluss der Lüftung auf die Sommertauglichkeit

Martin Teibinger, Holzforschung Austria

## Einleitung

Etwa 40 % aller Energie- und Stoffströme werden europaweit dem Bauwesen zugeschrieben [1]. Unter den größten Verursachern von Treibhausgas-Emissionen finden sich neben dem Verkehr mit 28 % die Raumwärme, mit 12,6 % die Industrie und das produzierende Gewerbe mit 29,2 % [2]. Diese Daten belegen den dringenden Handlungsbedarf, den Energieverbrauch nicht nur in der Nutzungsphase eines Gebäudes zu reduzieren, sondern in den gesamten Lebenszyklen aller in der Konstruktion eingesetzten Bauprodukte. Erhöhte Energiekosten, Diskussionen zum Treibhauseffekt, steigende Anforderungen zur Energieeinsparung förderten europaweit den Niedrigenergie- und Passivhausstandard. Energetisch optimierte Bauteile, luftdichte Gebäudehüllen und großzügige hochwärmedämmende Verglasungen zur Erzielung höchster solarer Gewinne wurden mehr oder weniger zum Standard im Neubau. Die Planung und die Ausführung legten den Schwerpunkt auf den winterlichen Wärmeschutz, wobei der sommerliche Wärmeschutz und eine gesamtheitliche Betrachtung vernachlässigt wurden [3]. Der Einsatz von großzügig ausgelegten Klimaanlage sollte dieses Problem durch aufwändige Technik und nicht zuletzt durch hohen Energieeinsatz kompensieren. Studien der Energy Efficiency of Room-Air-Conditioners (EERAC) [4, 5] sagen eine Vervierfachung des Kühlbedarfs in Europa zwischen 1990 und 2020 voraus.

## 1. Thermische Behaglichkeit

Die thermische Behaglichkeit kann in die beiden Bereiche

- globale Behaglichkeit
- lokale Behaglichkeit

unterteilt werden. Die globale Behaglichkeit ergibt sich aus der Gesamtwärmebilanz des Körpers und wird von Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Sonneneinstrahlung, Luftgeschwindigkeit und relativer Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Die lokale Behaglichkeit betrifft Asymmetrien des Strahlungsfeldes, Zugerscheinungen, Temperaturunterschiede zwischen Kopf und Fuß.

Die Nutzerzufriedenheit mit dem Raumklima und die empfundene Behaglichkeit sind sehr stark subjektiv geprägt. Bekleidung und Art der Tätigkeit fließen in die Empfindungen ebenfalls ein. Zur subjektiven Bewertung kann ÖNORM EN 15251 mit täglich, wöchentlich bzw. monatlich zu bewertenden Fragebögen herangezogen werden. Das Vorhandensein von Möglichkeiten für den Nutzer das Raumklima selbst zu beeinflussen hat einen wesentlichen Einfluss auf die Wahrnehmung des Raumklimas. Hellwig führt hierzu offenbare Fenster, Sonnenschutz/Blendschutz, Türen, Ventilatoren (lokaler Einsatz im Sommer), Thermostatventile und Beleuchtung als Einflussparameter an [6]. Nachgewiesen kann die Behaglichkeit durch Messungen, Simulationen und Befragungen, wobei aufgrund der angeführten Parameter eine Befragung hauptsächlich im Fall von Reklamationen eingesetzt werden sollte.

Bewertungskriterien des thermischen Raumklimas für Wohngebäude und Bürogebäude mit und ohne RLT für Neubau und Sanierung bzw. Bestand werden in [7] angeführt.

Für die Vorhersage der thermischen Behaglichkeit auf einer 7-stufigen Skala entwickelte Fanger ein Modell [8]. Dabei wird in Abhängigkeit der Dämmung, der Bekleidung, dem Aktivitätsgrad, der Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur, der Luftfeuchte sowie der Luftgeschwindigkeit das Predicted Mean Vote (PMV) bestimmt. Dieses Modell ist in ÖNORM EN ISO 7730 aufgenommen und ist für konstante Umgebungsbedingungen limitiert. Für Gebäude, die ausschließlich durch Fensterlüftung klimatisiert werden, ist das Modell nicht anwendbar. In diesem Fall ist das Modell gemäß ÖNORM EN 15251 zu verwenden.

## 2. Nachweisverfahren zur Sommertauglichkeit

### 2.1. Vereinfachtes Verfahren nach ÖNORM B 8110-3 (aktuelle Norm)

Die Berechnung der speicherwirksamen Masse eines Raumes setzt sich aus den speicherwirksamen Massen der begrenzenden Bauteile und der speicherwirksamen Masse der Einrichtung zusammen. Die speicherwirksame Masse der Bauteile kann nach ÖNORM EN ISO 13786 berechnet bzw. entsprechend der in ÖNORM B 8110-3 angeführten Tabellen abgeschätzt werden.

Das vereinfachte Verfahren weist nach [9] folgende Nachteile auf:

- keine Angabe interner Lasten für Büro-, Schul- und sonstige Nutzungen
- Luftwechsel bei nicht vollständig geöffneten Fenstern nicht geregelt
- Kombination aus Verglasung und Beschattung nicht vorhanden
- keine Angaben zur Wirkung von Lüftungsanlagen

### 2.2. Thermische Gebäudesimulation

In der ÖNORM B 8110-3 besteht auch die Möglichkeit mittels thermischer Gebäudesimulation das Gebäudeverhalten unter Berücksichtigung des stundenweisen Eintrages durch Personen bzw. Geräte bei Vorliegen stundenweiser Klimadaten exakt abzubilden. Nachteil der Simulationen sind jedoch der noch vorherrschende Aufwand und fehlende bzw. teure Wetterdaten.

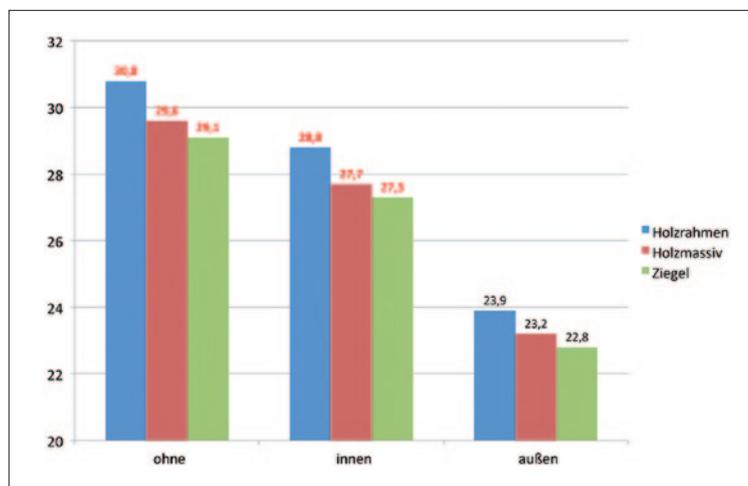
### 2.3. Berechnung der operativen Raumtemperatur nach dem periodischen Verfahren

In Zukunft soll zusätzlich zum vereinfachten Verfahren, welches ausschließlich für Wohngebäude unter der Voraussetzung, dass die Fenster nachts vollständig geöffnet werden können und der Tagesmittelwert der Außentemperatur  $\leq 23$  °C ist gilt, die Berechnung der operativen Raumtemperatur nach dem periodischen Verfahren eingeführt werden. Hierbei wird von einem Außenlufttemperaturverlauf ausgegangen, der für einen Tag definiert und als periodisch wiederholend angenommen wird. Diese mittlere Außentemperatur wird an dem Standort an maximal 130 Tagen in 10 Jahren überschritten. Die standortbezogenen Tagesmittelwerte können dem Beiblatt 2 der ÖNORM B 8110-5 entnommen werden. Ein Excel-Tool zur Berechnung der Normaußentemperatur kann unter [10] herunter geladen werden.

## 3. Einflüsse auf die Sommertauglichkeit von Gebäuden

Zur Erfüllung der Sommertauglichkeit von Räumen bzw. Gebäuden müssen der Energieeintrag, die Lüftung und die speicherwirksame Masse der Bauweise aufeinander abgestimmt werden. Im Rahmen einer Variantenstudie eines Süd-West orientierten Dachgeschoßzimmers eines Einfamilienhauses in Holzrahmen-, Holzmassiv- und Ziegelbauweise in Niedrig- bzw. Passivhausstandard, werden die Parameter und deren Einflüsse erläutert. Die Details der Studie können [11] entnommen werden. Die Berechnungen der operativen Raumtemperatur wurden mit einem von Prof. Bednar erstellten Excel Tool durchgeführt [12].

Abb. 1: Gegenüberstellung des Einflusses der Lage der Beschattung auf die operative Raumtemperatur bei den unterschiedlichen Bauweisen



### 3.1. Energieeintrag

Der Energieeintrag setzt sich aus dem solaren Eintrag, welcher von den Größen, der Orientierung und den thermischen Kennwerten der Fenster, deren Verglasungen sowie der Art und Lage der Beschattung abhängt und den internen Lasten zusammen.

In der Studie wurde ein 12 m<sup>2</sup> großer Raum mit einem westseitigen Dachflächenfenster (0,8 x 1,5 m) und einer südseitigen Balkontür (1 x 2 m) untersucht. Es zeigt sich, dass bei allen untersuchten Bauweisen die Normanforderungen ausschließlich mit einer außenliegenden Beschattung eingehalten werden.

### 3.2. Luftwechsel

#### 3.2.1. Fensterlüftung

Der Luftwechsel durch natürliche Fensterlüftung ist von der Größe der Fensteröffnung, der Temperaturdifferenz, der Lage der Fenster und der Windströmung abhängig. Bei einer Temperaturdifferenz von 4 K können sich bei einer Querlüftung über zwei Geschoße Luftwechselraten von 4,6 h<sup>-1</sup> ergeben [13].

Zur Erzielung einer effizienten Lüftung spielen die Nutzer eine wesentliche Rolle. So zeigten Untersuchungen an Bürogebäuden, dass bei hohen operativen Temperaturen in den Räumen, aber auch bei hohen Außentemperaturen die Fenster geöffnet werden [14]. Neben diesem „bauphysikalischen“ Fehlverhalten spielen sicherheitstechnische und lärmtechnische Aspekte eine Rolle. So ist im Planungsstadium zu klären, ob eine nächtliche Dauerlüftung unter Beachtung der Sicherheitserfordernisse bzw. -bedürfnisse und des Night-Lärmindex möglich bzw. zumutbar ist. Eine schwedische Studie belegt, dass bei einem Night zwischen 47 und 51 dB ca. ein Drittel der Bevölkerung die Fenster nicht öffnet [15].

#### 3.2.2. Lüftungsanlage

Lüftungsanlagen sind in der Regel für den hygienisch erforderlichen Luftwechsel von 0,3 – 0,5 h<sup>-1</sup> im Winter ausgelegt. Mit diesen Luftwechselraten kann die Fensterlüftung unterstützt werden. Eine alleinige sommerliche Lüftung über eine Lüftungsanlage ist auch mit Erdregistern bei wirtschaftlicher Nutzung nicht möglich. Darüber hinaus würde es bei einer derartigen Erhöhung des Luftwechsels zu erheblichen Schallemissionen kommen.

Der Einfluss der Fensteröffnung auf die operative Raumtemperatur wurde anhand der Holzrahmenbauweise in Passivhausstandard untersucht. Es zeigt sich, dass zur Erzielung der Güteklassen A und A+ im vorliegenden Fall eine alleinige Absenkung der Temperatur aufgrund der Lüftungsanlage nicht ausreicht.

Abb. 2: Gegenüberstellung des Einflusses der Öffnung der Fenster bei zusätzlicher Lüftungsanlage auf die operative Raumtemperatur bei der Holzrahmenbauweise in Passivhausstandard

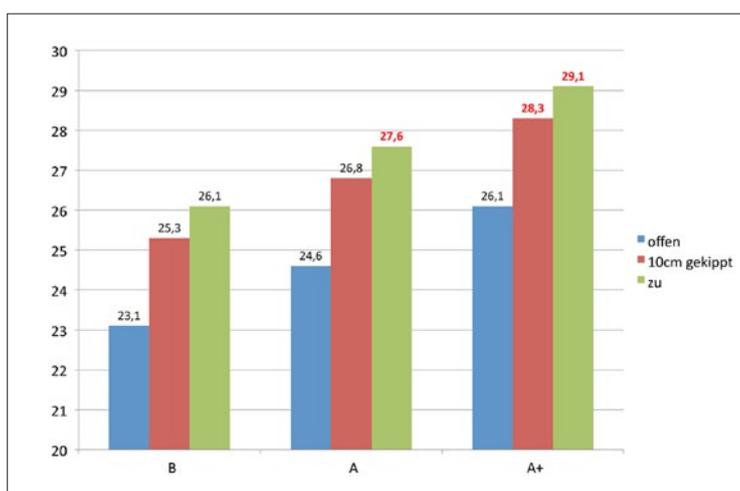


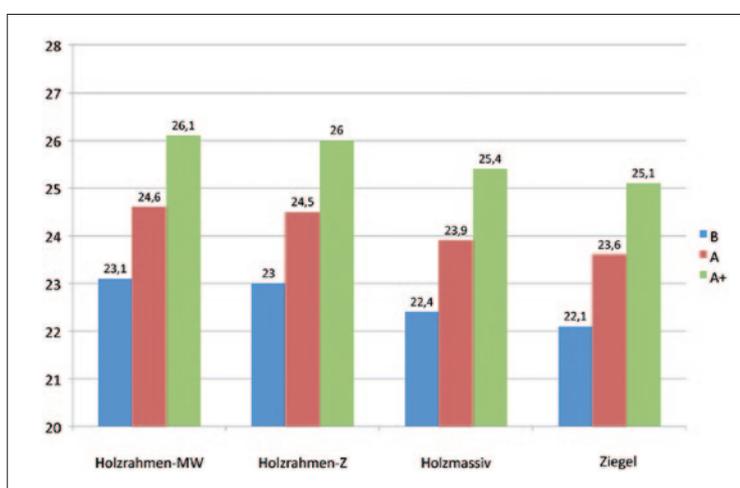
Abb. 3: Vergleich der berechneten operativen Raumtemperaturen der unterschiedlichen Bauweisen in Niedrigenergiestandard

### 3.3. Speicherwirksame Masse

Den dritten Parameter stellt die speicherwirksame Masse dar. Hierbei gilt generell in Bezug auf das Zusammenspiel der drei Faktoren:

Je höher die Speicherfähigkeit der Bauweise desto länger dauert die Nachtabkühlung. Je geringer die speicherwirksame Masse desto größer muss das Augenmerk auf die Verringerung des Energieeintrages liegen.

Im vorliegenden Fall erfüllen sämtliche Varianten bei Verwendung einer außenliegenden Beschattung die Normanforderungen und können auch in die Klassen A und A+ eingeteilt werden. Der maximale Unterschied der ermittelten operativen Raumtemperatur zwischen den Bauweisen beträgt 1 K. In der Berechnung zeigt die Verwendung von Zellulose als Dämmstoff einen geringen Einfluss auf die Temperatur. Die Holzmassivbauweise liegt um 0,3 K über der Ziegelbauweise.



#### 4. HFA-TIMBER

Die Holzforschung Austria untersucht im Teilprojekt „energy-efficiency“ des COMET-Projektes HFA-TIMBER unter anderem den Einfluss unterschiedlicher Bauweisen auf das sommerliche Verhalten. Es werden folgende Fragestellungen behandelt:

- Einfluss der **Bauweise** (speicherwirksame Masse), der **Fenster** inklusive **Beschattungselemente** und Luftwechsel auf die thermische Behaglichkeit von Holzbauten
- Einfluss von **Holzrahmen-** und **Holzmassivbauweisen** mit unterschiedlichen Dämmstoffen, Beplanungen und Fassaden (solarer Absorptionskoeffizient) auf die **Phasenverschiebung**
- Einfluss unterschiedlicher **Öffnungsgeometrien** von Fenstern in Kombination zu z.B. Insektenschutzgitter auf den Luftwechsel (Laboruntersuchungen)
- **Neue Verglasungen** auf die thermische Behaglichkeit
- Druckdifferenzen aufgrund thermischen Auftriebs (Strömungsverhalten) im 2-geschoßigen Gebäude
- Einfluss unterschiedlicher **Klimata** auf den Energiebedarf verschiedener Holzbauweisen
  - Berechnungen des **Primärenergiebedarfs** und der **Treibhauspotentiale** während der Produktion, Montage und Nutzung der Gebäude

Abb. 4: Ansicht des Forschungshauses



Für die Untersuchungen wurde am HFA- Gelände in Stetten ein bauphysikalisches Forschungshaus errichtet. An dem Gebäude wird je Geschoß in zwei Räumen in Holzrahmen- bzw. Holzmassivbauweise die operative Raumtemperatur gemessen. Zusätzlich befinden sich im Vorraum unterschiedliche Wandkonstruktionen in Holzbauweise und in mineralischer Bauweise mit verschiedenen Fassadenausführungen zur Untersuchung des thermischen Verhaltens der einzelnen Bauteilschichten. Ein BUS dient der Steuerung der Lüftungsanlage (zur Simulation der Fensteröffnung), der Beschattungselemente sowie der Raumkonditionierung.

#### 5. Literatur- und Normungsverzeichnis

##### 5.1. Literaturverzeichnis

- [1] Wittstock, B.; Stefan A.; Makishi Colodel, C.; Lindner, J.: Gebäude aus Lebenszyklusperspektive. Ökobilanzen im Bauwesen, in: Ernst und Sohn (Hrsg.): Bauphysik 31, Berlin 2009, S. 9–17.
- [2] Schneider, J.: Klimaschutzbericht 2009, herausgegeben vom Umweltbundesamt, Wien 2009.
- [3] Voss, K.; Pfafferott, J. (2007): Energieeinsparung contra Behaglichkeit. Herausgegeben von Bau und Stadtentwicklung Bundesministerium für Verkehr. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme -ISE-. Bonn. (Forschungen, Heft 121).
- [4] Adnot, J.; Waide, P. (2003): Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners. Final Report – Volume I – III.
- [5] Varga, M.; Pagliano, L.(2006): Reducing cooling energy demand in service buildings: Building Performance Congress (Tagungsband).
- [6] Hellwig, R. T.: Thermische Behaglichkeit – Unterschiede zwischen frei und mechanisch belüfteten Gebäuden aus Nutzersicht. Dissertation, Technische Universität München, November 2005.
- [7] Hellwig et al: Kriterien des nachhaltigen Bauens: Bewertung des thermischen Raumklimas ein Diskussionsbeitrag. In: Bauphysik 30 (2008), S. 152-162
- [8] Fanger, P. O.: Thermal Comfort. Analysis and applications in Environmental Engineering. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar Florida 1982.

[9] Bednar, T. (2010): Sommerliches Verhalten von Wohnungen Gebäuden – Zusammenhänge. Vortrag anlässlich der Veranstaltung Fakten versus Vorurteile d. MHC am 17.11.2010.

[10] [www.oib.or.at/NAT-T13.xls](http://www.oib.or.at/NAT-T13.xls) abgefragt am 10.01.2012

[11] Teibinger, M. (2011): Sommerliche Überwärmung - Der Einfluss des Fensters. Im: Tagungsband Fenster-Türen-Treff 2011, S. 36-47. Holzforschung Austria Wien.

[12] Riccarbona, C. Bednar, T. Mezera, Karl (2010): Baukonstruktionslehre 4 -. Bauphysik mit CD-ROM / Manz, Wien

[13] Schnieders, J. (2003): Beitrag im Protokollband Nr. 22: Lüftungsstrategien für den Sommer. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser - Phase III. Passivhausinstitut Darmstadt.

[14] Rijal, H.B. et al (2007): Energy and buildings. 39, S. 823-836.

[15] Öhrström, E. (2004): Results from Swedish Soundscape research program.

## 5.2. Normenverzeichnis

ÖNORM B 8110-3 Wärmeschutz im Hochbau - Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse, Dezember 1999

ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Jänner 2010

ÖNORM EN ISO 7730 Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005), Mai 2006

ÖNORM EN ISO 13786 Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen - Dynamisch-thermische Kenngrößen - Berechnungsverfahren (ISO 13786:2007), April 2008

ÖNORM EN 15251 Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht



Zukunftsakademie  
Mostviertel

**IBO**



Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie

 **green academy**

  
bau.energie.umwelt cluster  
niederösterreich

**klima:aktiv**  


  
**IG PASSIVHAUS  
OST**  
Institute für Informations  
Bautechnik und Wärmelehre

**LEHRGANG**

**Ökologisches und  
energieeffizientes  
Bauen**



**Lehrgangsstart: November 2012**

**Anmeldung und Information**

Mag. Rosemarie Pichler

Tel: 07475/533 40-320

Fax: 07475/533 40-350

Email: [zukunftsakademie@mostviertel.at](mailto:zukunftsakademie@mostviertel.at)

## Energieeffizienz und Komfort in Passivhausbüros

Tobias Waltjen, Thomas Zelger, Bernhard Lipp, IBO

Ralf Gritzki, Markus Rösler, TU Dresden, Institut für Energietechnik

### Einleitung

Das IBO-Handbuch für behaglichkeitsoptimierte Passivhausbüros [IBO 2011] beleuchtet die Bedingungen für Tageslichtnutzung, thermischen Komfort und Innenraumlufthausqualität in Gebäuden, die als Büro genutzt werden. Der energetische Aufwand für die Temperierung und Lüftung, insbesondere der Primärenergiebedarf, sollen dabei minimiert werden.

Die Ergebnisse der Tageslichtsimulationen wurden anlässlich des BauZ!-Kongresses 2011 ausführlich im Tagungsband sowie in einem Vortrag vorgestellt [Waltjen et al. 2011].

Schwerpunkte dieses zweiten Beitrags sind die Ergebnisse der Strömungssimulationen und der thermischen Gebäudesimulationen.

### Methodische Leitlinien der Arbeit sind

- der Passivhausstandard [IBO 2008] als Vorgabe für die modellierten Versuchsräume,
- thermischer Komfort nach ÖNORM EN ISO 7730:2006 mit ihren Bewertungsverfahren, die die Wärmebilanz des Körpers als Ganzes gegenüber der Umgebung abbilden, weiters lokale (auf einzelne Körperteile beschränkte) Störungen des thermischen Komforts beschreiben und schließlich Komfortklassen A, B und C über maximal zulässige Abweichungen von Idealwerten definieren.
- Für Gebäude ohne aktive Kühlung, die ausschließlich auf natürliche Kühlmaßnahmen setzen (z.B. verstärkter nächtlicher Fensterluftwechsel, verstärkter Fensterluftwechsel auch am Tag), wird für die quantitative Beurteilung der thermischen Behaglichkeit ÖNORM EN 15251 angewandt, die mit einer weitergehenden Toleranz für das Raumklima rechnet, wenn die Öffnung der Fenster durch die NutzerInnen möglich ist.
- Die Innenraumlufthausqualität, hier gemessen als zulässige Konzentrationen von CO<sub>2</sub> in mechanisch belüfteten Innenräumen, wird gemäß ÖNORM EN 13779:2008 bestimmt (Güteklassen).
- Die bei mechanischer Belüftung den Arbeitsräumen zuzuführenden Außenluftvolumina werden gemäß Arbeitsstättenverordnung (BGI. II Nr. 368/1998) mit 35 m<sup>3</sup> pro Person und Stunde bei Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung definiert .

### Modellraum

Für die Simulationen wurden Zellenbüros mit Mittelgang und drei Arbeitsplätzen ausgewählt.

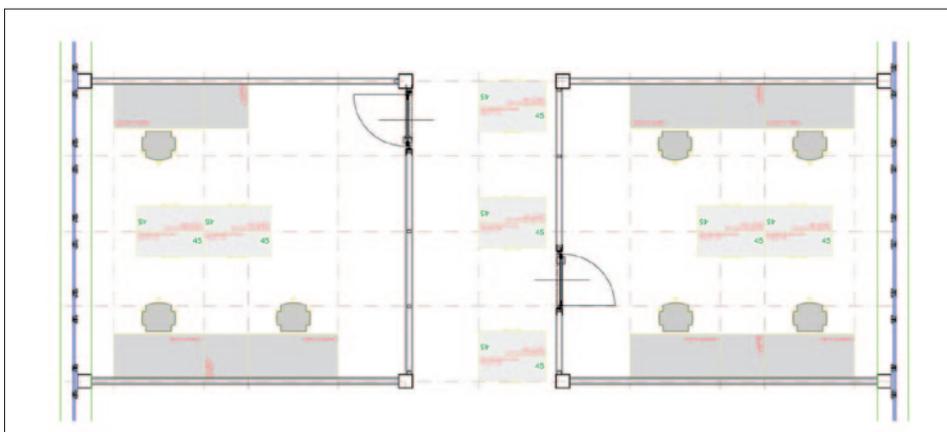


Abb. 1: Grundriss der ausgewählten Modellraumkonfiguration

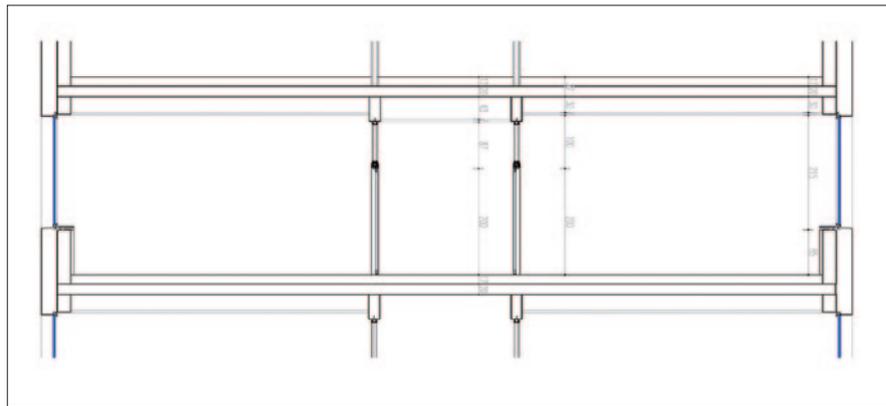


Abb. 2: Schnitt der ausgewählten Modellraumkonfiguration mit Oberlichtern, beidseitig

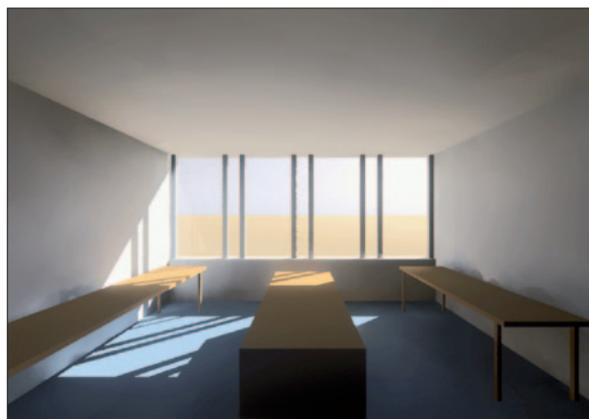


Abb. 3: Standardvariante: Bandfenster ohne Sturz

### Die gebäudetechnische Ausstattung des Modellraums

Für die Strömungssimulationen wurden die Modellräume mit einer Vielzahl verschiedener Zuluftführungen, Flächenkühlungen und -heizungen und Varianten für Luftheizung und -kühlung ausgestattet.

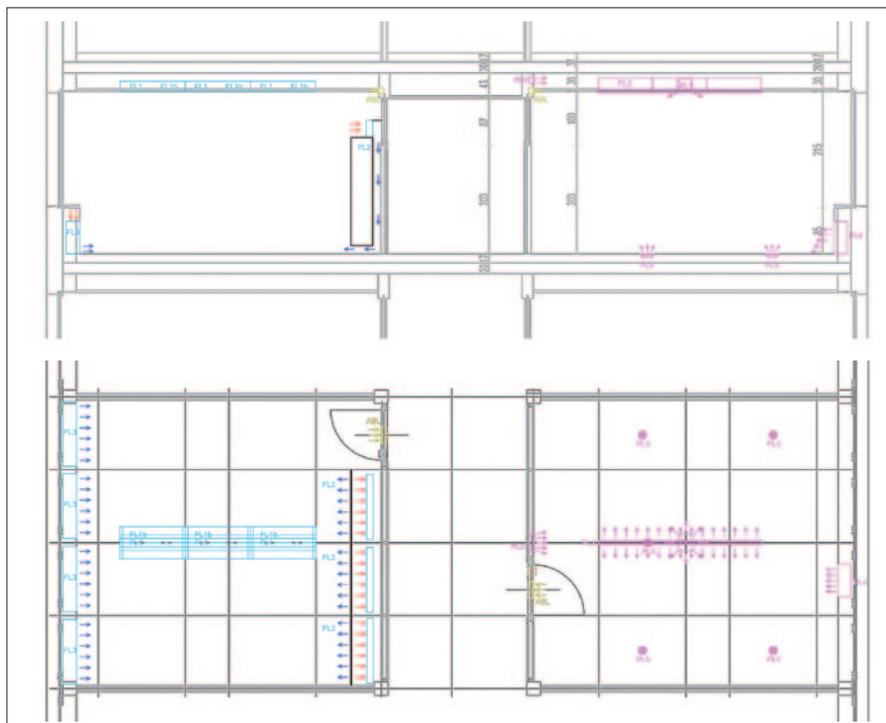


Abb. 4: Modellraum mit haustechnischen Ausstattungsvarianten. Situierung der Systeme ABL: Abluft, FL1:Kühlbalken (Induktionsgerät), FL1b: wie FL1 mit Licht, FL2: Gravivent (passiver Kühlbalken mit Schacht), FL3: Umluftkühler mit Nachtkältenutzung<sup>1</sup> (Phase Change Material), PL2: Lüftungsgitter mit Mengeneinstellsatz, PL3: Schlitzauslass, PL4: Quellluftauslass, PL5: Bodendrallluftauslässe. Planung: newenergyconsulting

1) Im Nachtbetrieb wird kalte Außenluft angesaugt, das PCM erstarbt und kann tagsüber wieder zur Kühlung des Raums genutzt werden.

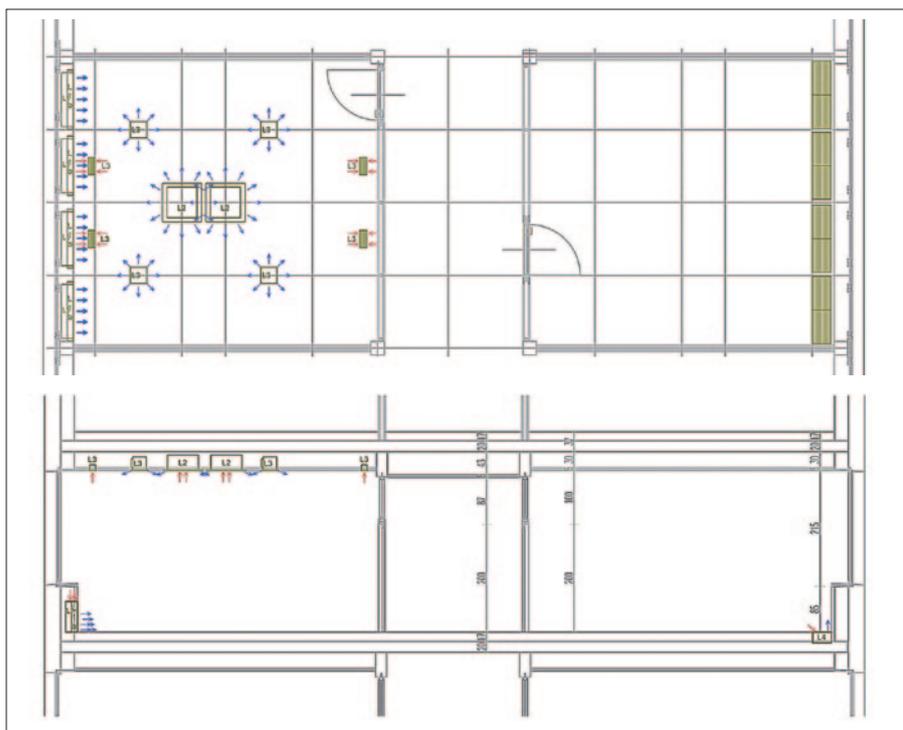


Abb. 5: Modellraum mit haustechnischen Ausstattungsvarianten. Situierung der Systeme L1: Ventilatorkonvektoren (Brüstungsgeräte), L1b: Ventilatorkonvektoren (Komfortbrüstungsgerät), L2: Deckenfancoil, L3: Deckeneinbaugerät mit Drallauslässen, L4: Unterflurkonvektor Quelle: newenergyconsulting

### Methodik der Strömungssimulationen

Diese Varianten wurden mit thermischen Simulationen und nachgeschalteten dynamischen CFD-Simulationen (CFD, computer fluid dynamics) untersucht. Das Verfahren wird in [IBO 2011] eingehend erläutert.

### Methodik der thermischen Gebäudesimulationen

Ausgangspunkt des baulichen sowie gebäudetechnischen Konzeptes ist der Passivhausstandard [IBO 2008]. Der Nachweis erfolgt mittels Passivhausprojektierungspaket (PHPP 2007), derzeit in Version 1.6. Zu beachten ist, dass sich die Innenraum-Qualitäten auf einzelne Räume beziehen, während sich die Grenzwerte des Passivhausstandards auf ein ganzes Gebäude beziehen. Da in der gegenständlichen Arbeit der Fokus auf der Behaglichkeit liegt, wird auch für die energetische Betrachtung von einzelnen Räumen ausgegangen, wovon auf das Gesamtgebäude geschlossen wird.

Der Passivhausstandard kann durch sehr unterschiedlich zusammengesetzte Maßnahmenbündel realisiert werden, erst auf Gebäudeebene kann eine definitive Prüfung auf prinzipielle Passivhaus-Zertifizierbarkeit erfolgen. Die Darstellung erfolgt anhand der wesentlichen Maßnahmenbündel:

- Nutzung und Architektur
- Hüllflächen und deren konstruktive Ausbildung
- Belichtung und Beleuchtung
- Gebäudetechnik

### Ausgewählte Ergebnisse der Strömungssimulationen

Jede der im Modellraum simulierten Haustechnikvarianten besteht aus Einrichtungen zur Frischluftzufuhr und -verteilung und aus Einrichtungen zum Heizen oder Kühlen. Die Abluftabsaugung ist einheitlich oberhalb der Tür angeordnet und variiert nicht.

Die Funktion der Heiz- und Kühleinrichtungen wird nach der aggregierten Komfortbewertung Predicted Mean Vote<sup>2</sup> (PMV), ergänzt durch Detailanalysen der Temperaturen der Luft, der Raumbooberflächen und, kombiniert, der operativen Temperaturen im Tagesverlauf bewertet.

2) Predicted Mean Vote: Vor-  
ausgesagtes Wärmeurteil von  
Versuchspersonen in einem  
kontrollierten Innenraumklima

Die Funktionen Frischluftzufuhr und -verteilung werden getrennt davon nach den Kriterien Luftaustausch (Luftalter), CO<sub>2</sub>-Konzentrationen, insbesondere am Ort der simulierten Personen, und nach Zugluftisiko im Bereich der Knöchel der Personen in 0,10 m Höhe über dem Fußboden sowie im Bereich des Nackens in 1,1 m Höhe über dem Fußboden bewertet. Bei einigen Varianten sind die Funktionen Frischluftzufuhr, Wärme- und Kälteabgabe in einem Gerät vereint. Trotzdem werden die Funktionen auch in diesen Fällen getrennt besprochen.

### Einbringen von Wärme oder Kälte in den Raum über Deckenflächen

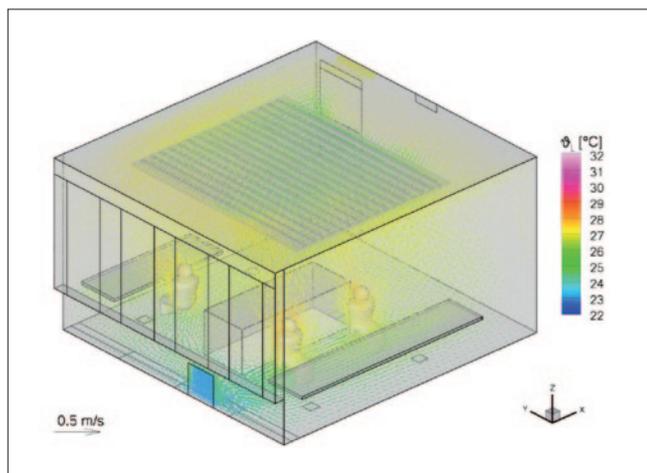


Abb. 6 Kühlsegel (F3): Strömungsfeld in Temperatur gefärbt

Alle betrachteten Deckenflächensysteme Putzkühldecken, Putzheizdecken (F1D), Betonkernaktivierung (F2A) und Kühlsegel<sup>3</sup> (F3) sind in der Lage, einen sehr guten thermischen Komfort zu realisieren.

Sie zeigen alle die Besonderheit einer hohen Trägheit, die vorausschauende Regulierung erfordert. Die Schaltung mittels eines Sensors in der Decke selbst oder zwischen den Arbeitsplätzen, wie in den Simulationen vorgesehen, ist optimierbar durch

- Variationen der Über- oder Untertemperierung der Zuluft (erhöht den Primärenergieverbrauch),
- Solltemperaturänderung zum Verschieben der Aktivierungszeitpunkte,
- Steuerung durch Außentemperatursensoren und Einbeziehung der Wettervorhersage.

### Einbringen von Wärme oder Kälte in den Raum über Fußböden

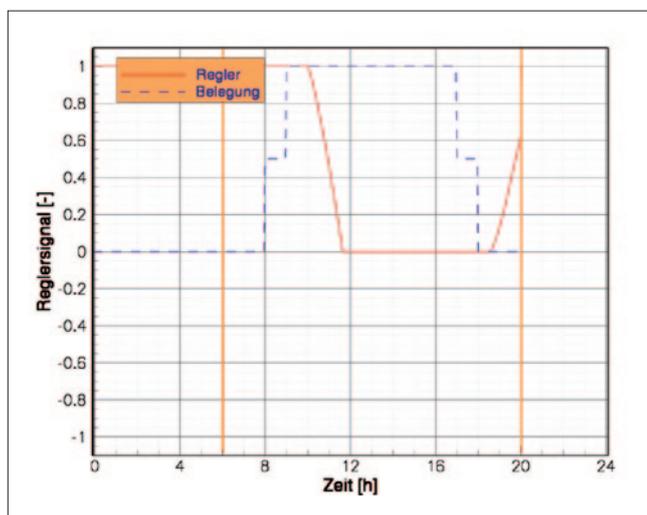


Abb. 7: Fußbodenheizung (F5A), muss bereits frühzeitig am Tag abgeregelt werden

Auch Fußbodenheizung oder -kühlung unter Trockenestrich (F5A) benötigt eine vorausschauende Regelung, damit die Kühlwirkung der Fußböden mit 30 W/m<sup>2</sup> ausreicht. Wenn die Zuluft bodennah eingebracht wird, ist die Gefahr einer Überwärmung geringer als bei deckennaher Zuluft einbringung. Sinngemäß dasselbe gilt für die Fußbodenheizung im Winter, die frühzeitig am Tag bereits abgeregelt werden muss.

### Einbringen von Wärme oder Kälte in den Raum über Umluft

Dazu gehören:

- Ventilatorconvektoren in der Brüstung (L1A),
- Ventilatorconvektoren mit Primärluftanteil in der Brüstung (L1A),
- Komfortbrüstungsgeräte (L1B),
- Deckenfancoil (L2),
- Deckeneinbaugerät (L3),
- Induktionskühl- oder -heizgerät, Kühl- oder Heizbalken an der Decke (FL1),

3) Die Variante Heizsegel wurde nicht untersucht.

Im Gegensatz zu den untersuchten Flächenheizungen und -kühlungen sind die Luftheizungs- und -kühlssysteme sehr flink und, wie es aussieht, für die geringe Kühllast eines Passivhaus-Büros, überdimensioniert. Alle, bis auf eine (FL1) sind bereits in der ersten Leistungsstufe in der Lage, die gewünschten Temperaturen im Winter wie im Sommer rasch zu erreichen. Danach takteten sie im Sommer stark – ein Zeichen der Überdimensionierung. Eine Ausnahme ist das Komfortbrüstungsgerät (L1B), das mit geringerer Kapazität ohne Taktung durchläuft. Im Winter müssen die Geräte für den Heizfall nur vor Beginn der Nutzungszeit und nach ihrem Ende betrieben werden. Der Nachteil liegt im Sommer in der erzeugten Luftbewegung (Zugluftrisiko). Im Winter fällt dieser Nachteil weg, da die Ventilatoren nur außerhalb der Nutzungszeit in Betrieb sein müssen.

### Frischlufteinbringungen

Die untersuchten Systeme lassen sich einteilen in

- Bodennahe Quellluftsysteme (PL4) und Drallauslassdüsen im Boden (PL5), die für die Wärme- und Kälteabgabe separate Systeme benötigen
- Deckennah an der Rückwand angeordnete Luftgitter (PL2), die ebenfalls separate Systeme für die Wärme- und Kälteabgabe benötigen
- Kombinierte Systeme zur Lufteinbringung, Heizung und Kühlung, bodennah im Brüstungsbereich (L1A, L1B)
- Kombinierte Systeme zur Lufteinbringung, Heizung und Kühlung, an der Decke (L3, FL1)

Alle Systeme lösen im sommerlichen Kühlbetrieb markant andere Strömungsvorgänge aus als im winterlichen Heizbetrieb. Bodennahe, impulsarme Lufteinbringung ist deckennaher überlegen, weil die Zuluft thermisch an den Personen und Geräten aufsteigt und so im Raum verteilt wird. Es ist kein mechanischer Aufwand für die Luftverteilung gegen die natürliche Konvektion notwendig, der immer mit Zugluftrisiko verbunden ist. Die Vermischung der Zuluft mit der Umluft ist minimiert.

Die Trennung von Zuluft einbringung und den Funktionen der Heizung und Kühlung ist dem Zusammenfassen dieser Funktionen überlegen, weil für direkte Heizung und Kühlung der Luft stets viel größere Luftmengen benötigt werden. Die von uns untersuchten Geräte bewegen das doppelte bis das fünf-fache Luftvolumen gegenüber einfachen Primärlufteinbringungen. Diese größeren Luftmengen bringen in fast jedem Fall Zugluftrisiko mit sich und verschlechtern die Luftqualität, weil Zuluft und vorhandene Raumluft gemischt werden (oft ablesbar an den CO<sub>2</sub>-Konzentrationen).

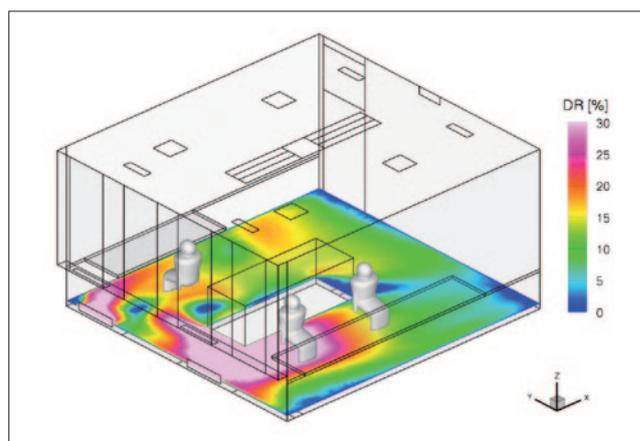


Abb. 8: Ventilatorkonvektor (L1A) in Betrieb: Zugluftrisiko im Bodenbereich (0,1 m) um 10 Uhr (Sommer)

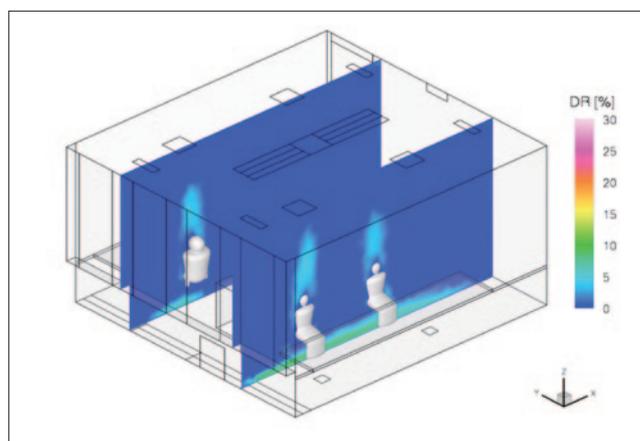
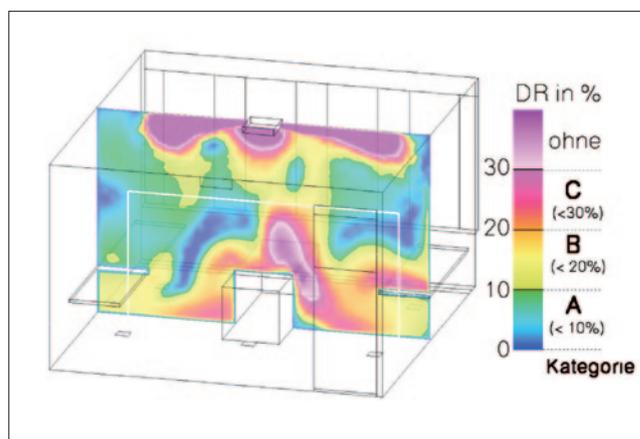


Abb. 9: Quelllüftung (PL4): Konvektionstürme der Körperoberflächen der NutzerInnen sorgen für Frischluftversorgung am Ort des Bedarfs.

Abb. 10: Deckenfancoil (L2) in Betrieb im Sommer: Zugluferscheinungen dargestellt als DR (Draught Risk).



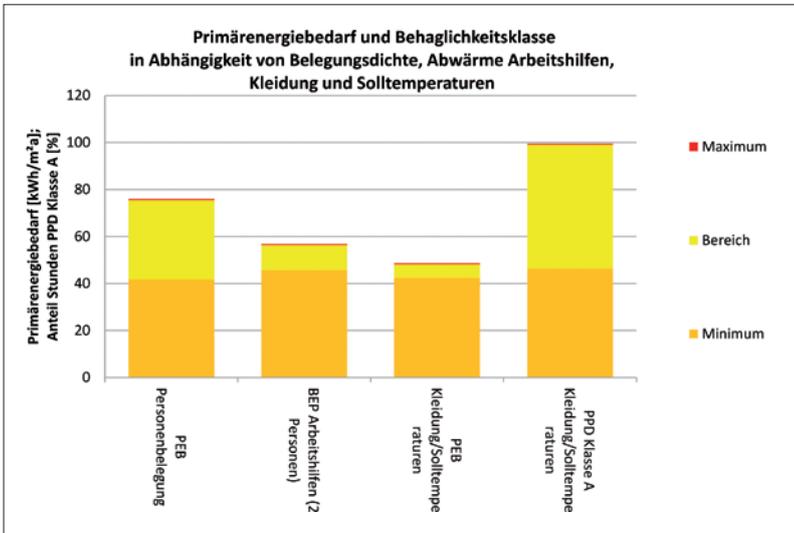
## Ergebnisse der thermischen Simulationen

### Maßnahmenbündel Nutzung

Variable:

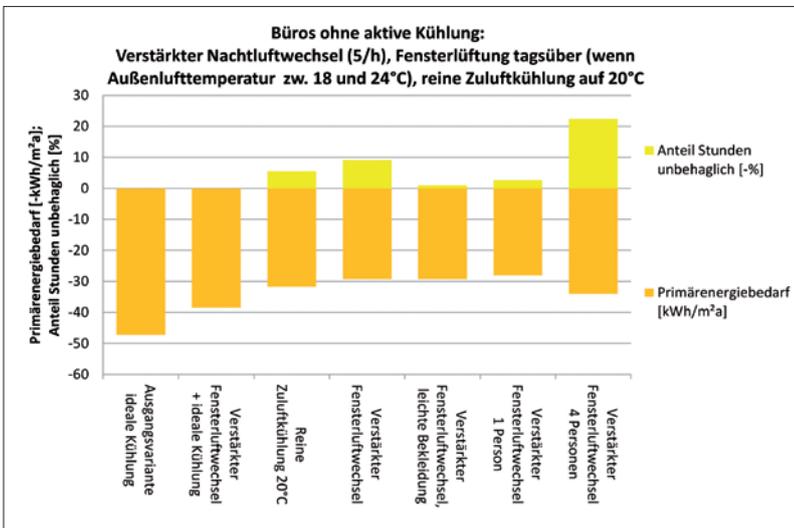
- Personenbelegung: 1–4 Personen/26 m<sup>2</sup>;
- Arbeitshilfen 25/100/150 W /Arbeitsplatz, 100 W=Standard;
- Solltemperaturen 21–25 °C, Ausdehnung des zulässigen Intervalls der Solltemperaturen auf 20–26 °C gemäß EN 15251
- Kleidung mindestens: 0,5 clo, Lockerung der Bekleidungs Vorschriften auf 0,26 clo
- aktive Kühlung, Fenster nachtlüftung, Zuluftkühlung, Fensterlüftung tagsüber

Abb. 11: Primärenergiebedarf und Behaglichkeitsklasse in Abhängigkeit von Nutzungsparametern



Anmerkung: Der Nutzerstrom (Arbeitshilfen) ist im angegebenen Primärenergiebedarf nicht enthalten. Achtung, unterschiedliche Bauweisen sind in den Varianten ebenfalls berücksichtigt (abgehängte Decken, Leichtbau).

Abb. 12: Primärenergiebedarf und Anteil Stunden unbehaglich (%) in Büros ohne aktive Kühlung



Eine Vervierfachung der Personenbelegung bringt nur eine Verdopplung des Primärenergiebedarfs<sup>4</sup>. Das heißt, die Primärenergieeffizienz steigt mit höherer Arbeitsplatzdichte. Die Abwärme der Arbeitshilfen hat eine Bandbreite des Primärenergiebedarfs um ca. 10 kWh/m<sup>2</sup>a zur Folge. Geringe Abwärmern durch Arbeitshilfen gewinnen vor allem bei höheren Belegungsdichten an Bedeutung. Höhere Abwärmern durch Personen und Arbeitshilfen sollten durch eine intelligente Luftführung möglichst wenig im Raum thermisch wirksam werden, z.B. durch Quellluftsysteme. Zu beachten ist allerdings, dass hohe innere Lasten einige Kälteabgabesysteme (z.B. Fußbodenkühlung, auch Betonkernaktivierung) vom Einsatz ausschließen können. Vor allem für hohe Belegungsdichten sollte eine ausreichende Tageslichtausleuchtung auch im hinteren Raumbereich sichergestellt werden, um Strombedarf und Abwärmern zu reduzieren.

Werden die minimalen und maximalen Solltemperaturen ausgedehnt und eine sehr leichte Bekleidung zugelassen, kann einerseits die Behaglichkeit deutlich gesteigert, andererseits der Primärenergiebedarf leicht gesenkt werden.

Ohne Kühlung sind akzeptable Komfortbedingungen nur mit sehr geringer Belegung oder einer hohen Anpassung durch Bekleidung möglich. Jedenfalls ist ein verstärkter Nacht-

4) Gerechnet mit den Primärenergiefaktoren Europäischer Strommix (2,6 kWh/kWh), thermische Energie mit Erdgas (1,1 kWh/kWh)

luftwechsel und tagsüber ein Ablüften bei Außenlufttemperaturen zwischen 18 und 24 °C notwendig, um akzeptable Raumzustände zu erreichen.

Mit hoher Belegung stößt dieses Konzept an seine Grenzen. Ebenso mit klimatischen Randbedingungen, die eine nächtliche Abkühlung über längere Zeit nicht mehr zulassen.

Niedrige und nur zum Teil wirksam werdende innere Lasten (Quelllüftung, effiziente Arbeitshilfen) können zu einer Verbesserung des Komfortniveaus führen.

Durch Verzicht auf aktive Kühlung können bis zu 40 % der Primärenergie eingespart werden. Bei Fensteröffnung am Tag und entsprechend intelligenter Lüftung (CO<sub>2</sub>-Steuerung) wird außerdem Lüfterstrom durch reduzierten Volumenstrom eingespart. Bei Büros an stark befahrenen Straßen ist diese Möglichkeit stark eingeschränkt bzw. nur mit aufwändigen Lösungen (Doppelfassade) realisierbar.

Wird einzig die Zuluft unter Beibehaltung des hygienischen Luftwechsels auf 20 °C gekühlt, kann der Primärenergiebedarf gegenüber einer idealen Kühlung<sup>5</sup> um ca. 30 % abgesenkt werden. Der Anteil von unbehaglichen Stunden bei üblicher Bürokleidung steigt auf 5 % an (ca. 130 Stunden im Jahr).

Auch bei Vorhandensein einer aktiven „idealen“ Kühlung kann Primärenergie von ca. 20 % allein durch den verstärkten Nachtluftwechsel eingespart werden, wobei in diesem Fall hoher Komfort auch in den heißen Wochen gesichert werden kann. Derartige natürliche Kühlkonzepte erfordern die starke Mitwirkung und Einbindung der NutzerInnen bereits in der Planung, vor allem aber nach Bezug des Gebäudes.

### Maßnahmenbündel Hüllflächen und deren konstruktive Ausbildung, Wärme- und Kälteabgabesysteme

#### Variable:

- zugängliche Massivdecke, abgehängte Akustikdecke, Leichtbauwand und -decke
- Umluftkühlung, Betonkernaktivierung, Kapillarrohmatte Decke, Fußbodenheizung/-kühlung
- aktive Kühlung, Fensternachtlüftung, Zuluftkühlung, Fensterlüftung tagsüber

Die Hüllflächen der betrachteten Räume und deren konstruktive Ausbildung wirken sich vielfältig auf das thermische Verhalten aus:

Hohe, wirksame Speichermassen dämpfen die Wirkung von Wärmeinträgen durch Sonne und innere Lasten: Besonders im Fall ohne aktive Kühlung können so die Temperaturspitzen deutlich reduziert werden. Mit einer aktiven Kühlung werden durch hohe wirksame Massen vor allem die Kühl-Leistungen

deutlich reduziert, d.h. eine größere Auswahl an Kälteabgabesystemen kann möglich werden oder extremere Auslegungsbedingungen können abgedeckt werden.

Der Primärenergiebedarf<sup>6</sup> erhöht sich durch eine leichte Bauweise oder durch die abgehängte Decke um ca. 10 % gegenüber der Ausgangsvariante mit frei liegender Massivdecke.

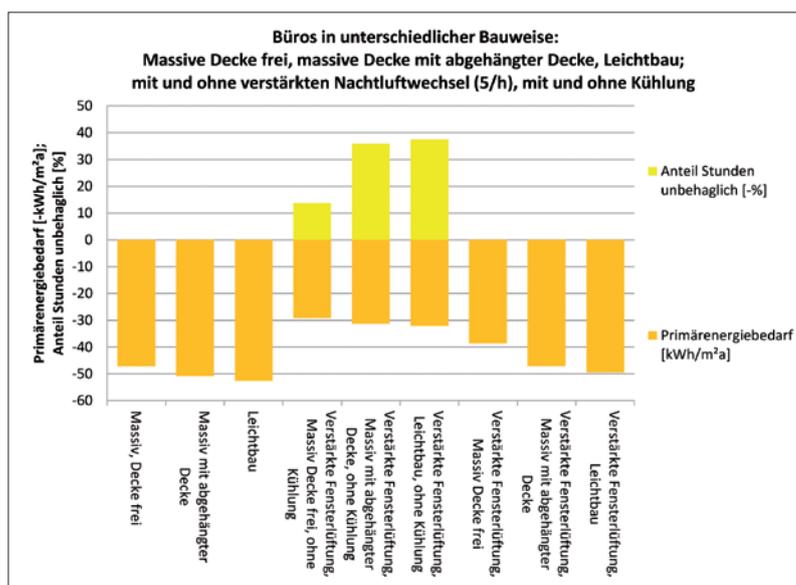
Der Anteil an unbehaglichen Stunden steigt von knapp über 10 % auf über 30 % an. Dieser hohe Anteil kann durch verstärkte Fensterlüftung am Tag oder durch leichtere Bekleidung deutlich reduziert werden (s.o.), trotzdem ist gerade für Kühlkonzepte, die den Temperaturabfall in der Nacht nutzen, eine hohe und leicht zugängliche Speichermasse unbedingt notwendig.

Durch den sehr guten Wärmeschutz wird der Heizwärmebedarf deutlich gesenkt, zudem verkürzt sich die Heizsaison deutlich.

Ohne passive Kühlmaßnahmen (Fensterlüftung) verlängert sich die Kühlperiode in leichtem Ausmaß.

Die Oberflächentemperaturen sind durch die Passivhaus-Verglasung hoch und daher auch in kalten Perioden für den Komfort unproblematisch.

Abb. 13: Primärenergiebedarf und Anteil Stunden unbehaglich (%) in Abhängigkeit von Bauweise, Lüftung und Kühlung



5) Ideale Kühlung ist die (gedacht) räumlich überall gleichzeitig wirksam werdende Zuführung der benötigten „Kälte“menge, annähernd realisiert in einer Umluftkühlung durch Konvektor.

6) Faktoren siehe Fußnote 4

Ein optimierter, außenliegender Sonnenschutz bietet guten Schutz vor hohen solaren Einträgen, wobei die Tageslichtnutzung möglichst wenig eingeschränkt, d.h. der Sonnenschutz in Abhängigkeit von Sonnenstand geregelt sein sollte.

**Maßnahmenbündel Belichtung und Beleuchtung**

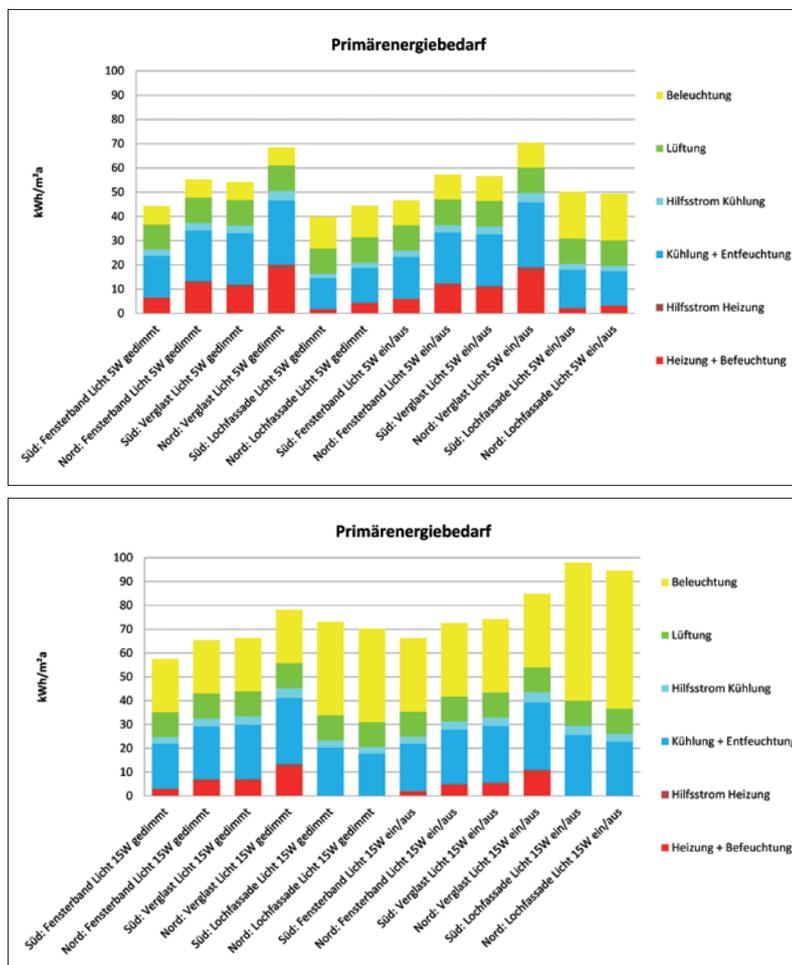
Variable:

- Fensterband, Vollverglasung, Lochfassade, alle Fenstervarianten ohne Sturz
- Hochwertige Jalousie, Sonnenschutz dunkel, jeweils außenliegend; Sonnenschutz dunkel innenliegend, Sonnenschutzglas  $g = 0,3$
- Beleuchtung 5 W/m<sup>2</sup>, 500 lx Beleuchtungsstärke nur auf der Arbeitsfläche,
- Beleuchtung 15 W/m<sup>2</sup>, 500 lx Beleuchtungsstärke auf der gesamten Grundfläche in Arbeitshöhe, jeweils ein/aus oder dimmbar geregelt

Tab. 1: Primärenergiebedarf für Beleuchtung

Beleuchtung	Büroraum 1 (Süd, West)	Gangbereich	Gesamt (2 Büroräume+Gang)
Primärenergiebedarf	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a
Minimum	5.9	30.5	9.8
Bereich	52.0	71.3	55.0
Maximum	57.9	101.8	64.8

Abbildung 14a+b: Primärenergiebedarf in Abhängigkeit von der installierten Leistung und Regelung der Beleuchtung bzw. verschiedenen Beleuchtungsstärkeniveaus



Wesentlichen Einfluss auf den Gesamtenergiebedarf und die daraus resultierenden ökologischen Belastungen durch die Büronutzung hat die künstliche Beleuchtung.

Im betrachteten Büroabschnitt mit 2 Büroräumen, die beidseitig an den Gang anschließen, ergibt sich ein Primärenergieaufwand für die Beleuchtung von 10 bis 65 kWh/m<sup>2</sup>a.

Deutlich wird, dass insbesondere der Gangbereich durch die nicht vorhandene Tageslichtversorgung auch im besten Fall (5 W installierte Lichtleistung!) einen hohen flächenbezogenen Strombedarf aufweist. Bezogen auf das gesamte Gebäude ist daher der Anteil an nicht tageslichtversorgten Gangflächen oder besser die Versorgung von Gangflächen mit Tageslicht wichtig.

Mit erhöhten Sollbeleuchtungsstärken (500 lx für die gesamte Bürofläche in Arbeitshöhe) bei installierten Leistungen von 15 W/m<sup>2</sup> ergibt sich naturgemäß ein entsprechend höherer Strombedarf.

Primärenergetisch ist die Lösung Fensterband gegenüber der Lösung Vollverglasung für alle Varianten in installierter Leistung und Regelung im Vorteil.

Die Lösung Lochfassade ist gegenüber der Fensterbandlösung nur dann leicht im Vorteil, wenn lediglich die fensternahen Arbeitsplätze belegt sind.

Dimmen ist besonders günstig bei mittlerem Lichtangebot. Bei schlechtem Tageslichtangebot ist die künstliche Beleuchtung auch tagsüber meistens in Betrieb, bei sehr gutem Tageslichtangebot ist es (draußen und drinnen) stets eindeutig hell oder dunkel – eine Ein/Aus-Schaltung ist hier angemessen.

Fixe Verschattungen, Eigenverschattung und Verschattung durch Nachbargebäude oder Hügel können sich wesentlich auf die Tageslichtversorgung und somit auch auf den Gesamt-Primärenergiebedarf auswirken: Der Kühlbedarf sinkt, der Heizwärmebedarf steigt gegenüber den unverschatteten Büroräumen, der Beleuchtungsenergiebedarf steigt. Ohne Sturz sind sich die Varianten für die fensternahen Arbeitsplätze allerdings ziemlich ähnlich.

Ein hoher Grad an Behaglichkeit kann nur in den Varianten mit außenliegendem Sonnenschutz sichergestellt werden. Ausschließlich innenliegende Sonnenschutzmaßnahmen sind nur nach Norden hin möglich.

### **Maßnahmenbündel Gebäudetechnik, Lüftung, Be- und Entfeuchtung**

#### **Variable:**

- Luftmenge: 20, 35, 45, 72 m<sup>3</sup>/h, Person
- Befeuchtung (40 %) und Entfeuchtung (12 g/kg), Feuchtequelle Pflanzen 50 g/h, mit Feuchterückgewinnung, ohne Pflanzen, Feuchterückgewinnung 0 %

Verlässt man ideale Heiz- und Kühlsysteme<sup>7</sup>, addieren sich zu den Verlusten der Wärmeverteilung auch diejenigen der realen Abgabe- und Regelungsverluste. Reale Systeme weisen jedenfalls Schwankungen bzw. Hysteresen auf und können damit nicht exakt eine vordefinierte Solltemperatur einhalten.

Während das System Deckenfancoil bereits sehr nahe an das in der Simulation abgebildete ideale Heiz- und Kühlsystem herankommt (Wärme- und Kälteabgabe fast vollständig an Raumluft, nur leichte Schwingungen der Raumlufttemperatur), sind Flächenheizsysteme durch die meist vorhandene Masse deutlich träger. Andererseits werden durch diese auch Flächen konditioniert, deren Oberflächentemperatur auch auf das Behaglichkeitsempfinden der NutzerInnen wirkt.

Gegenüber der Ausgangsvariante mit idealem Heiz- und Kühlsystem erhöht sich der Primärenergiebedarf durch den Einsatz von Flächenheizsystemen um ca. 20 bis 30 %. Gleichzeitig steigt mit den Flächenheizungen und Kühlungen die Behaglichkeit auf das Niveau der Klasse A. Neben den hohen Behaglichkeitniveaus ist als großer Vorteil die vereinfachte Einbindung von natürlichen Wärme- und „Kälte“-quellen zu nennen, z.B. Abwärme für die Beheizung oder die solare Kühlung oder Grundwasser- oder Erdwärmennutzung für die Kühlung. Dadurch kann der primärenergetische Aufwand z.T. rein auf den Wassertransport reduziert werden.

Ein höherer Luftwechsel wirkt sich negativ vor allem auf den Heizwärmebedarf und den Strombedarf für die Lüftungsanlage aus. Ebenso sinken die relativen Luftfeuchten im Winter mit zunehmendem Volumenstrom ab. Der latente Energiebedarf fällt aber vor allem für die Befeuchtung im Winter sehr hoch aus. Für seine Optimierung ist eine bedarfsgerechte Lüftung von hoher Wichtigkeit.

Ab 45 m<sup>3</sup>/h Luftwechsel pro Person kann der Passivhaus-Richtwert nicht mehr eingehalten werden. Hygienischer Luftwechsel, bedarfsgerecht und mit hoher Wärme- und Feuchterückgewinnung, und die Feuchteabgabe einiger Pflanzen garantieren für Bürogebäude verhältnismäßig hohe und behagliche Raumluftfeuchten von 30 bis 40 % im Winter. Die für die „Befeuchtung“ erforderliche Energie wird dem Raum entzogen und führt dort zu einer nicht unerwünschten Kühlung. Probleme durch Schimmel, Bakterien etc. können durch eine vergleichsweise unaufwändige Pflege der Pflanzen sichergestellt werden. Alternativ ist auch eine künstliche, adiabate Befeuchtung denkbar, die sich primärenergetisch günstig vor allem mit Doppelrotationswärmetauscher realisieren ließe.

In sehr schwülen Phasen erhöht sich die Raumluftfeuchte deutlich, mit den Pflanzen und ohne Entfeuchtung treten kurzfristig bis zu 15 g/kg Feuchte auf. Eine Entfeuchtung kostet nur wenig Primärenergie, muss allerdings verhältnismäßig hohe Leistungen aufweisen, um 12 g/kg, den Schwülegrenzwert, sicher einhalten zu können. Eine Entfeuchtung in schwülen Wetterperioden ist vor allem bei Flächenkühlungen jedenfalls vorzusehen.

### **Zusammenfassung**

Der Passivhausstandard, ursprünglich für Wohnhäuser entwickelt, trifft bei der Büronutzung auf anspruchsvolle Anforderungen, die von denen bei Wohnnutzungen abweichen. Geht es bei Wohnungen darum, eine Gebäudehülle zu schaffen, die trotz geringer innerer Wärmequellen auch im Winter ther-

7) siehe Fußnote 5

mische Behaglichkeit bei minimalem Heizwärmebedarf schafft, so sind bei Büros bei hoher Belegungsdichte, entsprechender Geräteausstattung und Beleuchtung die Folgen großer innerer Wärmequellen und hohen Frischluftbedarfs zu bewältigen: Trockenheit der Luft im Winter bei hoher Lüftungsintensität, Kühlbedarf im Sommer, ja sogar zuweilen im Winter. Dazu sollten Büroräume ausreichend und blendfrei natürlich belichtet sein.

Die anspruchsvolle Nutzungsart Büro verlangt daher einige Aufmerksamkeit im Hinblick auf eine Minimierung innerer Wärmequellen, großzügige, richtig positionierte (sturzfremde) Fenster mit außenliegendem funktionellen Sonnenschutz und innenliegendem Blendschutz, richtig positionierte Lufteinbringung, effektive Luftführung in den Räumen, gut einregulierte Kühl- und Heizflächen bzw. richtig dimensionierte, zugluftarme Luftkühlungen und -heizungen.

### Danksagung

Die Autoren stellen ein Projekt vor, zu dem ein großes Team beigetragen hat:

IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Wien: Dr. Tobias Waltjen, Dr. Bernhard Lipp, DI Thomas Zelger, DI Erna Motz, DI Wolfgang Huber, Ing. Mag. Maria Fellner, DI (FH) Astrid Scharnhorst, DI (FH) Felix Heisinger, DI (FH) Niko Skarabela, Mario Schmitradner BSc

ALware Andreas Lahme, Braunschweig: Dipl. Phys.-Ing. Andreas Lahme, DI Sascha Buchholz

TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung: Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. W. Richter/Prof. Dr.-Ing. C. Felsmann. Bearbeiter: Dr.-Ing. Ralf Gritzki, Dr.-Ing. Alf Perschk, Dr.-Ing. Markus Rösler

newenergy consulting, Linz: Ing. Jürgen Obermayer

Mit einem Beitrag von m.o.o.con, Wien: DI Bernhard Herzog

Dank an DI Felix Twardik, IBO Innenraumanalytik, für wertvolle Hinweise und an Ing. Mag. Maria Fellner für die gründliche Durchsicht des Manuskripts dieses Beitrags.

Wir danken unserem Fördergeber ENERGIE DER ZUKUNFT, Projekt 815 692. Programmverantwortung: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie und Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Programmmanagement: FFG

### Literatur

[IBO 2008] IBO (Hg.): Passivhaus-Bauteilkatalog – Ökologisch bewertete Konstruktionen / Details for Passive Houses – A catalogue of ecologically rated constructions. Wien: Springer 2008

[IBO 2011] IBO [Hg.] Handbuch Komfort für Passivhaus-Büro. Forschungsbericht Energie der Zukunft zum Projekt 815 692. Wien 2011

[Waltjen et al. 2011] Waltjen, Tobias; Bernhard Lipp; Andreas Lahme: Komfort im Passivhaus-Büro – Erste Ergebnisse eines Forschungsprojekts: Tageslichtsimulationen. BauZ! Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen 17.–18. Februar 2011. Wien: IBO 2011

## Sommerfall im Passivhaus – Welche Rolle spielt der Bewohner?

Alexander G. Keul, Roland Salzmänn, FB Psychologie, Universität Salzburg

Alexander Lehmden, Product Management Clay Blocks – International, Wienerberger AG, Wien

Evaluationen können über Erkenntnisse des tatsächlichen Nutzerverhaltens auch die hochsommerliche Wohnqualität verbessern. Im Sommer 2011 wurden daher in drei Salzburger Passivhaus-Siedlungen – Samer Mösl (Holz), Postareal (Massiv) und Paradiesgarten (Ziegel) – in neun Wohnungen 2- oder 4-Wochen-Nutzertagebücher mit Luftmessungen (Temperatur, Feuchte, CO<sub>2</sub>) verglichen. Die Analyse des 2-Wochen-Materials (9 WE) zeigte einen Effekt falscher Tageslüftung bei nicht konsequenter Nachtlüftung und Verschattung. Die 4-Wochen-Daten (3 WE) beinhalteten auch eine Hitzeperiode und stellten den individuellen Umgang im Sommerfall deutlicher dar.



Abb.1a. PH Samer Mösl, Sbg



Abb.1b. PH Postareal, Sbg



Abb.1c. PH Paradiesgarten, Sbg

In der schon länger laufenden Diskussion um sommertaugliche Wohnqualität im Passivhaus dienen Evaluationen als Standortbestimmung, weil sie Vorgänge und Verhalten empirisch erfassen. Auch wenn der Einfluss des Nutzerverhaltens wegen des geringeren PH-Energieverbrauchs kleiner ist als im Bestand, spielt richtiger Umgang mit der PH-Technologie für die Wohnzufriedenheit eine wichtige Rolle. Arbeitskreise des Passivhausinstitutes identifizierten für den Sommerfall Lüften, vor allem als verstärkte freie Lüftung in der Nacht, eine außen liegende temporäre Verschattung und größere innere Masse als günstig. Das Temperatur-Amplituden-Verhältnis soll aber bei passivhaus-typischer Wärmedämmung [U-Werte kleiner gleich 0,15 W/(m<sup>2</sup>K)] keine Rolle mehr spielen [1, 2].

Nachdem eine Evaluationsserie aller neu gebauten PH-Geschoßwohnbauten ab 2007 hohe Zufriedenheit, aber auch Kritik an der Luftfeuchte im Winter und möglicher Überhitzung im Sommer ergeben hatte [3, 4], wurde nach einer Winterstudie zur subjektiven Temperatur und Luftfeuchtigkeit [5] im August 2011 eine Sommerstudie in drei Salzburger Passivhaus-Siedlungen – Paradiesgarten (Ziegelbau, 5 Geschoße), Postareal (Massivbau, 8 Geschoße) und Samer Mösl (Holzbau, 3 Geschoße) – in insgesamt 10 Wohnungen als Tagebuchehebung mit parallelen Raumluftmessungen durchgeführt. Dabei nahmen vier Mieter im Paradiesgarten, drei im Postareal und drei im Samer Mösl teil, wobei von neun Wohnungen brauchbare Bewohnertagebücher (fünf über 2 Wochen, vier über 4 Wochen) mit Angaben über Belag, Verschattung, Lüftung und subjektive Temperatur/Feuchte/Luftqualität zurückkamen. Zwei Voltcraft-Logger pro Wohnung (im Wohn- und Schlafzimmer) zeichneten stündlich Temperatur- und Feuchtwerte auf (in sechs Fällen für 2 Wochen, in vier Fällen über 4 Wochen). Zusätzlich wurden in Wohnungen aller drei Siedlungen CO<sub>2</sub>-Werte gemessen.

Ziel der Untersuchung war es, den Sommerfall in Passivhaus-Siedlungen verschiedener Baumaterialien (also verschiedener Speichermasse) [6] aus Nutzersicht mittels Messung und Tagebuch zu vergleichen. Dabei war zu erwarten, dass sich neben Material- und Standortunterschieden vor allem die Verschattung der Wohnung tagsüber und richtiges Lüftungsverhalten (nachts, nicht tags im Sommer) auf die Nutzerzufriedenheit mit Temperatur, Feuchte und Luftqualität im Sommerfall auswirken würde. Es wurde davon ausgegangen, dass die Lüftungsanlagen gewartet sind, sie die zugeführte Zuluft etwas abkühlen, massiven Wärmeeintrag aber nicht abführen können. Alle PH-Wohnanlagen waren mindestens zwei Jahre in Betrieb (das Samer Mösl schon fünf Jahre).

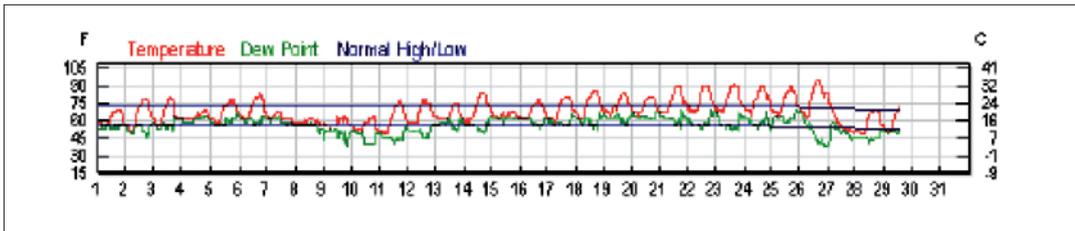


Abb. 2. Temperaturverlauf Salzburger Flughafen, August 2011. Maxima 14., 18. Hitzeperiode 18.–26.8. 2011.

Austeilung und Messungen „auf Abruf“ in der Ferienzeit bedeuten ein hohes Wetter- und Ausfallrisiko. Mit etwas Glück gelang in der ersten Augushälfte ein Messzeitraum mit fünf Tagesmaxima über 25°. Da für die zweite Augushälfte eine Hitzeperiode prognostiziert wurde, verlängerten wir in drei Wohnungen Messungen und Tagebuch auf einen Monat. Zwischen 18. und 26.8.2011 wurde an sieben Tagen 30° erreicht oder überschritten. Heißester Tag war der 26.8.2011 (34° Maximum, siehe Abb.2). Die paarweisen Abbildungen 3a/b und 4a/b sollen einen ersten Eindruck zu den Temperatur(rot)-Feuchte(blau)-Loggerprofilen aus dem ersten („Wärmeperiode“ 1.-18.8.) und zweiten Zeitraum („Hitzeperiode“ 19.-31.8.2011) vermitteln.

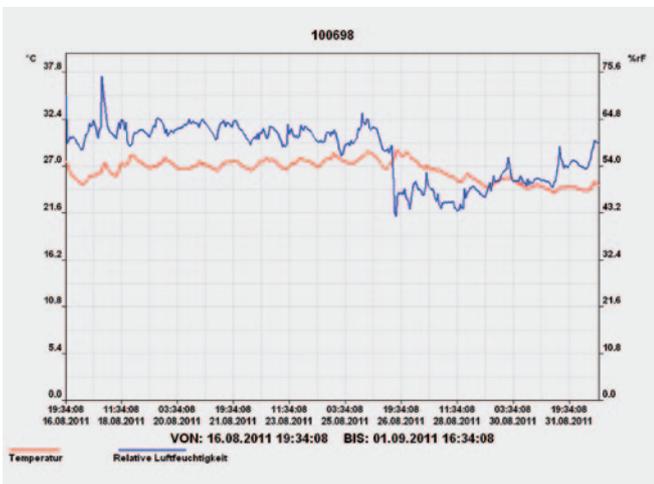


Abb.3a. Wärmeperiode PH Samer Mösl

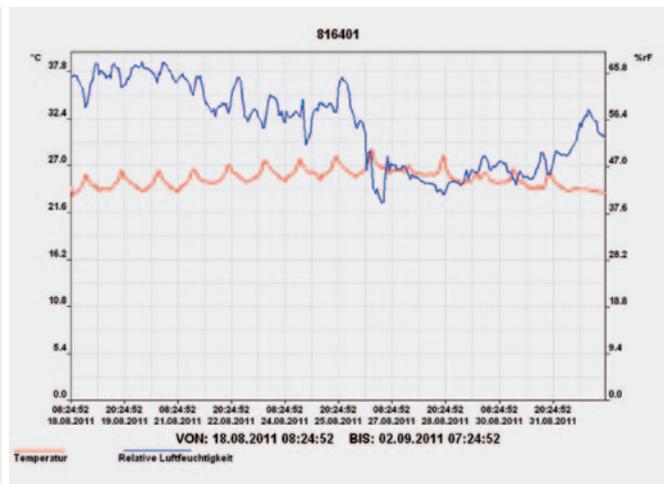


Abb.3b. Wärmeperiode PH Paradiesgarten

Im Holzbau finden sich bereits in der Wärmeperiode Wohnzimmer-Temperaturspitzen von 30°, im Ziegelbau steigt die Temperatur auf bis zu 26°. Bei längerer Hitze werden im Holzbau bis zu 29°, im Ziegelbau bis zu 28° erreicht. Mit einem Infrarot-Thermometer wurden 1.8. abends in einem Ziegelbau-Wohnzimmer Wand-/Boden-/ Deckentemperaturen zwischen 24,9 und 25,8° gemessen; im Massivbau 27,0 bis 27,8° (Tagesmaximum Flughafen: 21°). Bei Loggerabbau am 18.8. (Tagesmaximum Flughafen 30°) erreichten Wände/Boden/Decke eines Holzbau-Wohnzimmers abends Werte zwischen 29,7 und 31,1°. Bei vorher länger gekipptem Wohnzimmerfenster war das Raumklima dort tropisch schwül.

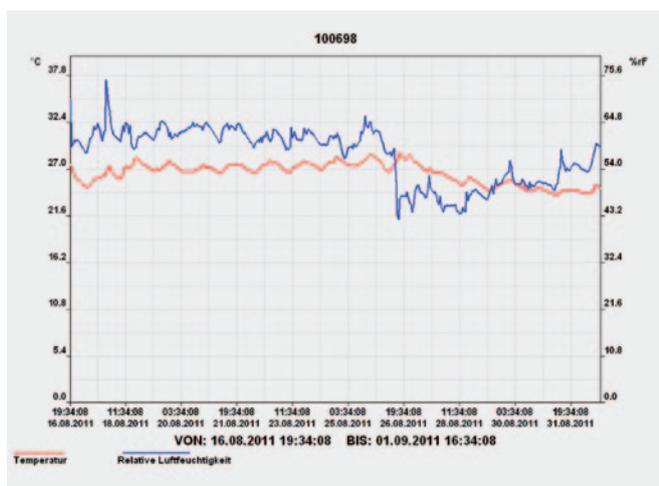


Abb.4a. Hitzeperiode PH Samer Mösl

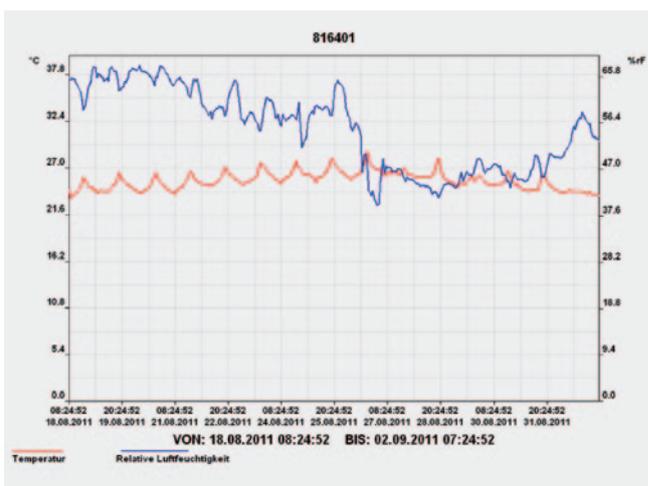


Abb.4b. Hitzeperiode PH Paradiesgarten

Insgesamt wurden 322 Tagebucheintragungen (bis dreimal täglich) und 3.812 Logger-Stundenmesswerte gesammelt. 13 Tage CO<sub>2</sub>-Messung im Holzbau ergaben im Mittel 639 ppm (Range 500–1.031 ppm), 4 Messtage im Ziegelbau im Mittel 480 ppm (Range 374–696 ppm), 17 Messtage im Massivbau im Mittel 498 ppm (Range 323–784 ppm) – die Wohnzimmerluftqualität war also dank Lüftungsanlagen relativ gut.

90 % der Tagebuchwerte wurden im Wohnzimmer notiert, und diese wurden siedlungsweise relativ zu den Loggerwerten analysiert. Dabei zeigten sich folgende signifikante Korrelationen (Kendalls Tau): Die Loggertemperaturen stiegen mit dem Belag, also der Anzahl anwesender Personen. Bei höherer Loggertemperatur hätten es die Bewohner eher gern kühler gehabt und bezeichneten die Luftqualität als nicht gut. Mit der gemessenen Feuchte gab es keine solchen Zusammenhänge. Im Ziegelbau Paradiesgarten steuerte Verschattung tagsüber die Wohnzimmer-Loggertemperatur. Waren Fenster länger gekippt, stieg die Wohnzimmertemperatur signifikant. Gleiches passierte im Massivbau Postareal, wenn die Balkontür tagsüber offenstand. Ein Score für richtiges/falsches Lüftungsverhalten (tags zu, nachts offen) korrelierte in allen drei Siedlungen mit den gemessenen Wohnzimmertemperaturen. Von 295 auswertbaren Tagebucheintragungen berichteten 69 % effektives und 31 % ineffektives Lüftungsverhalten.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass etwa zwei Drittel richtig sommerlüften und auch teilweise tagsüber verschattet wird, es aber trotzdem falsches Verhalten gibt, aus dem Wohnungsüberhitzung resultiert, die von der Lüftung allein nicht beseitigt wird und Unzufriedenheit auslöst. Neben der bereits etablierten good practice einer systematischen Nutzerschulung (Broschüre, Versammlung, Wohnungsbegehung) [7] wäre es offenbar notwendig, Bewohner nachzuschulen oder auch neu Einziehende auf den geeigneten Wissensstand zu bringen.

Neben CO<sub>2</sub> sollten auch andere Luftschadstoffe messtechnisch verfolgt werden, was in Projekten bereits geschieht [8, 9].

Da in Österreich für geförderte Wohngebäude der Passivhausstandard als Zielwert angestrebt wird, sollten geeignete Nutzerinformation und Informationsmanagement unbedingt mit diesen Zielen Schritt halten, um emotionale Widerstände (Reaktanz) der Bewohner zu vermeiden. Evaluationsforschung ist dafür ein „Fieberthermometer“. Sensibel erscheint die Einstellphase von Lüftung-Heizung direkt nach dem Einzug. Für Bewohner hilfreich ist eine simple Gebrauchsanweisung für das anfangs ungewohnte Lüftungs-Heizungssystem. Mit längerer Wohndauer wird das Leben im Passivhaus besser beurteilt. Passiv-Wohnanlagen sind dann mehrheitsfähig, wenn neben baulicher Qualität Verständnis und Information durch gute Technikvermittlung entstehen [3, 4, 7]. Die soziale „Diffusion der Innovation“ Passivhaus [10] erfolgt jedenfalls nicht automatisch, sondern erfordert sensible Kommunikationsarbeit. Wir danken der Firma Wienerberger AG für die finanzielle Unterstützung dieses Forschungsvorhabens.

## Literatur

- [1] Feist, W. (Hrsg.). (1999). Passivhaus Sommerfall. Protokollband Nr.15. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser. Darmstadt: Passivhaus Institut.
- [2] Feist, W. (Hrsg.). (2003). Lüftungsstrategien für den Sommer. Protokollband Nr. 22. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser. Darmstadt: Passivhaus Institut.
- [3] Keul, A.G. (2010). Zur Akzeptanz des Passivhauses im Massenwohnbau. Evaluation (POE) acht österreichischer Siedlungen und Vergleich mit konventionellen Bauten. *Umweltpsychologie*, 14, 66-88.
- [4] Keul, A.G. (2011). Evaluation: Zufriedenheit im Passivhaus. Referat, Alles plus? Das muntere Sprießen der Gebäudekonzepte. BAUZ! Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen, 17.-18.Februar 2011.
- [5] Keul, A.G., Salzmann, R. & Lehmden, A. (2011). Komfort und Luftqualität im Niedrigenergie-Ziegelgebäude. *Mauerwerk* 15, 3/2011, 176-179.
- [6] Hofer, G., Varga, M., Grim, M. & Amann, S. (2009). Nachhaltigkeit massiv AP7. Forschungsbericht für Energie der Zukunft, Wien.
- [7] Schöberl, H., Hutter, S., Bednar, T., Jachan, C., Deseyve, C., Steininger, C., Sammer, G., Kuzmich, F., Münch, M. & Bauer, P. (2004). Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau. Forschungsbericht für Haus der Zukunft. Wien: Waldhör.
- [8] Münzenberg, U. & Thumulla, J. (2003). Raumluftqualität in Passivhäusern. Tagungsband zur 7. Internationalen Passivhaustagung 2003 in Hamburg.
- [9] Tappler, P., Damberger, B., Twrdik, F., Mitterer, K. & Hutter, H.P. (2006). Pilotstudie zur Untersuchung des Luftwechsels in Innenräumen. Forschungsbericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- [10] Rogers, E.M. (1995). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.

# Brandschutz bei Lüftungstechnischen Anlagen, Brandschutzklappen

Konrad Mayr, IBS – Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH



## Brandschutz bei Lüftungstechnischen Anlagen, Brandschutzklappen, Abschottungen

 IBS-Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH  
**Mayr Konrad**  
*Friedrich*



## Anforderungen beim Durchdringen eines Brandabschnittes

- Verhinderung der Brandausbreitung
- Verhinderung der Weiterleitung von Rauch
- Verhinderung der Wärmeweiterleitung
- mindestens die gleiche Feuerwiderstandsdauer als Wand od. Decke





## Arten des Brandschutzes

- Brandschutzklappen
- Feuerschutzabschlüssen
- Brandrauchsteuerklappen
- Brandschutzmanschetten
- Verlegung des Brandabschnittes
  - Installationskanal (Leitung) mit brandschutztechnischen Anforderungen
  - Schacht mit brandschutztechnischen Anforderungen



## Brandschutzklappe

Bauteil, der dazu bestimmt ist, die Übertragung von Brand und Rauch mittels mechanischer Verschlusselemente durch Luftleitungen zu verhindern



## Arten von BSK



Einfügelige Brandschutzklappe



Lamellen Brandschutzklappe



FLI



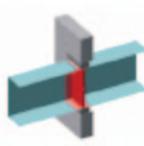
FLI - VE



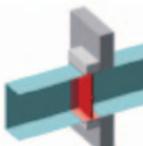
Brandschutz-Teilerventile

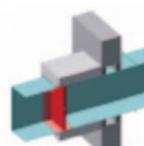
## Einbausituationen



In der Wand od. Decke



an der Wand od. Decke



von der Wand od. Decke entfernt



**IEE**

## Europäische Prüfnorm

**AUSSCHLIESSLICH PRÜFNORM**

**ÖNORM  
EN 1366-2**  
Abgelehnt: 2000-05-01

Normengruppe 0  
Identifiziert mit EN 1366-2:1999

KOB 10.220.00  
01.140.00

**Feuerwiderstandsprüfungen  
für Installationen  
Teil 2: Brandschutzklappen**

**IEE**

## Prüfung entsprechend ÖNORM EN 1366-2

- kleinste und größte Brandschutzklappe
- vertikaler Einbau
  - Prüfwand hergestellt in Massiv-Leichtbau
- horizontaler einbau
  - Decke hergestellt in Massivbau
- praktische Anwendung:
  - in einer Wand od. Decke
  - auf einer Wand od. Decke
  - von einer Wand o. Decke entfernt

IBS

**IEE**

## Prüfanordnung

**IEE**

## Versuchsdurchführung

**IEE**

## Leistungskriterien

- **Raumabschluss E**
  - Wattebauschtest
  - Spaltlehren  $\varnothing$  6 mm und  $\varnothing$  25 mm
  - Anhaltende Flammenbildung länger als 10 Sek.
  - Nach Beginn der Brandprüfung darf die Leckrate durch die Brandschutzklappe  $360 \text{ m}^3/(\text{hxm}^2)$  nicht überschreiten
- **Wärmedämmung I**
  - mittlerer Temp. Anstieg  $140^\circ$
  - max. Temp. Anstieg  $180^\circ$
- **Dichtheit S**
  - Die Leckrate durch die Brandschutzklappe darf  $200 \text{ m}^3/(\text{hxm}^2)$  nicht überschreiten.

IBS

**IEE**

## Klassifizierung EN 13501-3

**Brandschutzklappen**

**E 30 60 90 120**  
**EI 15 20 30 45 60 90 120 180 240**  
**S 15 20 30 45 60 90 120 180 240**

$i \rightarrow o$ ;  $o \rightarrow i$ ;  $i \leftrightarrow o$ ;  $v_e$  und/oder  $h_o$

Neue Einstufung: **EI 90 ( $v_e, h_o, o > i$ )-S**

- Raumabschluss
- Wärmedämmung +
- Einbausituation +
- Belastungsrichtung +
- (Erhöhte Dichtheit) +

IBS

**IEE**

## ÜA u. CE-Kennzeichnung

- Brandschutzklappen sind seit 01.01.2004 in der Baustoffliste ÖA enthalten  
→ ÜA-Kennzeichnungspflicht
- Brandschutzklappen sind ab 01. September 2012  
→ CE-Kennzeichnungspflicht

**IBS**

**IEE**

## Abschottungen für Kunststoffrohre



Brandschutz-  
Manschette







**IEE**

## Brandrauchsteuerklappen Entrauchungsklappen

**Nationale Regelwerke**

- ONORM H 8029 (Ausgabe 2008)  
„Lüftungstechnische Anlagen – Brandrauchverdünnungs-Anlagen (BRV-Anlagen)“
  - Prüfung wie BSK
  - Funktionserhalt über 30 Minuten

**Prüfnormen**

- ONORM EN 1386-10 (Ausgabe 2011)  
„Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen; Teil 10: Entrauchungsklappen“

**Klassifizierungsnormen:**

- ONORM EN 15601-4 (Ausgabe 2007)  
Teil 4: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen von Anlagen zur Rauchfreihaltung“

**Produktnormen:**

- ONORM EN 12101-8 (Ausgabe 2011)  
„Rauch- und Wärmefreihaltung Teil 8: Entrauchungsklappen“

**IBS**

**IEE**

## Transkription



EI 90 → K 90

E 90 ≠ K 90

K 90 ≠ EI 90

**ONORM  
B 3807**

Ausgabe: 2007-11-01

Äquivalenztabellen – Übersetzung europäischer Klassen des Feuerwiderstandes von Bauprodukten (Bauteilen) in österreichische Brandwiderstandsklassen  
Möglichkeiten zur Nachweiseführung

**IEE**

## Europäische Produktnorm ONORM EN 15650

- Anwendungsbereich
- Normative Verweisungen
- Anforderungen an Brandschutzklappen
- Prüfverfahren
- Konformitätsbewertung
- Kennzeichnung und Dokumentation
- Beschreibung üblicher Brandschutzklappen

**IBS**

**IEE**

## Inverkehrbringen und Verwendbarkeit national und europäisch klassifizierter Brandschutzklappen (BSK)

- bis zum Ende der Koexistenzperiode (01.09.2012) noch Brandschutzklappen „K“ (tt)
- nach dem Ende der Koexistenzperiode (01.09.2012) nur mehr europäisch geprüfte Brandschutzklappen
- Das gilt auch für Klappen die von der Wand entfernt montiert werden

**IBS**

**IEE**

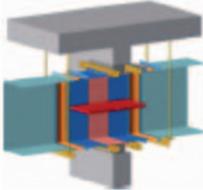
### Einbau von BSK in Verbindung mit einem Weichschott

- bis zum Ende der Koexistenzperiode (01.09.2012) noch Weichschott geprüfte Brandschutzklappen „K (tt)
- nach dem Ende der Koexistenzperiode (01.09.2012)
  - nur mehr europäisch geprüfte Brandschutzklappen
  - zusätzliche Prüfung nach H 6025 (derzeit in Ausarbeitung)
- Das gilt auch für Klappen die von der Wand entfernt montiert werden

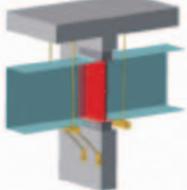
**IEE**

**IEE**

### Einbau nach ÖNORM H 6031



mit Maßnahmen zur Dehnungskompensation



ohne Maßnahmen zur Dehnungskompensation

**IEE**

### Einbau in Massivwand eingemauert



vor Feuerwiderstandsprüfung



nach Feuerwiderstandsprüfung

**IEE**

### Einbau in Leichtbauwand



Leibung gestrichen



Leibung nicht gestrichen

**IEE**

### Einbau in Leichtbauwand Leibung gestrichen



vor Feuerwiderstandsprüfung



60. Versuchsminute

**IEE**

### Einbau in Leichtbauwand Leibung nicht gestrichen



vor Feuerwiderstandsprüfung



60. Versuchsminute



### Durchführung der Kontrollen an Brandschutzklappen nach ÖNORM H 6031

**WER – WAS – WANN - WIE**

**WER** – befugte Gewerbeberechtigte, akkreditierte Stellen, Ziviltechniker, technische Büros, qualifizierte Mitarbeiter

**WAS** – Visuelle Kontrolle- Funktionelle Kontrolle

**WANN** – mindestens 1 x jährlich

**WIE** – anhand der Vorgaben der ÖNORM H 6031





### Durchführung der Kontrollen an Brandschutzklappen nach ÖNORM H 6031

Festlegung von relevanten baulichen Veränderungen



Erläuterung zur Beurteilung:	
02	= in Ordnung
03	= mangelhaft
04	= mangelhaft = Mängelbeseitigung
05	= Einbau entspricht H 6031 (2007)
06	= Einbau entspricht H 6031 (2005)
07	= Einbau vor 2002 (vor H 6031)
08	= Einbau vor 2004 - keine UK-Prüfung erforderlich
09	= nicht vorhanden
Klassifizierung (A-Boden) 040, 044 = 020 (Prüfung) (Boden, Fuß-Plat) ist jedoch irrelevant	



### Beispiele aus der Praxis




Mauerwerk nicht fertig
Abschottung fehlt



### Beispiele aus der Praxis




180° verdreht
falsche Einbautiefe



### Beispiele aus der Praxis



Missbräuchliche Verwendung eines 72° Brandschutzklappen-Werkstückes als Brandschutzklappen-Auslösung



### Beispiele aus der Praxis




flüchtige Ratten
einfachste Durchführung

## Hygiene bei Lüftungs- und Klimaanlage

Felix Twrdik, IBO Innenraumanalytik OG, Wien

### Einleitung

In der Regel wird durch eine raumlufttechnische Anlage (RLT-Anlage) ein hygienisch ausreichender Außenluftvolumenstrom zugeführt, sodass ein zusätzliches Öffnen der Fenster nicht notwendig ist. Wenn nun (insbesondere in der kalten Jahreszeit) die gesamte Atemluft für die im Innenraum befindlichen Menschen in der mechanischen Lüftungsanlage aufbereitet wird, bedeutet das natürlich auch, dass sich hygienische Mängel oder sogar eine mikrobielle Verkeimung innerhalb der Anlage unmittelbar auf den hygienischen Zustand der Raumluft auswirken kann. Es würde in diesem Fall dann praktisch die gesamte Atemluft für die Nutzer dieser Gebäude zuerst durch eine verunreinigte technische Anlage strömen. Folglich ist es von entscheidender Bedeutung, dass durch fachgerechte Planung sowie Berücksichtigung der hygienischen Erfordernisse bei der Produktion, der Installation und dem Betrieb der Lüftungsanlage ein hygienisch einwandfreier Betrieb gewährleistet wird, so dass sämtliche Vorzüge und Vorteile der kontrollierten Be- und Entlüftung zur Geltung kommen.

Generell werden von Lüftungsanlagen keine chemischen Schadstoffe freigesetzt. Eine Ausnahme bildet allerdings die unsachgemäße Anwendung von Desinfektionsmitteln, die zu einer klinischen Beeinträchtigung der Raumluft führen kann. Möglich ist jedoch die Kontamination von Anlagenteilen durch organische und anorganische Stäube und Partikel sowie Mikroorganismen. Beispielsweise kann es bei einer Anlage, die nicht ausreichend gewartet wurde oder bei der die Filter nicht entsprechend den Vorgaben erneuert wurden, in all jenen Bereichen, in denen Wasser oder Feuchtigkeit einwirken kann, zur Besiedelung durch Mikroorganismen kommen.

Treten bei schlecht gewarteten oder fehlerhaft konstruierten Anlagen Beschwerden oder Befindlichkeitsstörungen der Raumnutzer auf, sind die detaillierten Ursachen in der Regel nicht alle bekannt, da man nicht alle Faktoren analytisch untersuchen kann. Werden nun Sporen oder Toxine in der Anlage freigesetzt, hat man ein nicht zu unterschätzendes hygienisches Problem, da besonders kleine Moleküle wie Zellwandbestandteile oder Toxine auch durch sehr gute Filter nicht abzufiltern sind. Die Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden können ohne weiteres jenem eines Schimmelpilzbefalls in einer Wohnung entsprechen. Es handelt sich hier um ein gesundheitliches Risiko, das vor allem bei empfindlichen Menschen zu Beschwerden führen kann. Hier gilt wie bei einem Schimmelpilzfall in Innenräumen streng das Vorsorgeprinzip, wonach Maßnahmen zu treffen sind, bevor gesundheitliche Wirkungen eintreten. Beachtet man allerdings die einschlägigen österreichischen und internationalen Normen, ist man weitestgehend auf der sicheren Seite.

### Was versteht man unter Hygiene bei RLT-Anlagen?

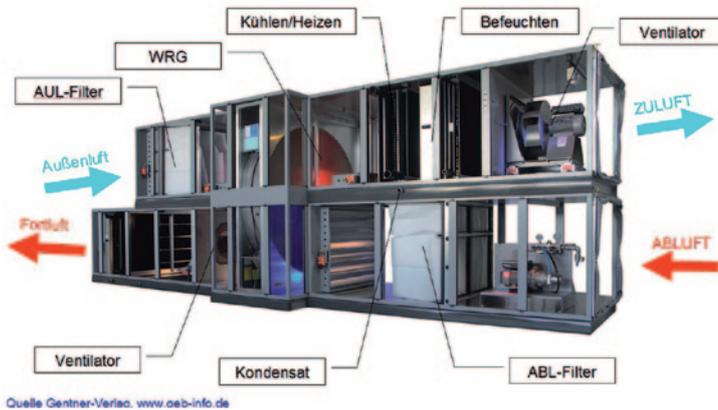
„Hygiene“ ist die Lehre von der Verhütung von Krankheiten bzw. werden unter diesem Begriff Maßnahmen verstanden, die der Erhaltung und Festigung der Gesundheit dienen. Bei raumlufttechnischen Anlagen umfasst der Hygienebegriff jene Maßnahmen und Prozesse mit gesundheitlicher Relevanz bei der Planung, der Fertigung und dem Transport der Anlagenkomponenten, der Errichtung, dem Betreiben und der Instandhaltung von Lüftungsanlagen. Er umfasst also praktisch den gesamten Lebens- und Betriebszyklus einer Lüftungsanlage.

In RLT-Anlagen besteht unter bestimmten Umständen ein gewisses Risiko für die Entstehung von Luftverunreinigungen. Derartige anorganische



oder organische Schadstoffe können toxisch, infektiös, als Allergene, kanzerogen, unspezifisch schleimhautreizend oder psychovegetativ irritierend wirken. Ein gewisses Mindestmaß an Feuchtigkeit und bereits Spuren von organischer Substanz bilden den Nährboden für Bakterien, Pilze und Hefen. Als sogenannte Bioaerosole sind bei RLT-Anlagen Schimmelpilze, Mycotoxine, 1-3-beta-Glukan, Bakterien, Endotoxine und allergene Proteine zu nennen, des Weiteren wären noch MVOC (von Mikroorganismen freigesetzte flüchtige organische Stoffwechselprodukte) anzuführen.

### Hygienisch relevante Komponenten von Lüftungsanlagen



Die untenstehende Abbildung zeigt exemplarisch die wichtigen Komponenten eines modernen Zentralgeräts einer RLT-Anlage (in diesem Fall einer Klimaanlage). Das erste hygienisch relevante Element ist der Außenluftfilter, der besondere Wichtigkeit hat, da sämtliche organischen und anorganischen Partikel, die bereits hier aus dem Luftstrom entfernt werden, in weiterer Folge innerhalb der Anlage nicht zu Quellen für Luftverunreinigungen werden können. Die Wärmetauscher-Oberflächen der Wärmerückgewinnung und die üblicherweise vorhandenen Kühl- und Heizregister sowie eine mögliche Befeuchtungseinrichtung sind die weiteren hygienisch relevanten Komponenten, die einen direkten Einfluss auf die Zuluftqualität haben.

Besonders wichtig ist die Beachtung der Hygienevorgaben in allen jenen Bereichen, in denen Kondensat entsteht (zum Beispiel Kühlregister) oder wo Feuchtigkeit vorhanden ist (zum Beispiel Luftbefeuchter).

### Hygienenormen für raumluftechnische Anlagen



Der Stand der Technik, der einen hygienisch einwandfreien Betrieb der Anlagen ermöglicht, ist bekannt und wird ständig weiter entwickelt. Im Jahr 2011 erschien die neue Fassung der VDI Richtlinienreihe 6022, die den aktuellen Stand der Technik in Bezug auf die Hygieneanforderungen an raumluftechnische Anlagen darstellt. Das Regelwerk beschreibt detailliert die Anforderungen an die Planung, Herstellung und Installation von Lüftungsanlagen sowie die Anforderungen an den Betrieb und die Instandhaltung. Wichtig ist auch, dass in diesem Regelwerk die Vorgangsweise und die Messverfahren für Untersuchungen bei Hygienekontrollen und

Hygieneinspektionen klar und deutlich festgeschrieben wurden. Das österreichische Gegenstück zu dieser VDI Richtlinie bildet die ÖNORM H 6021 auf dem Jahre 2003. Diese mittlerweile bereits etwas veraltete Norm beschreibt ebenfalls Vorgaben für die Reinhaltung und Reinigung von Lüftungstechnischen Anlagen und ist vergleichsweise kurz gehalten. In Bezug auf die Hygienestandards sind daher in Österreich die Vorgaben der Deutschen VDI 6022 heranzuziehen. In diesem Zusammenhang sollte auch auf die ÖNORM EN 13779 verwiesen werden, die wichtige Vorgaben für RLT-Anlagen festlegt. Auch in dieser Norm werden die Planung, die Montage, die Prüfung, der Betrieb und die Wartung der Anlagen behandelt.

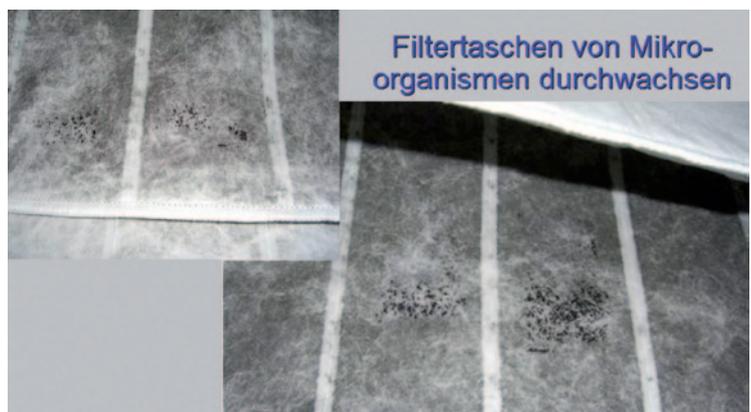
Die zentrale Aussage der Hygienerichtlinie VDI 6022-1 ist, dass RLT-Anlagen in allen luftführenden Bereichen so betrieben und instand gehalten werden müssen, dass eine zusätzliche Belastung durch

Schadgase sowie anorganische und organische Verunreinigungen sicher vermieden wird. Eine Vermehrung von Mikroorganismen in der Anlage muss streng vermieden werden. Der Gehalt der Zuluft an Stäuben, Bakterien, Pilzen und biologischen Inhaltsstoffen darf denjenigen der Außenluft vor Ort beziehungsweise den der Raumluft im Aufenthaltsbereich in keiner Kategorie überschreiten. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass keine gesundheitlich bedenklichen oder geruchsaktiven Stoffe zusätzlich in die Raumluft gelangen.

Eine neu errichtete Lüftungsanlage sollte bereits integraler Bestandteil der Gesamtplanung sein. Sämtliche hygienisch relevanten Komponenten müssen für eine Inspektion und Prüfung zugänglich sein, eine entsprechende Anzahl von Wartungsöffnungen ist vorzusehen. Entscheidend ist die Außenluftansaugung. Die Lage sollte so festgelegt werden, dass negative Einflüsse auf die angesaugte Außenluft möglichst ausgeschlossen sind. Hierbei ist die Umweltsituation und die Fortluftabführung zu beachten. Insbesondere ist die Rezirkulation der Fortluft zu vermeiden. Der Eintrag von Schnee, Regen, Laub und Kleintieren ist konstruktiv zu verhindern. Die Inspektion und die Reinigung muss mit vertretbarem Aufwand möglich sein.

Luftführende Oberflächen müssen technisch glatt und abriebfest sein, sodass notwendige Reinigungsmaßnahmen bzw. eine Desinfektion der Oberflächen problemlos vorgenommen werden können. Offenporige poröse Materialien sind innerhalb des luftführenden Systems unzulässig. Gemauerte Kammerzentralen sind mit glatten Böden ohne Rillen und Vertiefungen auszustatten.

Die Luftfilter schützen die Komponenten der Lüftungsanlage und bestimmen wesentlich die Luftqualität der aufbereiteten Zuluft. Es handelt sich demnach um wichtige hygienisch sensible Bauteile. Die Luftfilter müssen den Eintrag von Luft getragenen Mikroorganismen und anorganischen und organischen Stäuben in die belüfteten Räume minimieren, keinesfalls jedoch erhöhen. Es muss sichergestellt sein, dass sie nicht selbst zur Quelle von gesundheits- und geruchsbelastenden Bestandteilen insbesondere durch Mikroorganismen werden können. Die Filterelemente müssen leicht zugänglich sein, sodass die einfache Inspektion und ein problemloser Ein- und Ausbau gewährleistet ist. Die Luftfilterhalterungen müssen einen dauerhaft dicht-



ten Sitz aufweisen. Filtertaschen müssen im Bodenbereich senkrecht stehen. Durch konstruktive Maßnahmen ist sicherzustellen, dass bei Feuchteinwirkung die einzelnen Filtertaschen nicht aneinander „kleben“ oder es zu einer Beeinträchtigung des Dichtsitzes und des Betriebsverhaltens kommt. In der Regel werden zwei Filterstufen zur Filterung der Außenluft vorzusehen sein. Die diesbezüglich erforderliche Luftfilterklasse und die Anzahl der Filterstufen richtet sich nach der Außenluftqualität und der angestrebten Raumluftqualität und ist in den zutreffenden Normen und technischen Regeln festgelegt (VDI 6022, ÖNORM EN 13779, ÖNORM H 6020, ÖNORM H 6038, ...). Leider widersprechen sich manche Regelwerke jedoch in diesem Punkt.

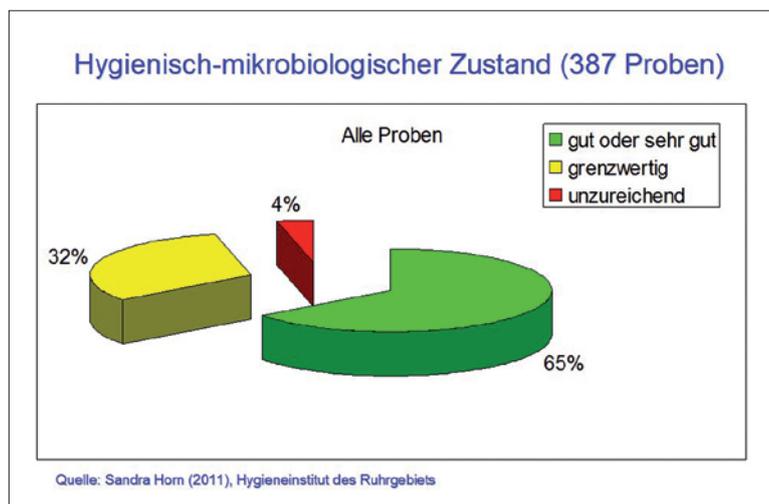
Die Oberflächen von Wärmetauschern (Wärmeübertrager) müssen technisch glatt und korrosionsbeständig ausgeführt werden. Generell sollte ein Geräteschutzfilter in der Abluft vorgesehen werden. Insbesondere Wärmetauscher-Flächen müssen gut zugänglich und leicht zu reinigen sein. In Bereichen, wo Kondensat anfällt, ist für ein rasches und sicheres Abführen der Flüssigkeit zu sorgen. Die Kondensatwannen sind mit ausreichendem Gefälle und Geruchsverschluss auszustatten und müssen zur Reinigung und Desinfektion leicht zugänglich sein.



Ist eine Befeuchtung der Luft innerhalb der RLT-Anlage vorgesehen, ist zu beachten, dass Luftbefeuchter einen besonderen Risikobereich für mikrobielle Vermehrung, Ablagerungen und Korrosion darstellen. Die Komponenten müssen daher gut zugänglich und leicht zu inspizieren und zu reinigen sein. Eingespeistes Wasser muss Trinkwasserqualität haben. Durch konstruktive Maßnahmen und eine entsprechend ausgerichtete Betriebsführung ist eine mikrobielle Vermehrung unbedingt zu verhindern. Diesbezüglich sind in der technischen Richtlinie VDI 6022-1 Grenzwerte für die Gesamtkoloniezahl und die Konzentration an Legionellen festgelegt. Regelmäßig anzuwendende Desinfektionsverfahren müssen gesundheitlich unbedenklich und umweltverträglich sein.

Im Bereich kleinerer Anlagen (Wohnraumlüftung), in dem in der Regel keine aktive Befeuchtung stattfindet, ist vor allem auf Kanalstrecken zu achten, in denen Feuchte kondensieren kann. Ein Beispiel ist der Luft-Erdwärmetauscher, der aus diesem (und einigen anderen) Gründen nicht mehr empfohlen wird.

### Wie sieht der hygienisch-mikrobiologische Zustand von durchschnittlichen RLT-Anlagen in der Praxis aus?



Eine vor kurzem vom Hygieneinstitut des Ruhrgebiets abgeschlossene Studie an 89 im Jahre 2011 geprüften Lüftungs- und Klimaanlageanlagen, die zum Teil schon seit Jahrzehnten im Einsatz waren, zeigt exemplarisch einen Querschnitt über den hygienischen Zustand der Anlagekomponenten. Es erfolgte eine Prüfung der hygienisch sensiblen Oberflächen mittels Oberflächen-Kontaktproben in Hinblick auf die Oberflächendichte an Mikroorganismen (Bakterien, Pilze und Hefen). Ausgewertet wurde nach dem Beurteilungsschema der VDI 6022-1, das eine Einteilung des hygienisch-mikrobiologischen Zustand des der Flächen in drei Klassen vorsieht. Je nach Keimdichte ist der Zustand als „gut oder sehr gut“,

„grenzwertig“ oder „unzureichend“ zu klassifizieren. Ca. 10 % der Anlagen wiesen einen bedenklichen hygienischen Zustand auf, da an zumindest einer der untersuchten Oberflächen der hygienisch-mikrobiologische Zustand als unzureichend einzustufen war. In diesen Fällen bestand sofortiger Handlungsbedarf. Etwa ein Drittel der Anlagen hatte keine wesentlichen Mängel. Sämtliche geprüften Oberflächen dieser Anlagen waren als gut oder sehr gut einzustufen. Verbesserungswürdige hygienische Details fanden sich immerhin bei rund der Hälfte der untersuchten Anlagen.

Betrachtet man die Gesamtheit der 387 ausgewerteten Proben, zeigte sich bei 4 % der geprüften Oberflächen ein hygienisch-mikrobiologisch unzureichender Zustand. Hingegen wiesen rund zwei Drittel (65 %) der Einzelproben einen als gut oder sehr gut einzustufenden Zustand auf.

### Ausblick

Der Anteil von Gebäuden mit mechanischer Lüftung ist zurzeit im Steigen und wird auch in Zukunft weiter stark zunehmen. Beispielsweise ist ein modernes Passivhaus ohne mechanische Wohnraumlüftung gar nicht mehr denkbar. Die Zukunft gehört der sogenannten „Komfortlüftung“. Dies ist eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, die technisch für einen hygienisch einwandfreien Betrieb und besonders komfortabel und energiesparend ausgelegt ist. Ihre Qualitätskriterien gehen teilweise deutlich über die Mindestanforderungen an eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung hinaus. Die Vorteile von Komfortlüftungen kommen auch bei jedem modernen Niedrigenergiehaus und im Sanierungsfall voll zur Geltung.

Auch wenn moderne, energiesparende Anlagen bereits einen hohen technischen Standard erreicht haben, sind Detailverbesserungen in einigen Bereichen abzusehen. Hier wird sich in Zukunft noch einiges tun, insbesondere in den Bereichen:

- bedarfsgerechte Luftvolumenregelung
- Luftfeuchtemanagement
- einfache Handhabung, Benutzerfreundlichkeit und
- rohrlose Systeme.

Eine Komfortlüftung kann ihre Vorzüge für den Nutzer nur dann ausspielen, wenn der Planungsprozess und die Installation der Anlage und – ganz wichtig – die bedarfsgerechte Einstellung der Anlage sowie die Einschulung der Nutzer vor Ort kompetent und fachgerecht vorgenommen wird. Entscheidend ist dann die regelmäßige Wartung und Durchführung der Hygienekontrollen durch den fachlich kompetenten Betreiber oder externe Fachkräfte.

### Quellen

VDI 6022 Blatt 1: Hygiene-Anforderungen an Raumlüftungstechnische Anlagen und Geräte; Juli 2011

ÖNORM EN 13779 (2008): Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen

ÖNORM H 6020 (2007): Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume – Projektierung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, technische und hygienische Kontrollen

ÖNORM H 6021(2003): Lüftungstechnische Anlagen - Reinhaltung und Reinigung

ÖNORM H 6038 (2006): Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung Planung, Montage, Prüfung, Betrieb und Wartung

Sandra Horn (2011): Hygieneinstitut des Ruhrgebiets, Vortrag im Rahmen der Fachtagung für biogene Schadstoffe und Gesundheit, Berlin, September 2011



## Lüftungsförderung in Vorarlberg

### Erfahrungen aus drei Jahren Direktförderung

Michael Braun, Energieinstitut Vorarlberg

Seit dem Jahr 2009 gibt es in Vorarlberg eine Direktförderung für Lüftungsanlagen. In diesem Beitrag werden die Beweggründe, die zur Umsetzung führten, dargestellt und auf die Problemstellungen sowie entwickelten Lösungen eingegangen.

#### Beweggründe und Ausgangslage

Seit vielen Jahren gibt es in Vorarlberg eine Wohnbauförderung, die besonders Wert auf einen möglichst ganzheitlichen und ökologischen Ansatz legt. Eine technische Lösung, wie sowohl Energie eingespart als auch die Innenraumluftqualität verbessert werden kann, ist der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Somit wurden Lüftungsanlagen schon vor mehreren Jahren in das Punktesystem der Wohnbauförderung aufgenommen und dadurch indirekt gefördert. Indirekt deshalb, da die Verwendung einer Komfortlüftungsanlage die Gesamtpunktzahl um die Punkte für die Lüftungsanlage erhöht (15 Punkte – siehe Kriterium C7b in nebenstehender Tabelle). Die gewährte Förderung wiederum hängt von der Gesamtpunktzahl ab. Außerdem sinken durch die Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlagen die Lüftungswärmeverluste, wodurch der Heizwärmebedarf reduziert wird. Somit wird auch für das Kriterium Heizwärmebedarf eine höhere Punktzahl vergeben, was erneut die Gesamtpunktzahl und damit verbunden die Förderung ansteigen lässt. Vier weitere Punkte werden erzielt, indem die Komfortlüftungsanlage optimiert ausgeführt wird (Pflichtkriterium E5b). Dieses Kriterium wurde mit der Überarbeitung der Wohnbauförderrichtlinie 2008 auf die Fassung 2009/2010 neu aufgenommen, obwohl es ein Musskriterium des jetzigen Kriteriums C7b ist. Dadurch sollte vor allem die Wichtigkeit und Notwendigkeit herausgestellt werden, dass zu einer guten bzw. gut geplanten Lüftungsanlage mehr gehört als die reine Bewertung über energetische Effizienz, sondern auch beispielsweise die Qualität die Außen- und Abluftfilter wichtig ist. Sicherlich hätten die geforderten Maßnahmen auch innerhalb des eigentlichen Kriteriums abgebildet werden können, hätten dann aber nicht die Bedeutung erfahren, wie dies durch die Herausstellung in einem eigenen Kriterium der Fall ist. Zusätzlich wird darin beispielsweise gefordert, dass für den Sommer die Möglichkeit eines Bypasses der Wärmerückgewinnung bzw. deren Austausch möglich sein muss.

Somit wirkt sich der Einsatz einer Lüftungsanlage an drei Stellen in der Förderung direkt oder indirekt aus. Der Einbau einer Komfortlüftungsanlage stellt somit in Summe aller Punkte eine der am höchsten honorierten Maßnahme im Rahmen der Wohnbauförderung dar. Trotz der hohen finanziellen Förderung dieser Anlagen stellte sich leider nicht der gewünschte Erfolg ein. Vermutlich auf Grund von Unwissenheit, Gerüchten und falschen beziehungsweise unzureichenden Informationen wurden Komfortlüftungsanlagen nicht in der erwarteten Menge und Güte eingesetzt.

Daher wurde mit der Überarbeitung der Wohnbauförderung für die Jahre 2009 und 2010 entschieden, einen zusätzlichen Anreiz zu schaffen.

<b>B Energie - Heizwärmebedarf</b>				max. 100
1	Heizwärmebedarf spezifisch (HWB)	(kWh/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> u. Jahr)		0-100
<b>C Haustechnik - Energieversorgung</b>				max. 32
1	Brennwerttechnik, Niedertemperaturheizsystem, WW-Bereitung mit Zentralheizung im Winter		Muss	7
2	Reduktion lokaler Luftschadstoffe			3
3a	Wärmepumpe als Zentralheizung			13
3b	Wärmepumpe als Zentralheizung mit Ökostrom		nur ein Krit. wählbar	18
3c	Biomasseheizung oder Anschluss an Biomasse-Nahwärme oder Abwärmennutzung			25
<b>C Haustechnik - Wärmeverteilung, Warmwasserbereitung</b>				max. 55
4	Warmwasser- und Pufferspeicher optimiert gedämmt			5
5	Verteilsystem optimiert gedämmt			6
6a	Solare Warmwasserbereitung		nur ein Krit. wählbar	22
6b	Solare Warmwasserbereitung mit Heizungseinbindung			30
7a	Frischluftanlage		nur ein Krit. wählbar	9
7b	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung			15
<b>E Innenraum - Emissionsarm</b>				max. 12
1	Verlegetwerkstoffe emissionsarm			2
2	Bodenbeläge inkl. Oberflächenbehandlung emissionsarm, aromatenfrei			2
3	Wand-, Deckenanstriche, Tapetenkleber emissionsarm, weichmacherfrei		Muss	2
4	Metall- und Holzanstriche emissionsarm, aromatenfrei			2
5a	Frischluftanlage optimiert	Muss f. Anl. n. C7a	nur ein Krit. wählbar	2
5b	Komfortlüftung optimiert	Muss f. Anl. n. C7b		4
6	Elektrobiologische Hausinstallation			2

Abb. 1+2: Ausschnitt aus der Kriterienübersicht der Wohnbauförderung Vorarlberg 2011  
Quelle: Neubauförderungsrichtlinie 2011 [1]

## Einführung der Direktförderung

Zur weiteren Verbreitung von Lüftungsanlagen wurde ein zusätzlicher Anreiz geschaffen. So wurde mit der Umstellung auf die Wohnbauförderrichtlinie 2009/2010 im Abschnitt II „Neubauförderung“ der Paragraph 9 „Direktförderung für Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung“ eingeführt. Hierbei werden Lüftungsanlagen gefördert, die die nachfolgenden Anforderungen des bereits eingangs genannten Kriteriums C7b<sup>1</sup> erfüllen:<sup>2</sup>

### Energieeffizienzkriterien

- die gesamte luftmengenspezifische elektrische Leistungsaufnahme (Ventilatoren, Regelung) beträgt maximal 0,45 Watt pro m<sup>3</sup> Luftstrom und Stunde [W/m<sup>3</sup>h]
- der effektive, trockene Wärmebereitstellungsgrad beträgt entweder mindestens 70 % nach dem Messverfahren des Passivhaus-Instituts oder mindestens 82 % nach dem Verfahren des Deutschen Instituts für Bautechnik
- der interne und externe Luftleckstrom dürfen jeweils 5 % des Nennabluftstroms nicht überschreiten
- die Luftundichtheit der Gebäudehülle n<sub>50</sub> beträgt maximal 1,0 h<sup>-1</sup>

### Hygiene- und Komfortkriterien

- Auslegung der Anlage nach dem Bedarf pro Person (Empfehlung: 30 m<sup>3</sup> pro Person und Stunde)
- Die Frischluftversorgung erfolgt bedarfsgesteuert wohnungsweise. Bei manueller Regelung müssen mindestens drei Regelstufen (ohne Ausschalter) einstellbar sein.
- Schalldruckpegel maximal 25 dB (A) in Wohnräumen, Kinder- und Schlafzimmern
- Ausreichend große Lüftungsquerschnitte zur Nachströmung der Luft zwischen den Räumen.
- Gut zugängliche, ohne Werkzeug wechselbare Filter, automat. Anzeige Filterwechsel
- Außenluftfilter mindestens F 7 nach DIN EN 779, Abluftfilter mindestens G4 nach DIN EN 779
- Gerät verfügt über Bypass zur Umgehung der WRG im Sommer oder über einen austauschbaren Wärmetauscher
- Unterschied zwischen Außenluft- und Fortluftmassenstrom dauerhaft ≤ 10 %

Diese Direktförderung kann zusätzlich zu dem eingangs genannten Punktesystem betragt werden. Eine ähnliche zusätzliche Förderung außerhalb des Punktesystems gibt es ansonsten nur noch bei den thermischen Solaranlagen, der Biomasse sowie den Wärmepumpen. Somit gehört die Komfortlüftungsanlage sicherlich zu den am stärksten geförderten Komponenten im Bereich des Gebäudeneubaus in der Vorarlberger Förderlandschaft.

Die Förderung, die direkt an den Errichter eines Hauses oder einer Wohnung ausgezahlt wird –daher der Name- erfolgt in Form eines nicht rückzahlbaren Einmalzuschusses. Entgegen den sonstigen Regelungen in der Wohnbauförderung erfolgt hierbei keine Betrachtung der Einkommens- oder Vermögensverhältnisse. Mit Einführung der Förderrichtlinie für das Jahr 2009/2010 wurden hierbei bei einem Eigenheim 4000 €, bei einer Wohnanlage mit bis zu 20 Wohneinheiten je Wohnung 2000 € und bei noch größeren Wohnanlagen 1800 € je Wohneinheit ausgezahlt. Für den Antrag an sich wird ein Geräte-Prüfzeugnis einer der bei den Kriterien genannten Organisationen, ein Prüfprotokoll über die Luftdichtheit des Gebäudes sowie die Rechnung samt Zahlbeleg benötigt. Desweiteren werden die Berechnungen der Zu- und Abluftmengenauslegung und sowie der Rohrleitungsplan (Strangschema) verlangt. Der Förderantrag selbst ist lediglich ein zweiseitiges Dokument, das vor allem Kontakt- und Bankdaten des Förderwerbers abfragt sowie einige wenige auslegungsrelevanten Daten, um eine Plausibilitätskontrolle durch die Wohnbauförderung zu ermöglichen. Ursprünglich war die Lüftungsdirektförderung auf die Jahre 2009 und 2010 befristet.

Im Rahmen der Diskussionen und Entscheidungen bei der Überarbeitung der Wohnbauförderrichtlinie 2009/2010 zur aktuell gültigen Fassung 2012 – mit einem Zwischenschritt für das Jahr 2011– hat man sich auch dazu durchgerungen, die Lüftungsdirektförderung fortzusetzen. So wurde die Lüftungsdirektförderung mit den selben Kriterien und Anforderungen – wie sie auch schon 2009/2010 gegolten haben – in die Förderrichtlinie von 2011 für ein Jahr befristet wiederaufgenommen. Geändert haben

1) Vgl. Wohnbauförderrichtlinie 2009/2010, Wohnbauförderrichtlinie 2011 sowie Wohnbauförderrichtlinie 2012

2) Vgl. <http://www.baubook.at/m/PHP/Kat.php?SKK=171.11080.11081.11088.11129&ST=1&rg=K&SW=2>, Abrufedatum: 21.04.2011

3) Da die zugänglichen Auswertungen und Statistiken nur die Anzahl an Wohnungen je Förderstufe sowie Anzahl der Anträge für die Lüftungsförderung ausweisen, ist eine genaue Ermittlung der Anzahl an Wohneinheiten mit Lüftungsanlage aus diesem Zahlenmaterial nur ungefähr möglich. Dies liegt daran, dass beispielsweise Wohneinheiten sowohl bei der einen als auch bei der anderen Förderung gelistet sein können.

sich in diesem Zug allerdings die Fördersätze. Sie wurden um 50 % gekürzt. Somit werden für das Jahr 2011 für Eigenheime noch 2000 €, für Wohnungen in Wohnanlagen mit bis zu 20 Wohneinheiten noch 1000 € und in noch größeren Wohnlagen je Wohneinheit noch 900 € ausbezahlt. Auch für das Jahr 2012 wurde die Lüftungsdirektförderung nochmals um ein Jahr verlängert. Allerdings wird dies das letzte Jahr sein, in dem die Lüftungsdirektförderung ausgezahlt werden wird (so wird es zumindest explizit in der Förderrichtlinie angekündigt). Für die kommenden Jahre wird wohl entweder der Heizwärmebedarf soweit abgesenkt werden, dass ein Gebäude faktisch nur noch mit Lüftungsanlage realisierbar sein wird, oder es wird schlussendlich doch auf den Primärenergiekennwert als Bewertungskriterium umgestellt werden. Eine eigene Förderung für Lüftungsanlagen wird es dann nicht mehr geben bzw. auch nicht brauchen, da etwas nicht gefördert werden muss, dass ohnehin de facto unumgänglich sein wird. Im ersten Jahr der Förderung (2009) wurden zusätzliche Fördermittel in der Höhe von 346.000,- Euro ausgeschüttet. Gestellt wurden hierzu 61 Anträge, wobei auch für eine Wohnanlage mit mehreren Wohnungen nur ein Antrag gestellt werden muss. Geht man davon aus, dass Gebäude der Neubauförderstufen 4 (HWB max. 20 kWh/m<sup>2</sup>BGFa) und 5 (max. 10 kWh/m<sup>2</sup>BGFa) nur durch den Einsatz einer Lüftungsanlage gebaut werden können, wurden mindestens 290 Wohneinheiten mit Lüftungsanlagen gebaut.<sup>3</sup> Im Jahr 2010 stieg die Anzahl an Lüftungsdirektförderungen von 61 auf 147, sodass hier mit 798.400,- Euro die Fördermittel mehr als verdoppelt wurden. Trotz sinkender Direktzuschüsse im Jahr 2011 konnte hier die Anzahl an geförderten Anlagen nochmals enorm gesteigert werden. So stieg die Anzahl an geförderten Anlagen um ca. 280 % auf 413 Wohneinheiten. Das ausgezahlte Fördervolumen lag 2011 bei 2.671.400,- Euro und somit nach drei Jahren fast achtmal höher als zu Beginn.

Das heißt, die Förderung erfährt eine steigende Akzeptanz und Nachfrage, was wiederum zu einem verstärktem Einsatz von Lüftungsanlagen führt.

### Umsetzung und Durchführung

Da das Überprüfen der Kriterien für die Förderung von Lüftungsanlagen – speziell der Energieeffizienzkriterien – spezielles Fachwissen voraussetzt, wurde zu Beginn der Förderung im Jahr 2009 damit begonnen, förderfähige Geräte in einer internen Liste zu führen. Da weder der Aufbau noch der Inhalt von Prüfzeugnissen, die für die Überprüfung der Förderfähigkeit notwendig sind, identisch sind, ist es für Außenstehende nur sehr schwer möglich, die richtigen Angaben zu finden bzw. zu verwenden. Daher werden bereits geprüfte Anlagen gelistet. So kann bei bekannten und bereits gelisteten Lüftungsgeräten darauf verzichtet werden, jedes Mal die Prüfzeugnisse auf das Neue zu kontrollieren. Außerdem werden für die Förderung die Wärmebereitstellungsgrade sowie die elektrische Leistungsaufnahme in Abhängigkeit der tatsächlich ausgelegten und eingestellten Norm-Luftmenge verwendet. Diese Berechnung erfolgt vereinfacht durch eine lineare Interpolation der Messwerte aus den Prüfzeugnissen bei verschiedenen Volumenströmen. Auch hier ergibt sich durch Listung der Geräte ein großer Vorteil, da die Berechnung des Luftmengenbereichs, in dem ein Lüftungsgerät den Förderkriterien entspricht, nicht von Hand erfolgen muss und somit Fehler ausgeschlossen werden können. Somit kann eine Vielzahl an Förderanträgen direkt durch die Abteilung Wohnbauförderung des Amtes der Vorarlberger Landesregierung erfolgen, ohne dass vertieftes spezielles Fachwissen vorhanden sein muss. Dies beschleunigt zum einen die Bearbeitung der Lüftungsanträge und zum anderen konnte dadurch auch das Energieinstitut Vorarlberg als fachlicher Partner entlastet werden.

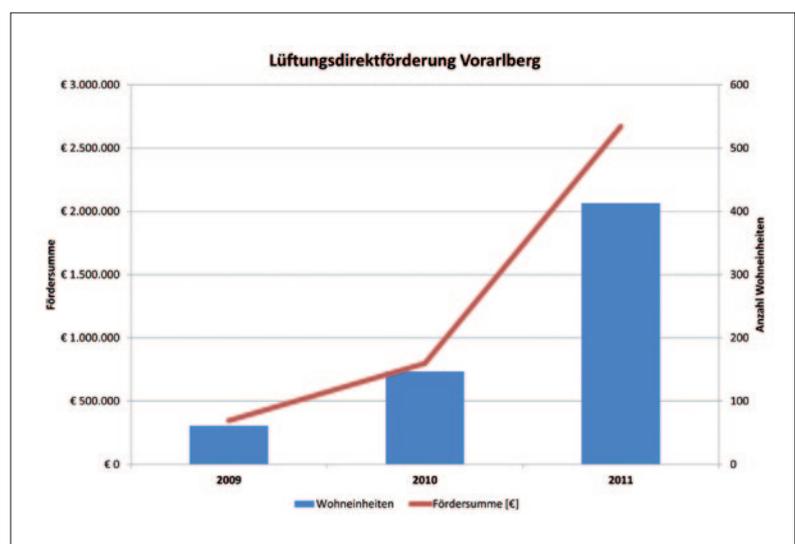


Abb. 3: Geförderte Lüftungsanlage: Anzahl Wohneinheiten sowie Fördersumme.  
Quelle: Energieinstitut Vorarlberg

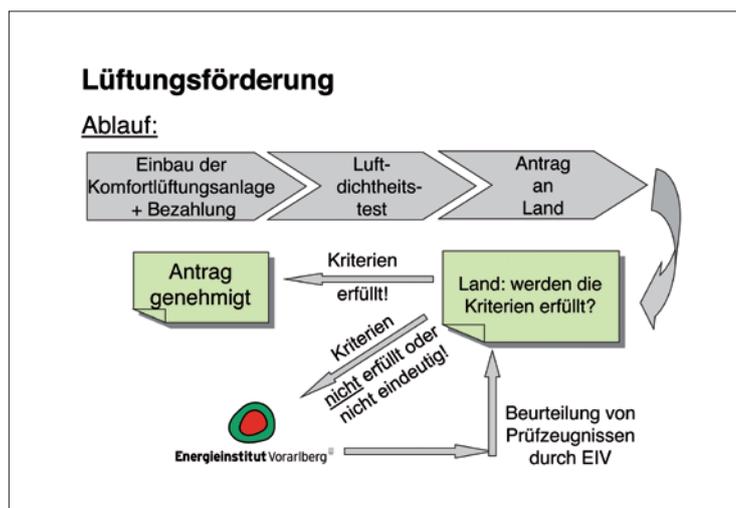


Abb. 4: Ablaufschema der Lüftungsdirektförderung in Vorarlberg.  
Quelle: Energieinstitut Vorarlberg

Zu Beginn der Direktförderung von Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung war die genannte Liste nur intern – also für die Wohnbauförderung des Landes sowie das Energieinstitut Vorarlberg verfügbar und einsehbar. Dies lag daran, dass teilweise auch Daten aus kommerziellen Quellen in die Aufstellung eingeflossen sind, so dass eine Weitergabe urheberrechtliche Probleme hätte mit sich bringen können. Allerdings hatte dies zur Folge, dass immer wieder Lüftungsanlagen installiert wurden, die die Anforderungen nicht erfüllten. Die Folge war, dass immer wieder Lüftungsgeräte nicht gefördert werden konnten, da die Kriterien – entgegen der vermeintlichen Annahme der Planer und Installateure – nicht eingehalten wurden.

Um dem Problem entgegenzuwirken, wurde aus den bereits vorhandenen Daten eine weitere Liste erstellt, die nur den Hersteller, die Gerätebezeichnung sowie den förderfähigen Volumenstrombereich angibt. Diese Liste ist auf der Homepage des Land Vorarlberg online gestellt und somit frei für jeden zugänglich. Sollte das gewünschte Gerät nicht in der Liste stehen, so ist das natürlich kein Förderausschluss. Sobald ein entsprechendes Prüfzeugnis vorliegt, kann es geprüft und gegebenenfalls in die Liste aufgenommen werden. Eine Aktualisierung der Liste erfolgt unregelmäßig, aber in der Regel mit zeitlichen Abständen von ein bis zwei Monaten. Seit Beginn der Direktförderung von Lüftungsanlagen ist spürbar, dass das Interesse der Bauherren an diesem Thema zugenommen hat. Dies bestätigen zum einen die genannten Zahlen, zum anderen die rege Teilnahme an Abend-Informationsveranstaltungen. Meistens sind diese Vorträge so sehr nachgefragt, dass die Raumkapazitäten nicht ausreichen und Wartelisten bestehen. Auch von Seite der Planer und Installateure ist ein spürbares Interesse vorhanden. Auch haben sie zum großen Teil ihr Verhalten dahingehend geändert, dass nun nicht mehr irgendwelche Lüftungsgeräte eingebaut werden. In der Regel – so die Rückmeldungen aus Gesprächen – wird zuerst in die Online-Liste geschaut und die Förderfähigkeit überprüft. Sollte das gewünschte Lüftungsgerät noch nicht gelistet sein, so wird – mittlerweile – sehr oft im Vorfeld im Energieinstitut Vorarlberg angefragt um die Förderfähigkeit prüfen lassen, bevor es im Nachhinein zu bösen Überraschungen kommt. Dieses geänderte Verhalten ist sowohl aus Sicht des Kunden als auch aus Sicht der Qualitätssicherung zu begrüßen.

### Ausblick

Nach nun drei Jahren der Direktförderung für Lüftungsanlagen kann rückblickend gesagt werden, dass durch den zusätzlichen finanziellen Anreiz der Einsatz von Lüftungsanlagen gestiegen ist. Auch das subjektive Empfinden – anhand von Anfragen über E-Mail oder Telefon – spiegelt wider, dass das Interesse an Lüftungsanlagen deutlich gestiegen ist.

### Quellenverzeichnis

[1] Vorarlberger Landesregierung: Neubauförderungsrichtlinie 2011 sowie Neubauförderungsrichtlinie 2012, <http://www.vorarlberg.at/pdf/neubaufoederungsrichtlin.pdf>, Bregenz 2012.

[2] baubook GmbH: baubook - ökologische Wohnbauförderung Vorarlberg, <http://www.baubook.at/vlbg/?SW=2>, Dornbirn 2011.

[3] Verein komfortlüftung.at: komfortlüftung.at – gesund & energieeffizient, <http://www.komfortlüftung.at>, Kufstein 2011.

[4] OIB Aktuell: Mitteilungen des Österreichischen Instituts für Bautechnik, Heft 2 / 12. Jahrgang, Juni 2011, Artikel: „Lüftungsförderung in Vorarlberg“, Autor: Michael Braun, Energieinstitut Vorarlberg

## Komfortlüftung plus<sup>+</sup>

### Zukunftsweisende Entwicklungen für Neubau und Sanierung

Wolfgang Leitzinger, leit-wolf Luftkomfort – Ingenieurbüro für Komfortlüftungen

Auf Grund der gesundheitlich und energetisch positiven Auswirkungen korrekt geplanter und ausgeführter Komfortlüftungsanlagen wird zukünftig kein Weg an dieser Technologie vorbeiführen. Nicht zuletzt ist sie die Schlüsseltechnologie für noch breitere Akzeptanz hocheffizienter Gebäude. Die Komfortlüftung hat jedoch genauso wie die Wärmepumpentechnologie damit zu kämpfen, dass die Qualität der angebotenen Systeme und der allgemeine Wissensstand nicht mit der rasch wachsenden Nachfrage und den steigenden Ansprüchen an Komfort und Effizienz mithalten konnten. Einige wesentliche Problemstellungen oder Unzulänglichkeiten finden sich nach wie vor bei neu errichteten Anlagen. Angesichts der vorgezeichneten Entwicklung hin zu Gebäuden mit niedrigstem Primärenergiebedarf müssen Lüftungssysteme entwickelt werden, die diesen wachsenden Anforderungen gerecht werden können.

Das im Rahmen der Programmlinie „HAUS der Zukunft plus“ geförderte Projekt „Komfortlüftung plus+“ zielt auf die Neuentwicklung innovativer Komponenten ab, die sich zu optimierten hocheffizienten Gesamtsystemen für Neubau und Sanierung verschmelzen lassen. Die Entwicklungen konzentrieren sich zunächst auf Einzelwohnungen bzw. Einfamilienhäuser. Der Einsatz einzelner Komponenten scheint aber auch für die Anwendung in Mehrwohnungsanlagen interessant zu sein. Das Projekt läuft noch bis Ende 2012.

#### Bestehende Unzulänglichkeiten

Bei den marktverfügbaren Komponenten und Systemen sowie in der Planungs- und Ausführungsqualität besteht in einigen Bereichen noch erheblicher Verbesserungsbedarf. Die wichtigsten Punkte sind nachfolgend erörtert:

- **Raumluftfeuchte versus Raumluftqualität:** Bei mehreren voneinander unabhängigen Nutzerbefragungen und Messungen in Wohnungen mit kontrollierter Wohnraumlüftung ist die Problematik zu niedriger Raumluftfeuchten nach wie vor nicht gelöst. Die Ursachen für niedrige winterliche Raumluftfeuchten sind primär in zu hohen Luftwechselraten durch mechanischen und/oder unkontrollierten Luftaustausch zu suchen. Insbesondere bei niedriger Personenbelegung bzw. Abwesenheit über längere Zeiträume entsteht ein Feuchtedefizit, das auch durch die Feuchtepufferung von Baustoffen und Oberflächen nicht mehr ausgeglichen werden kann. Bei vielen Anlagen sind die Luftvolumenströme entweder nur manuell schaltbar, oder wie bei Zuluftheizsystemen systembedingt an den Wärmebedarf gekoppelt. Paradox wirkt auf den ersten Blick, dass es trotz hoher Luftwechselraten zu unzureichender Raumluftqualität in Aufenthaltsräumen, insbesondere Schlafräumen kommen kann. Während aus feuchtetechnischer Sicht ein vom Feuchtegehalt der Außenluft abhängiger Luftwechsel erforderlich wäre, müsste für eine zufriedenstellende Luftqualität jeder Aufenthaltsraum mit der Luftmenge versorgt werden, die seiner nutzungsgemäßen Belegung entspricht. In der Praxis ist daher meist ein Kompromiss notwendig. Im Gegensatz zu den im Regelfall unbefriedigenden Luftkonditionen in Wohnungen ohne kontrollierte Be- und Entlüftung, wird jedoch von einer „Komfortlüftung“ erwartet, dass diese sowohl Luftqualität als auch Luftfeuchte managen kann.
- **Mangelhafte Einregulierung:** Ein Kritikpunkt, der mit der Problematik „Raumluftfeuchte und Raumluftqualität“ in Zusammenhang steht, betrifft die unzureichende Einregulierung der Luftvolumenströme. Die meisten Installationsunternehmen verfügen noch dazu über keine geeigneten

Geräte, um Messungen mit ausreichender Genauigkeit durchführen zu können. Die Inbetriebnahme und Einregulierung ist aufwändig und daher auch ein Punkt, der zur Einsparung verleitet.

- **Energieeffizienz:** Ein großes Verbesserungspotential besteht im Bereich der Effizienz. Aufgrund der ungünstigen Konversionsfaktoren von elektrischem Strom wirken sich steigende Druckverluste besonders negativ auf die Primärenergiebilanz aus. Noch dazu fehlt derzeit noch eine Richtlinie für die Begrenzung des Stromeinsatzes elektrischer Vor- und Nachheizregister. Transmissionsverluste und Luftleckagen von Luftleitungen werden bei der Anlagenkonzeption ebenfalls noch zu wenig berücksichtigt. Angesichts der großen Oberflächen lassen sich thermische Verluste auch durch Dämmung nicht ausreichend kompensieren. Nicht wenige Anlagen weisen aufgrund dieser Mängel eine ungünstige oder sogar negative Primärenergiebilanz auf.
- **Inspektionsmöglichkeit und Reinigbarkeit:** Die hygienische Grundanforderung der VDI 6022, dass alle luftdurchströmten Anlagenteile reinigbar oder austauschbar sein müssen, wird bei der Konzeptionierung und Planung zu wenig berücksichtigt. Das Fehlen von Inspektions- oder Reinigungsöffnungen und die Unzugänglichkeit zu Tauschkomponenten verteuern die Instandhaltung der Anlagen oder erschweren eine spätere Adaptierung.

### Projektergebnisse

Im Projekt „Komfortlüftung plus+“ wurde versucht, die oben erläuterten Problempunkte durch je ein innovatives Konzept für Neubau und nachträglichen Einbau gesamtheitlich zu lösen. Die Systeme setzen sich aus mehreren aufeinander abgestimmten Komponenten zusammen, wobei auch Mischformen zwischen Neubau- und Sanierungsvariante möglich sind.

#### Raum- oder zonenweise Luftmengensteuerung (Neubaulösung)

Der zentrale Punkt der Entwicklung ist ein raum- oder zonenweises Luftmanagement um die Diskrepanz zwischen ausreichender Luftfeuchte im Winter und zufriedenstellender Luftqualität in kritischen Aufenthaltsbereichen nachhaltig lösen zu können. Mit diesem Ansatz können die Luftvolumenströme einzelner Räume oder Zonen belegungsabhängig angepasst werden. In Schlaf- und Wohnräumen kann so die Luftqualität deutlich verbessert werden. Stoßlüftungen können so auch für einzelne Räume realisiert werden. Gleichzeitig kann die Luftwechselrate der Wohneinheit durchschnittlich im Bereich von 0,3/h oder weniger gehalten werden. Das garantiert eine Verhinderung zu starker Entfeuchtung in der kalten Jahreszeit. Zur besseren Nutzung von Feuchtelasten wäre es möglich, Bäder, in denen sich kein WC befindet, als Zulufräume zu konzipieren. Damit können in der Küche höhere Abluftvolumenströme realisiert werden.

Durch die standardmäßige Feuchteüberwachung wird einer Überfeuchtung der Wohnung im Sommer entgegengewirkt. Die Optimierung der Luftwechselrate und der Druckverluste reduziert gleichzeitig den Stromeinsatz für die Luftförderung um mehr als 60 % gegenüber konventionellen Systemen.

Mit dem neu entwickelten System können die Volumenströme jedes Zulufrumes über die zentrale Bedieneinheit mit hoher Genauigkeit einreguliert werden. Es müssen lediglich die Sollwerte für jeden Raum vorgegeben werden. Eine manuelle Messung der Volumenströme ist nur mehr an den Abluftventilen möglich.

#### Innovative Luftverteibox

Ein wichtiges Element der Entwicklung stellt die patentierte Luftverteibox dar. Diese ermöglicht das Anschließen von Zu- und Abluftleitungen auf einer Ebene in der Dimension 125 mm. Störende Kreuzungen von Luftleitungen, die zu einer großen Abhänghöhe von Zwischendecken führen, werden damit vermieden. Sechs von zehn Anschlüssen der Box können beliebig entweder für Zuluft oder Abluft genutzt werden. Auch eine Telefonieschalldämmung ist bereits integriert. Nachträgliche Änderungen von Zu- auf Abluft sowie die Reinigung sind durch Zugriff über einen Wartungsdeckel einfach möglich. Diese Vorteile der Luftverteibox können auch bei konventionellen Anlagen in Form einer „passiven“

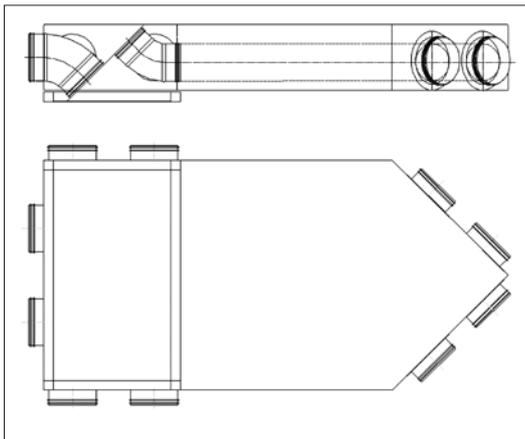


Abb. 1: patentierte Luftverteibox

Version genutzt werden. Die „aktive“ Version enthält zusätzlich ultraleise Kompaktlüfter, die die variable Luftverteilung auf die einzelnen Zulufräume ermöglichen.

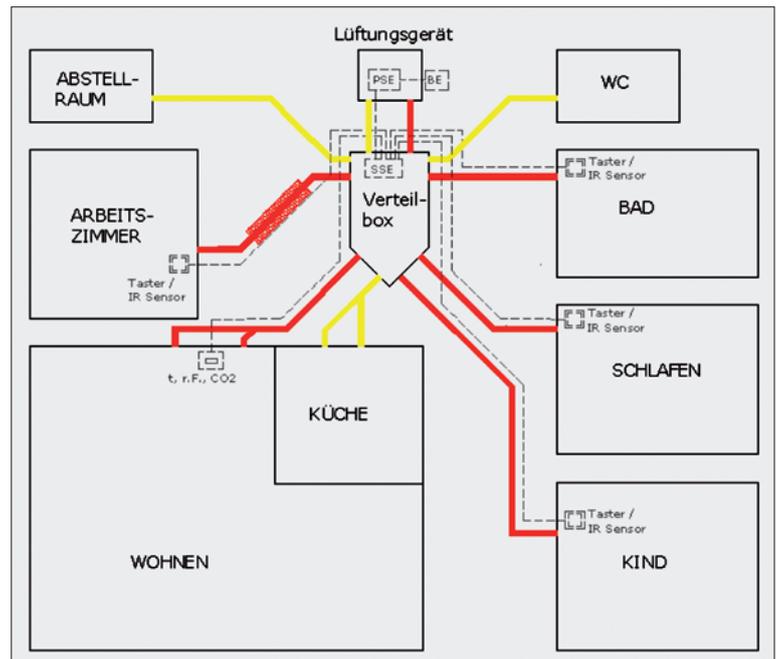


Abb. 2: Konzept Neubau

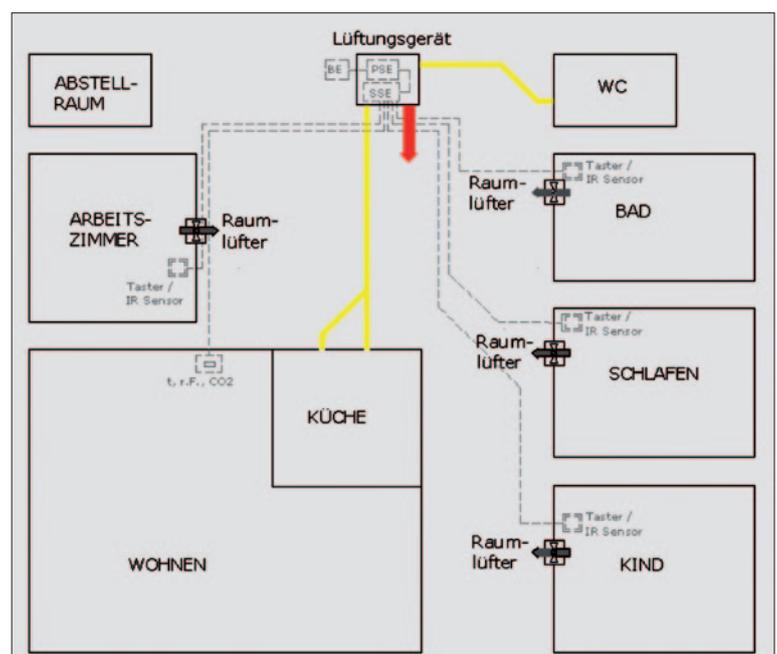
### Rohrminimiertes Lüftungssystem (nachträgliche Integration)

Rohrleitungen stellen bei nachträglichem Einbau ein meist unüberwindbares Hindernis bei der Integration dar. Die entwickelte Sanierungslösung nutzt Vorräume und Gänge für die Verteilung der zentral eingebrachten Zuluft. Die Abluft wird in geruchsbelasteten Räumen wie Küche und WC abgesaugt. Bei günstiger Lage des Gerätes zu den Ablufträumen kann fast ganz auf Rohrleitungen verzichtet werden. Die Belüftung anderer Räume erfolgt über sogenannte Raumlüfter (aktive Überströmer), die einen Luftverbund mit dem Gang herstellen. Ähnlich wie bei der Neubaulösung kann man auch hier mit kleinerem Luftwechsel eine sehr gute Luftqualität erzielen, da der Luftvolumenstrom nach der Luftbelastung des Ganges geregelt wird. Für das System sprechen auch der geringe bauliche Eingriff und der minimale Installationsaufwand.

Abb. 3: Konzept Sanierung / nachträglicher Einbau

### Moderne Lüftungsgeräte

Es sind eine Gerätevariante mit Enthalpierückgewinnung und eine mit konventionellem Plattenwärmetauscher in Entwicklung. In Hinblick auf eine nachträgliche Gebäudeintegration wird optional ein Möbelgehäuse für ein Rastermaß von 60cm erhältlich sein. Die Geräte sind durch die verbesserte Schalldämmung sehr geräuscharm und erlauben eine Integration in Vorräumen, Küchen oder Wohnbereichen. Ein eigener Technik-, Abstell- oder Kellerraum ist somit nicht mehr Bedingung. Die Anschlüsse sind so angeordnet, dass kein Kreuzen von Luftleitungen erforderlich ist und damit technisch unsaubere, flexible Anschlüsse entfallen können. An der Geräteoberseite befinden sich zwei Anschlüsse für Zuluft, die bei Bedarf eine 2-Zonensteuerung der Luftvolumenströme ermöglichen. Die Außen- und Fort-



Luftleitungen befinden sich wahlweise seitlich oder rückseitig am Gerät, um eine direkte Wanddurchführung ohne Dämmarbeiten und zusätzlichen Platzbedarf realisieren zu können.

Die maßgeschneiderte Steuerung ermöglicht eine automatische Überwachung und Anzeige der Leistungsaufnahme und die erforderliche Eigensicherheit im Raumluftverbund mit Feuerstätten.

#### **Vereisungsschutz ohne Erdvorwärmung**

Erdwärmetauscher weisen einen sehr fraglichen Kosten/Nutzen-Faktor auf und lassen sich im Regelfall nur im Neubau integrieren. Luftdurchströmte erdverlegte Rohre gelten nach neuesten Erkenntnissen als nicht unproblematisch bezüglich Hygiene und werden demnach auch nicht mehr empfohlen.

Im Projekt „Komfortlüftung plus<sup>+</sup>“ wurde eine Vereisungsschutzvariante entwickelt, die primärenergetisch gleich gut abschneidet wie Systeme mit Erdvorwärmung. Damit kann eine relevante Reduktion der Anlagenkosten erzielt werden, ohne dass die Energieeffizienz darunter leidet.

#### **Ausblick**

Die vorgestellten neuen Konzepte ermöglichen grundsätzlich die hohen Anforderungen an Luftqualität, Komfort und Energieeffizienz zu erfüllen. 2012 werden mehrere Systeme in realen Wohnsituationen vermessen und ausführlich getestet. Die Luftverteibox und die Raumlüfter werden bereits ab Mitte 2012 in kleiner Stückzahl erhältlich sein. Die Lüftungsgeräte sollen 2013 in einer Kleinserie produziert werden.

## FrISChe Luft in Gründerzeitgebäuden

### Vergleich von unterschiedlichen Lüftungskonzepten am Projekt Wißgrillgasse

Johannes Rammerstorfer, e7 Energie Markt Analyse GmbH

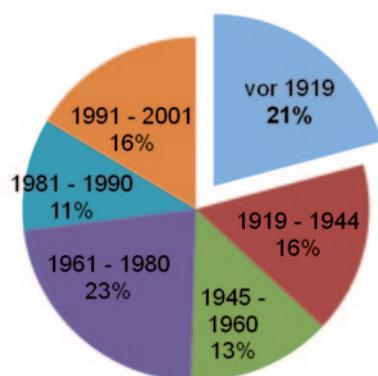
Robert Matthias Gassner, Gassner & Partner Baumanagement GmbH

#### 1 Einleitung

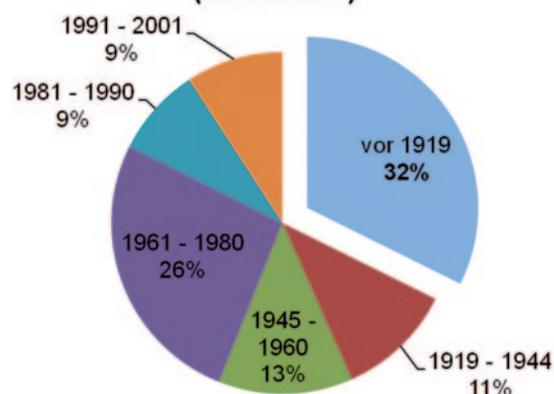
Als Gründerzeitgebäude werden Gebäude aus der Bauperiode zwischen 1848 und 1918 bezeichnet, die durch Außenwände aus Vollziegelmauerwerk mit hohen Wandstärken, aufwändig gestaltete Straßenfassaden, häufig mit Stuckornamenten, große Geschoßhöhen und Holzbalkendecken bzw. massive Gewölbedecken über dem Keller charakterisiert werden können. Betrachtet man den gründerzeitlichen Gebäudebestand in den Städten, dann reicht das Spektrum vom mehrgeschoßigen Arbeiterwohnhaus in der Vorstadt – viele davon mit mittlerweile abgeräumten Fassaden – bis zum gründerzeitlichen Palais in der Innenstadt.

Österreichweit existieren mehr als 600.000 Wohnungen in Gebäuden aus der Bauperiode vor 1919, damit beträgt der Anteil des gründerzeitlichen Wohnungsbestands in Österreich insgesamt knapp ein Fünftel. Allein in Wien befinden sich rund 249.000 Hauptwohnsitzwohnungen in diesem Gebäudesegment. Von rund 35.000 Gebäuden, die in Wien vor 1919 errichtet wurden, stellen ca. 20.000 klassische Gründerzeit-Zinshäuser im engeren Sinn dar. An etwa einem Viertel dieser Gebäude (rund 4.500 Gebäuden) ist bereits Wohnungseigentum begründet.

Gebäude in Wien nach Bauperiode (GWZ 2001)



Wohnungen in Wien nach Bauperiode (GWZ 2001)



Die Erhaltung und Weiterentwicklung dieses Gebäudebestands ist eine zentrale wohnungs- und immobilienwirtschaftliche Aufgabe, indem qualitativ hochwertiger Wohnraum geschaffen wird und Impulse für eine nachhaltige Stadtentwicklung gesetzt werden. Die umfassende Sanierung historischer Gebäude gewinnt jedoch im Spannungsfeld einerseits baukultureller und andererseits energiewirtschaftlicher Anforderungen zunehmend an Brisanz. Denn die Neufassung der EU-Gebäuderichtlinie 2010 hat deutlich gemacht, dass die thermische Sanierung des Gebäudebestands nach wie vor eine wesentliche Säule der Europäischen Energie- und Klimapolitik ist. Dementsprechend wurde der Geltungsbereich für energietechnische Mindeststandards bei umfassender Sanierung auch auf Gebäude unter 1.000 m<sup>2</sup> Gesamtnutzfläche ausgeweitet, wobei Ausnahmen für „Gebäude, die als Teil eines ausgewiesenen Um-

Abb. 1: Gebäude und Wohnungen in Wien nach Bauperiode (Quelle: Statistik Austria)

felds oder aufgrund ihres besonderen architektonischen oder historischen Werts offiziell geschützt sind, soweit die Einhaltung bestimmter Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz eine unannehmbare Veränderung ihrer Eigenart oder ihrer äußeren Erscheinung bedeuten würde“ nach wie vor festgelegt sind.<sup>1</sup> Die Sanierung von Gründerzeitgebäuden erfolgt also im Schnittfeld architektonischer und baukultureller Fragen sowie von (bau)rechtlichen Anforderungen zur Erreichung der verbindlichen energie- und klimapolitischen Ziele, verbunden mit der Suche nach angepassten technischen Lösungen, die nutzergerecht und kosteneffizient umgesetzt werden können.

Damit sind im Wesentlichen die Zieldimensionen des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ umrissen, das 2009 im Rahmen des Programms „Haus der Zukunft PLUS“ gestartet wurde und bis 2014 läuft.<sup>2</sup> Neben der Grundlagenforschung zu technischen, ökonomischen, rechtlichen und sozialwissenschaftlichen Fragen reichen die einzelnen Subprojekte über Komponentenentwicklung bis hin zur Umsetzung von mehreren Demonstrationsprojekten. Neben der ausführlichen technischen Dokumentation der Projekte laufen bereits ein umfangreiches Energieverbrauchs- und Komfortmonitoring, die Betrachtung von Kosten und Wirtschaftlichkeitsparametern sowie die sozialwissenschaftliche Begleituntersuchung. Die Verbreitung der Ergebnisse – multiplizierbare innovative Sanierungskonzepte, die speziell auf die Gegebenheiten des gründerzeitlichen Gebäudebestands abgestimmt sind – erfolgt u.a. über die Projektwebsite [www.gruenderzeitplus.at](http://www.gruenderzeitplus.at).

## 2 Potentiale des Gründerzeithauses

Weit verbreitet ist die Ansicht, dass aufgrund der „dicken Ziegelwände“ die energietechnische Qualität von Gründerzeitgebäuden ohnehin „nicht so schlecht“ sei. Dies ist nur insofern richtig, als ein Gründerzeitgebäude im Durchschnitt bessere Werte aufweist als beispielsweise ein unsaniertes Gebäude aus den 1960er-Jahren. Tatsache ist jedoch, dass Gründerzeitgebäude mit einem typischen Heizwärmebedarf in der Größenordnung von 120-160 kWh/m<sup>2</sup>.a um den Faktor 5 bis 10 „schlechter“ sind als Wohngebäude, die nach heute üblichem Niedrigenergie- bzw. Passivhausstandard neu gebaut werden. Mit dem Fenstertausch allein kann die energetische Performance eines Gründerzeitgebäudes lediglich um bis zu 10 Prozent verbessert werden. Dagegen kann mit innovativen Sanierungsmaßnahmen auch im gründerzeitlichen Bestand ein Heizwärmebedarf von unter 30 kWh/m<sup>2</sup>.a und damit ein zeitgemäßer energietechnischer Standard erreicht werden.

Zu Recht kann eingewendet werden, dass auf historische Gebäude nicht alle technischen Standards nach heutigen Kriterien angewendet werden sollen, was sich auch in den Bauordnungen der Bundesländer mit zahlreichen Ausnahmenbestimmungen für Gebäude mit gegliederten Fassaden, Gebäuden in Schutzzonen oder Gebäuden unter Denkmalschutz niederschlägt. Praktische Beispiele zeigen jedoch, dass auch im Gründerzeitgebäude noch beachtliche architektonische und technische Potentiale schlummern, mit denen auch in Bezug auf Komfort und Behaglichkeit hervorragende Ergebnisse erzielt werden können und die bislang kaum ausgeschöpft wurden.

Die wesentlichen Ziele bei der Anwendung innovativer Maßnahmen sind die Verbesserung des Wohnkomforts, Verringerung des Energieverbrauchs, Einsatz effizienter und möglichst CO<sub>2</sub>-neutraler Heizsysteme, Verbesserung der architektonischen Qualität und damit insgesamt die Gewährleistung eines zeitgemäßen Wohnstandards. Voraussetzung ist in jedem Fall ein guter statischer Zustand des jeweiligen Gebäudes, da – insbesondere bei einem geplanten Ausbau des Dachgeschoßes – die Maßnahmen für eine allenfalls erforderliche statische Ertüchtigung des Objekts weit jenseits aller Wirtschaftlichkeitsüberlegungen liegen können.

Ausdrücklich sei darauf hingewiesen, dass es nicht darum geht, Gründerzeitgebäude einfach „einzuwickeln“ und damit ein städtebaulich zentrales Gebäudesegment einem banalen Effizienz- und Modernisierungsansatz zu „opfern“. Die wesentliche Herausforderung besteht vielmehr darin, innovative Lösungen für Gründerzeitgebäude zu entwickeln, die gestalterisch angemessen und technisch-wirtschaftlich umsetzbar sind und damit einen Beitrag zur sinnvollen Weiterentwicklung des gründerzeitlichen Gebäudebestands unter stadtgestalterischen sowie wohnungs- und immobilienwirtschaftlichen Gesichtspunkten leisten.

1) RICHTLINIE 2010/31/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung)

2) Haus der Zukunft Plus ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Es wird im Auftrag des BMVIT von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft mbH und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik ÖGUT abgewickelt.

### 3 Lüftungsanlage bei Gründerzeithaussanierung

Hohe thermische Qualität sowie die Luftdichtheit der Gebäudehülle sind Voraussetzung für eine energieeffiziente Gebäudesanierung. Die luftdichte Bauweise hat den großen Vorteil, dass dadurch Infiltrationswärmeverluste minimiert werden, jedoch reduziert sich auch der unkontrollierte Luftaustausch. Der Luftaustausch von Innenluft gegen Außenluft wird benötigt, um den Innenraum mit Frischluft zu versorgen und um Geruchstoffe, Schadstoffe, Wasserdampf und ausgeatmetes CO<sub>2</sub> abzutransportieren. Die Festlegung eines Mindestluftwechsels hat das Ziel, Gefahren für Mensch und Bausubstanz zu vermeiden. Dementsprechend sind sowohl gesundheitsschädigende Raumlufzustände als auch Tauwasser- bzw. Schimmelpilzbildung zu vermeiden. Es kann zwischen einem Mindestluftwechsel hinsichtlich bauphysikalischer Notwendigkeit und einem Bedarfsluftwechsel für einen raumlufthygienischen Komfort unterschieden werden. Der Bedarfsluftwechsel liegt im Regelfall geringfügig höher als der bauphysikalisch notwendige Mindestluftwechsel.

Ein ausreichender Luftwechsel kann bei Altbauten häufig durch natürliche Lüftung aufgrund von undichten Kastenfenstern auftreten, von einem kontrollierten Luftwechsel kann hier jedoch nicht gesprochen werden. Durch Luftundichtheiten in der Gebäudehülle sind – abhängig von verschiedenen Faktoren wie Wetterverhältnisse (Wind, Sommer/Winter, ...) und Lage der Fenster – minimale Luftwechselraten nahe Null bis zum mehrfachen Austausch des Raumlufvolumens pro Stunde möglich. Dadurch wird ersichtlich, dass einerseits keine kontinuierliche Abfuhr der überschüssigen Luftfeuchtigkeit und Luftschadstoffe gewährleistet werden kann, andererseits ein nicht mehr vertretbarer Energieverlust mit dem unkontrollierten Luftwechsel verbunden sein kann.

Bei Fensterlüftung wird der real auftretende Luftwechsel von den Bewohnern individuell gewählt, so dass für sie eine behagliche Raumlufqualität vorherrscht. Der tatsächliche Luftwechsel kann nicht „verordnet“ werden und weicht in vielen Fällen sehr stark von dem hygienischen Luftwechsel bzw. den Mindestanforderungen zur Schimmelvermeidung ab. Bei 5–10 Minuten Stoßlüftung kann der Raumlufinhalt einmal vollständig ausgetauscht werden. Um einen 0,33-fachen Luftwechsel zu erreichen, müssten demnach mindestens alle drei Stunden die Fenster geöffnet werden, auch in der Nacht. Erfolgen zwei Stoßlüftungen am Tag, so sind dies zwei Luftwechsel 24h oder ein durchschnittlicher Luftwechsel von weniger als 0,1 h<sup>-1</sup>.<sup>3</sup> Gleich wie beim natürlichen Luftaustausch durch Undichtheiten kann reine Fensterlüftung zu einem unbehaglichen Raumklima und zu erhöhten Energieverlusten führen.

Der Einbau einer Komfortlüftungsanlage kann der dargestellten Problematik Abhilfe schaffen. Neben dem Argument eines komfortablen und hygienisch einwandfreien Innenraumklimas aufgrund eines ständigen, vom Nutzer individuell wählbaren, kontrollierten Luftwechsels wird durch eine effiziente Wärmerückgewinnung die Reduktion von Lüftungswärmeverlusten gewährleistet. Dem gegenüber stehen jedoch der Platzbedarf bzw. der technische Aufwand, die Anlagen in Bestandsgebäude zu integrieren, der Bedarf an elektrischem Strom für den Antrieb der Lüftungsanlage sowie die laufenden Wartungserfordernisse.

Dennoch stellt die Installation einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung eine wesentliche Komponente zur Gewährleistung der langfristigen Bauteilsicherheit und zur Erreichung eines zeitgemäßen Wohnstandards bei der Modernisierung eines Gründerzeitgebäudes dar.

### 4 Vergleiche am Projekt Wißgrillgasse

Als erstes Demonstrationsprojekt im Rahmen des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ konnte bereits Anfang 2011 das Projekt Wißgrillgasse abgeschlossen werden. Es handelt sich um eine Generalsanierung mit Dachgeschoßausbau, die von Ulreich Bauträger als Eigentümer und Bauträger sowie Gassner & Partner als Generalunternehmer für Planung und Ausführung umgesetzt wurde.

Das Gebäude in der Wißgrillgasse in Wien Penzing wurde um die Jahrhundertwende errichtet und zählt somit zur Kategorie der Gründerzeithäuser. Das Objekt befindet sich in unmittelbarer Nähe der Westbahnstrecke und hat einen sehr hohen Anteil an freistehenden Feuermauern sowie eine gegliederte Straßenfassade. Das Gebäude befand sich in einem stark sanierungsbedürftigen Zustand und erforderte eine Reihe von Maßnahmen zur Verlängerung seiner Bestandsdauer.

3) Passivhaus Institut Darmstadt; [http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus\\_D/Lueftung\\_Ergaenzungen.html](http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Lueftung_Ergaenzungen.html) Zugriff am 18.01.2012



Abb. 2: Objekt Wißgrillgasse vor und nach umfassender Sanierung und DG-Ausbau (Fotos: Ulreich, Gassner & Partner)

Im Vordergrund des Demonstrationsprojekts stand die gesamtheitliche Modernisierung des Gebäudes zur Gewährleistung eines zeitgemäßen Wohnstandards mit hohem Wohnkomfort. Ziel war, mit der energetischen Sanierung des Bestandgebäudes und dem hocheffizienten Dachgeschoßausbau als Ganzes eine nachhaltige Systemlösung darzustellen, welche eine Multiplizierbarkeit für eine Vielzahl von Gründerzeithäusern aufweist. Durch die Umsetzung der folgenden Maßnahmen konnte eine qualitativ hochwertige Sanierung des Gebäudes realisiert werden:

- Wohnungszusammenlegungen zur Realisierung zeitgemäßer Raumkonzepte
- Dachgeschoßausbau zur Schaffung zusätzlicher Nutzfläche
- Hoher Dämmstandard aller Außenbauteile
- Erneuerung aller Fenster und Türen
- Luftdichte Ausführung von Bauteilanschlüssen
- Integration von thermischen Solarpaneelen im Fassadenbereich
- CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmeversorgung durch Pellets-Zentralheizung
- Erneuerung sämtlicher Versorgungsleitungen durch zentrale Erschließung
- Einsatz effizienter Haustechnik und Außenbeleuchtung mit LED
- Trockenlegung des Kellergeschoßes zur Erhaltung der Gebäudesubstanz
- Dachintegration von Photovoltaikmodulen als Insellösung für eine DG-Wohnung
- Automatisch gesteuerte Beschattungsanlage im Dachgeschoß
- Integrierte Begrünung auf Schrägdächern und Flachdächern
- Schaffung von Balkonen und Terrassen im Hofbereich
- Hofübergreifende nachbarschaftliche Begrünung und Außenraumgestaltung
- Errichtung eines Aufzugs innerhalb des Gebäudes

Insgesamt konnte der Heizwärmebedarf um mehr als 80 % reduziert werden, im Bestandteil liegt er nun bei ca. 30 kWh/m<sup>2</sup>a, im Dachgeschoß bei 17 kWh/m<sup>2</sup>a. Der Endenergiebedarf für das gesamte Gebäude beträgt ca. 70 kWh/m<sup>2</sup>a. Durch die Umstellung auf Biomasse reduziert sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß von rund 180 tCO<sub>2</sub>eq/a vor Sanierung auf rund 1,5 tCO<sub>2</sub>eq/a nach Sanierung.

Einen wesentlichen Beitrag für die effiziente Sanierung leisten die eingesetzten kontrollierten Be- und Entlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Ein Entscheidungsgrund für den Einbau kontrollierter Lüftungsgeräte war die standortbezogene hohe Staub- und Lärmbelastung aufgrund der naheliegenden Bahnstrecke. Um Erkenntnisse für weitere Bauprojekte zu generieren, entschloss sich der Bauträger, neben den Geräten mit Wärmerückgewinnung teilweise auch Lüftungslösungen ohne Wärmerückgewinnung einzusetzen und die Auswirkungen messtechnisch zu untersuchen. Dadurch können direkte Vergleiche über die Performance der einzelnen Lüftungsvarianten angestellt werden.

In der Wißgrillgasse kamen vier unterschiedliche Lüftungskonzepte zum Einsatz:

- **Zentrale Komfortlüftungsanlage für Wohnungen im neu ausgebauten Dachgeschoß und teilweise im Bestandsgebäude**

Es handelt sich um ein Gerät mit zentraler Wärmerückgewinnung und variablem Volumenstrom. Die Zuluft kann von den Nutzern der jeweiligen Wohnung via Volumenstromregelung individuell gesteuert werden. Für den Sommerbetrieb ist ein automatisch gesteuerter Bypass integriert.

- **Einzelraum Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung**

Das Lüftungsgerät basiert auf dem Prinzip der Wärmespeicherung. Es wird in gewissen Zeitabständen die Richtung des Luftstroms geändert und die durchströmte Speichermaße jeweils be- oder entladen. Das Gerät wird direkt in die Außenwand eingesetzt (Kernbohrung), eine Verrohrung ist nicht notwendig. Es sollten immer mind. 2 Geräte pro Wohnung eingesetzt werden, um eine ausgeglichene Massenstrombilanz in der Wohneinheit zu gewährleisten (zeitgleich bringt ein Gerät Luft ein, das andere führt Luft ab).

- **Wohnungsweise Abluftanlagen mit Fensterstocklüftung**

Die Fensterstocklüftung ist ein reines Zuluftelement. Der Querschnitt der Zuluftöffnung wird abhängig von der relativen Feuchtigkeit im Raum geändert. In Bad und WC gibt es Abluftventilatoren, die bei Betrieb den Luftvolumenstrom durch das Zuluftelement erhöhen. Diesen Abluftventilator können die Nutzer nur ein- und ausschalten.

- **Fensterlüftung**

Passivhausfenster mit Kipp- und Drehstellung

## 5 Monitoring Wißgrillgasse

Um Aussagen über die tatsächliche Performance des Gebäudes und der einzelnen eingesetzten Technologien treffen zu können, wird das Objekt einem technischen Energieverbrauchs- und Komfortmonitoring für die Dauer von 2 Jahren unterzogen. Neben den Energieverbräuchen werden Nutzerzufriedenheit und die Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen evaluiert.

Das Mess-Monitoring in der Wißgrillgasse läuft seit März 2011 und wird von der Firma Manschein Managing Energy durchgeführt. In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse zur Raumluftqualität, zur Performance der Lüftungsgeräte sowie aus der NutzerInnenbefragung vorgestellt, Ergebnisse zum Energieverbrauch werden erst nach der Heizsaison 2011/12 vorliegen.

Aus Bauträger- und Eigentümersicht stellt das technische Monitoring ein wichtiges Instrument der Qualitätssicherung mit vielfachem Nutzen dar. Neben der Erleichterung bei Inbetriebnahme und Abnahme des Gebäudes führt die laufende Optimierung der Betriebsführung zu einer Reduktion der Betriebskosten, was die Vermietbarkeit des Gebäudes verbessert. Darüber hinaus fließen die Lernerfahrungen und Erkenntnisse über das Verhalten des Gebäudes direkt in zukünftige Projekte ein.

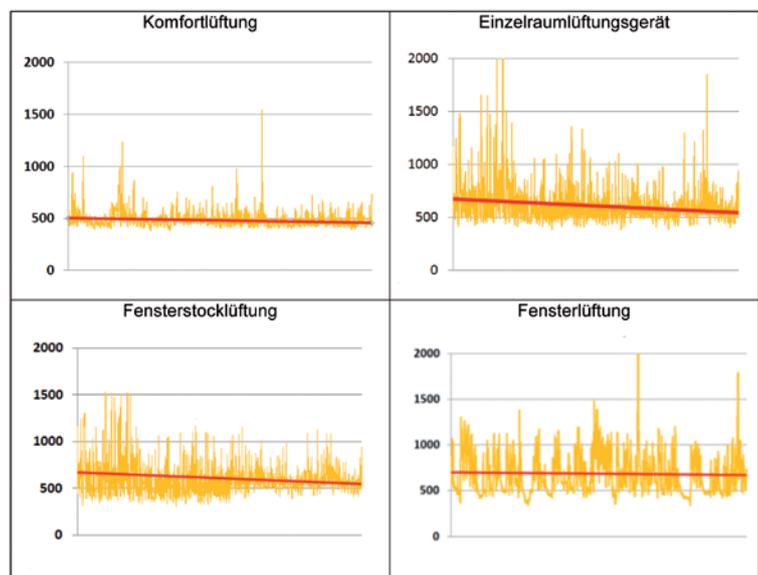
### 5.1 Darstellung ausgewählter Messergebnisse

#### 5.1.1 Raumluftqualität

Die Wißgrillgasse bietet die Möglichkeit, an einem Standort vier unterschiedliche Lüftungskonzepte messtechnisch zu erfassen und zu evaluieren. Bekanntermaßen hat das Nutzerverhalten den größten Einfluss auf die Komfortparameter CO<sub>2</sub>-Gehalt und relative Feuchte, welche Auskunft über die Raumluftqualität geben. Dennoch zeigen sich beim Vergleich des CO<sub>2</sub>-Gehalts bei den 4 umgesetzten Lüftungskonzepten klare Unterschiede (Abb. 3).

Der CO<sub>2</sub>-Gehalt bei Komfortlüftung verläuft über den Zeitraum von 3 Monaten sehr konstant. Nur wenige Messwerte liegen über dem Richtwert nach Pettenkofer von 1000 ppm. Die Messwerte der übrigen Lüftungskonzepte unterliegen einer viel größeren Bandbreite und befinden sich dauerhaft auf höherem Niveau. Ein Trend zur Abnahme des CO<sub>2</sub>-Gehalts bei dem Einzelraumlüftungsgerät und bei der Fensterstocklüftung ist zu erkennen. Dies ist auf die zusätzlichen Fensteröffnungszeiten bei zunehmender Außentemperatur zurückzuführen.

Abb. 3: Vergleich CO<sub>2</sub>-Gehalt im Wohnraum bei zentraler Komfortlüftung, Einzelraumlüftungsgeräten, Fensterstocklüftung und Fensterlüftung. (Vertikale Achse CO<sub>2</sub>-Gehalt [ppm], horizontale Achse Beobachtungszeitraum von April bis Juni 2011)



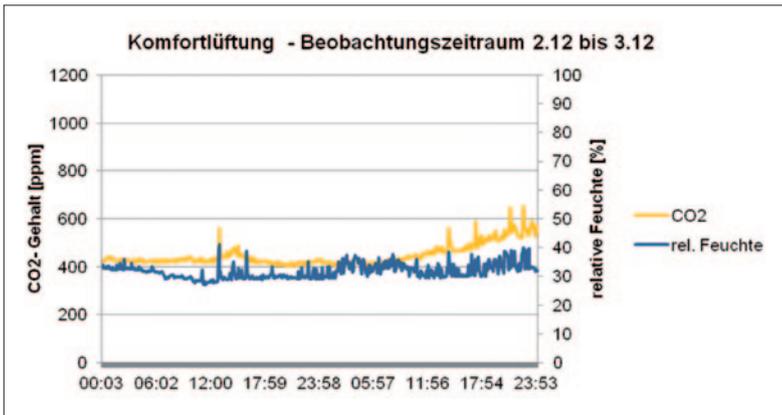


Abb. 4: Raumluftqualität bei zentraler Komfortlüftungsanlage

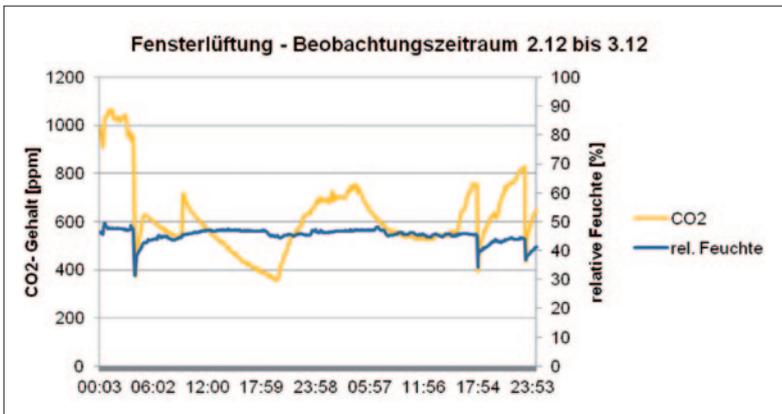
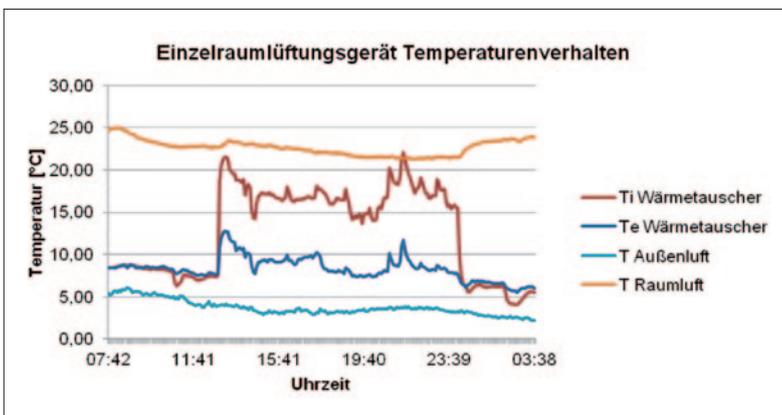


Abb. 5: Raumluftqualität bei Fensterlüftung

werden. Die Berechnung der Rückwärmezahl erfolgt aufgrund gemessener Temperaturdifferenzen ohne Berücksichtigung von Feuchte. Die berechnete zuluftseitige Rückwärmezahl beträgt bei der vorliegenden Anlage 88 %, die fortluftseitige Rückwärmezahl 63 %. Der berechnete effektive Wärmebereitstellungsgrad nach Passivhausinstitut liegt bei 64 %. Laut Herstellerangaben liegt der Wärmebereitstellungsgrad des Geräts bei 85 % (die der Berechnung lt. Hersteller zugrunde liegenden Annahmen sind nicht bekannt). Die verschiedenen Angaben und Berechnung zur Wärmerückgewinnung von Lüftungsanlagen können stark voneinander abweichen. Aus diesem Grund muss immer unterschieden werden, welche Art der Berechnung für Wärmerückgewinnung vom Hersteller angegeben wird und welcher Wert der Energiebedarfsrechnung zugrunde liegt.

Abb. 6: Temperaturverhältnisse bei außenwandintegriertem Einzelraumlüftungsgerät



Betrachtet man die Raumluftqualität bei kontrollierter Wohnraumlüftung im Detail (Abbildung 4), so weisen CO<sub>2</sub>-Gehalt und relative Feuchte der Raumluft nur geringe Schwankungen auf. Im Beobachtungszeitraum Anfang Dezember 2012 verläuft der CO<sub>2</sub>-Gehalt im Raum sehr konstant und liegt nur geringfügig über der durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Konzentration der Außenluft von ca. 400 ppm. Die relative Feuchte sinkt bei Außentemperaturen um den Gefrierpunkt nicht unter 30 %.

Bei der Fensterlüftung (Abbildung 5) sind klar die Fensteröffnungszeiten durch rapide Senkung des CO<sub>2</sub>-Gehalts und Senkung der relativen Raumluftfeuchte erkennbar. Die relative Feuchte im Raum steigt jedoch nach Schließen des Fensters wieder auf den Ausgangswert aufgrund der gespeicherten Feuchte in Einrichtungsgegenständen und der Bausubstanz. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt steigt bzw. sinkt bei geschlossenem Fenster in Abhängigkeit von An- und Abwesenheit der Bewohner. Bei längerer Abwesenheit kann der CO<sub>2</sub>-Gehalt auf das Niveau der Außenluft sinken.

### 5.1.2 Performance Lüftungsgeräte

Die Performance der Wärmerückgewinnung der zentralen Anlage kann durch die in Österreich für Prüfung von Luft-Luft-Wärmetauschern gültige ÖNORM EN 308 beschrieben

Bei detaillierter Betrachtung des Einzelraumlüftungsgeräts werden die Betriebszeiten klar ersichtlich. Befindet sich das Einzelraumgerät außer Betrieb, so sinkt die Temperatur der an der raumseitig gemessenen Oberfläche des Wärmetauschers annähernd auf das Niveau der Außentemperatur. Das bedeutet, bei Stillstand des Ventilators stellt sich innen das gleiche Temperaturniveau wie außen ein. Es liegen unkontrollierte Lüftungswärmeverluste über den gesamten Querschnitt des Wärmetauschers (d = 14 cm) vor. Wird das Gerät in Betrieb genommen, so ist eine Temperaturdifferenz zwischen raumseiti-

ger Oberfläche des Wärmetauschers (Speichermediums) und der außenluftseitigen Oberflächentemperatur zu erkennen. Die Auswertung der tatsächlichen Wärmerückgewinnung aufgrund der Be- und Entladung des Speichermediums ist derzeit in Arbeit.

## 5.2 Ausgewählte Ergebnisse aus der Nutzerbefragung

Neben technischen Evaluierungen zu den einzelnen Lüftungskonzepten wurden im Zuge des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ Befragungen der Bewohner zur Nutzerzufriedenheit durchgeführt. Es muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass die Ergebnisse der Nutzerbefragung nur für das untersuchte Gebäude Gültigkeit haben und Verallgemeinerungen aufgrund der geringen Fallzahl nicht zulässig sind.

Allgemein sei zu erwähnen, dass die Bewohner sehr zufrieden mit dem sanierten Gebäude und der Wohnsituation sind. Die energetischen Maßnahmen und der Einsatz von innovativen Technologien werden jedoch nur von wenigen Personen als Besonderheit des Gebäudes oder ev. Entscheidungsgrund für die Wohnung genannt.

Bei der Evaluierung von Wohnungen mit Lüftungsanlagen wurden die Nutzer speziell zu Erfahrungen mit der Lüftungsanlage und zur Nutzung der Regelungsmöglichkeiten befragt. Dabei stellte sich heraus, dass die Nutzer nicht sehr stark daran interessiert sind, die Lüftungsanlage selbst zu regeln. Das Nutzerverhalten bzw. Lüftungsverhalten der Bewohner weicht trotz Einschulung und Nutzerhandbuch von dem für einen effizienten Betrieb notwendigen Verhalten ab. Die Regelung der Anlagen durch die Nutzer bei An- und Abwesenheit bzw. im Sommer- und Winterbetrieb erfolgt sehr unterschiedlich.

Ein Interesse an einer weiteren detaillierteren Einschulung zum Betrieb der Lüftungsanlagen besteht nur von wenigen Bewohnern, auch die Informationsunterlagen werden nur teilweise gelesen.

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass der Schlüssel für ein besseres Verständnis für die energie-technischen Maßnahmen mit Sicherheit in der Information liegt. Bewohner, die sich für die Thematik interessieren, sind besser informiert und nützen die Lüftungsanlage zur Zufriedenheit. Die Information soll nicht nur beinhalten, wie man als Bewohner die Lüftungsanlage regeln kann, sondern auch, welche Funktionen diese Anlage übernimmt und welche Auswirkungen das Verhalten der Nutzer auf das Gebäude (Bauteilsicherheit) und die Raumluftqualität hat.

## 6 Entscheidungshilfe für die Auswahl von Lüftungskonzepten

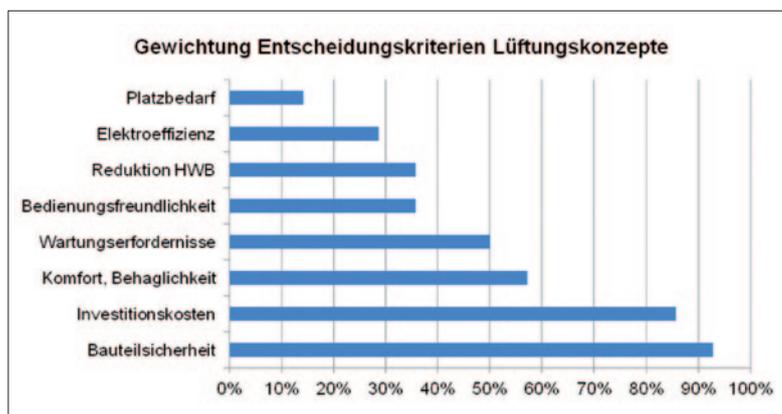
Eine Entscheidung, welches Lüftungskonzept aus Sicht des Bauträgers und Eigentümers das Beste für das jeweilige Gebäude ist, sollte durch eine möglichst objektive Bewertung und Abwägung der relevanten Entscheidungskriterien erfolgen.

Dabei kann eine Nutzwertanalyse ein geeignetes Instrument zur Unterstützung der Entscheidungsfindung bei mehreren, schwer miteinander vergleichbaren Alternativen darstellen. Vorteil der Nutzwertanalyse ist die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Entscheidungsfindung. Darüber hinaus können durch diese Methode Kriterien, die auf den ersten Blick nicht unbedingt vergleichbar sind, in eine vergleichbare Form gebracht werden.

Bei dieser Methode werden die für den Entscheidungsträger wichtigsten Kriterien zueinander in Bezug gebracht, um deren Gewichtung in Zahlen auszudrücken. Aus Bauträgersicht ist die Gewichtung der Entscheidungskriterien für unterschiedliche Lüftungskonzepte in der Weißgrillgasse in der Abbildung 7 dargestellt.

In weiterer Folge wird bei der Nutzwertanalyse die Zielerreichung – wie gut kann das jeweilige Lüftungskonzept die Kriterien erfüllen – bewertet. Durch Kombination der ermittelten Gewichtungsfaktoren mit dem Erfüllungsgrad der auf-

Abb. 7: Nutzwertanalyse, Gewichtung der Entscheidungskriterien aus Bauträgersicht



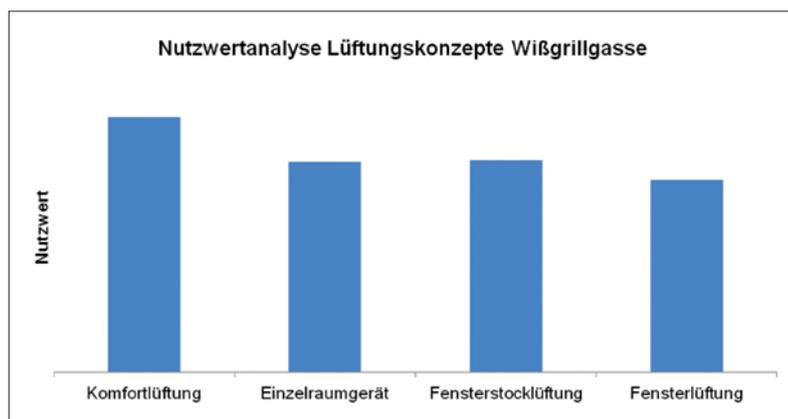


Abb. 8: Ergebnis Nutzwertanalyse Lüftungskonzepte Wißgrillgasse

gestellten Kriterien wird das Ergebnis für jedes Lüftungskonzept in Form einer Zahl, dem Nutzwert, dargestellt. Die beste Lösung aus Sicht des Entscheidungsträgers erhält den höchsten Nutzwert im Vergleich zu den anderen.

Im konkreten Fall der Lüftungskonzepte in der Wißgrillgasse und der Bewertung durch den Bauträger stellt die zentrale Komfortlüftungsanlage die am besten geeignete Lösung dar (Abbildung 8). Grund dafür ist, dass die Komfortlüftung einige Entscheidungskriterien sehr gut erfüllen kann.

## 7 Schlussfolgerungen

Die Integration von kontrollierten Lüftungsanlagen in Gründerzeitgebäuden ist sinnvoll und möglich. Die Ergebnisse des Monitorings belegen, dass die Komfortparameter erfüllt werden und Lüftungsanlagen damit einen wertvollen Beitrag für einen zeitgemäßen Wohnstandard leisten.

Hinsichtlich der tatsächlichen Wärmebereitstellungsgrade sind detaillierte Messungen vor Ort erforderlich. Die in der Praxis erreichten Werte liegen in der Regel niedriger als die Herstellerangaben.

Nutzerbefragungen zeigen trotz unterschiedlichem Lüftungs- und Regelungsverhalten eine insgesamt hohe Zufriedenheit, wobei besser informierte Nutzer tendenziell zufriedener sind.

Eine Nutzwertanalyse kann ein geeignetes Instrument zur Unterstützung der Entscheidungsfindung eines Bauträgers hinsichtlich der Auswahl von unterschiedlichen Lüftungskonzepten darstellen.

## 8 Literatur

Amann C., Rammerstorfer J., Wirth D., Fiebinger M., Oettl F., Hanninger G., Obermayer J., Hanic R., (2010), Machbarkeitsstudie für das Demonstrationsprojekt „David’s Corner“ ; Erstellt im Rahmen des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“.

Amann W., Mundt A., Hüttler W., (forthcoming), Social housing providers at the forefront of energy efficiency, in: Nieboer N., Tsenkova S., Gruis V. (Eds.) Energy Efficiency in Housing Management; Earthscan.

Havel M., (2011), Qualitativ hochwertige Sanierung von Gründerzeitgebäuden – Arbeitsbehelf für Sanierungswillige aus der Sicht der Praxis (Teilbericht im Rahmen von SP2).

Hüttler W., Sammer K., (2010), Innovative Sanierung von Gründerzeitgebäuden – Technische Optionen und rechtliche Fragen; Immolex 9/2010 237-243.

Gassner R., Ulreich H.J., Amann C., Hüttler W., Rammerstorfer J., Varga M., (2010) Machbarkeitsstudie für das Demonstrationsprojekt „Wißgrillgasse“; Erstellt im Rahmen des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“.

# Messtechnische Evaluierung Passivhauswohnanlage Lodenareal / Innsbruck: Präsentation erster Ergebnisse

Roland Kapferer, Michael Braito, Energie Tirol  
Rainer Pfluger, Fabian Ochs, Universität Innsbruck  
Waldemar Wagner, AEE INTEC; Jürgen Suschek-Berger, IFZ

## 1 Messtechnische Evaluierung

Unter der Leitung von Energie Tirol werden gemeinsam mit dem Institut für Energieeffizientes Bauen / Bauphysik der Universität Innsbruck, der AEE INTEC und dem IFZ – Interuniversitäres Forschungszentrum der Energieverbrauch, Raumtemperaturen, Raumluftqualität etc. in insgesamt 18 Wohnungen untersucht. Im Fokus des Forschungsprojekts sind Optimierungsmöglichkeiten im Bereich der Haustechnik. Die Messungen werden seit Herbst 2009 im Rahmen des Forschungsprojekts „Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal – Raumluftqualität, Haustechnikverluste, Haushalts-Stromverbrauch in Passivhaus-Mietwohnungen“ im Auftrag des Landes Tirol und der Innsbrucker Kommunalbetriebe AG durchgeführt.

## 2 Messobjekt

Die derzeit größte Passivhaus-Wohnanlage Österreichs mit 354 Wohnungen und rd. 26.000 m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche, die „Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal“ in Innsbruck, ist unter strenger baulicher Qualitätskontrolle und unter Begleitung durch die Passivhaus Dienstleistung GmbH gebaut und nach den Grundsätzen des Passivhaus-Institutes zertifiziert worden. Die Energieversorgung übernehmen ein Pellets- und ein Gas-Brennwert-Kessel in Kombination mit einer 1.050 m<sup>2</sup> großen Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung. Der Gaskessel dient lediglich dem Spitzenlastbetrieb im Winter und dem Grundlastbetrieb in den Schwachlastzeiten im Sommer. Die Wärmeverteilung erfolgt über ein Zweileiter-Netz mit Wohnungsstationen. In diesen Wohnungsstationen befindet sich ein Wärmeübertrager für die Warmwasserbereitung sowie eine Regelstation für die Fußbodenheizung. Aufgrund des geringen Heizwärmebedarfes werden nur die Randzonen beheizt. Lediglich in den Bädern ist die Fußbodenheizung vollflächig verlegt. Die gewünschte Raumtemperatur ist mittels eines Raumthermostates einstellbar.



Passivhaus-Wohnanlage  
Lodenareal

## 3 Ausgangssituation und Ziele

Raumluftqualität: Durch eine optimale Einstellung der Haustechnik, insbesondere der Komfortlüftungsanlage werden sowohl der Energieverbrauch als auch die Luftqualität des Gebäudes erheblich beeinflusst. Eine hohe Luftqualität ist eine absolute Notwendigkeit für eine hohe Nutzerakzeptanz. Dabei ist insbesondere auf die Balance zwischen möglichst geringer CO<sub>2</sub>-Konzentration (Indikator für Raumluftbelastung) und ausreichender Raumluftfeuchte während der Heizperiode zu achten. Gerade die relativ niedrige Luftfeuchtigkeit, die sich im Winter in Innenräumen einstellt, ist oft Thema von kontroversen Diskussionen. Landläufig werden 30 % relative Luftfeuchtigkeit als Untergrenze definiert. Literaturstudien [Pfluger 10] ergab, dass eine definitive untere Grenze von 30 % nicht medizinisch begründet ist bzw. kein anderer Grenzwert bisher wissenschaftlich belegbar ist. Die sich tatsächlich ein-

stellende Luftfeuchtigkeit in Abhängigkeit des Luftvolumenstroms über viele Nutzer und Nutzungsgewohnheiten hinweg ist zentraler Baustein dieses Forschungsprojektes. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der direkte Vergleich der Raumluftqualität mit einem in derselben Zeit errichteten konventionellen Gebäude in Niedrigenergiehaus-Bauweise ohne Komfortlüftungsanlage. Neben der Luftfeuchtigkeit und dem CO<sub>2</sub>-Gehalt beeinflusst eine Komfortlüftungsanlage auch die Konzentration von anderen Raumluftschadstoffen (u.a. VOC – volatile organic compound – flüchtige organische Verbindungen).

**Ziel - Raumluftqualität:** Die Optimierung der Lüftungsanlage für zukünftige Planungen unter Erhöhung der Raumluftqualität (messtechnisch und subjektiv durch die Bewohner) bei gleichzeitiger Minimierung des Energieverbrauches (Wärme und Strom) ist das Ziel dieses Forschungsprojektes. Ein weiteres Ziel ist es, eine konkrete Aussage über die Verbesserung der Luftqualität im Passivhaus mit Lüftungsanlage im Vergleich zu einem konventionellen Niedrigenergiehaus ohne Lüftungsanlage in Bezug auf die untersuchten Parameter zu treffen.

**Energieverbrauch:** Betrachtet man die Gesamtenergiebilanz gebauter Passivhäuser, so sieht man, dass neben dem Energiebedarf für die Raumheizung, der Energiebedarf für Warmwasserbereitung und der Strombedarf einen großen, wenn nicht sogar den größten Anteil haben. Beide Aspekte müssen weiter optimiert werden.

**Wärme:** Aufgrund des geringen Heizenergiebedarfs in Passivhäusern stellen vor allem die Verteilleitungen für die Wärmeversorgung (Restenergieabdeckung) sowie die Energieverluste aus der Warmwasserbereitung und -verteilung aufgrund der neuen Hygienerichtlinie (ÖNORM B 5019) ein hohes Verlustpotenzial dar. Mit der relativ neuen Verteiltechnik, dem sogenannten Zweileiter-System, sollen sowohl die Warmwasserverteilung nach den neuen Hygieneanforderungen als auch die Heizenergieverteilung bei dennoch relativ geringen Verteilverlusten bewältigt werden.

**Ziel – Wärme:** Ziel ist es, das Zweileiter-Wärmeverteilsystem anhand der größten Passivhauswohnanlage Österreichs auf den Einsatz im Passivhaus hin zu überprüfen. Weiters wird eine Gesamtenergiebilanz von der Wärmeerzeugung über die Wärmeverteilung bis hin zur Wärmeabgabe erstellt. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Optimierung und Weiterentwicklung der Haustechniksysteme.

**Strom:** Durch die gestiegene Elektrifizierung der Haushalte (Plasma-TV, PCs, Spielekonsolen, Wäschetrockner usw.) steigt der Strombedarf im Privathaushalt ständig an. Vor allem im Passivhaus ist der Haushaltsstromverbrauch von doppelter Bedeutung. Einerseits macht diese Art des Verbrauchs einen erheblichen Beitrag des Gesamtenergieverbrauches des Gebäudes aus, andererseits steigen durch die erhöhte Abwärme der Geräte die inneren Gewinne. Im Winter kommt dies zwar größtenteils der Raumwärme zugute, stellt aber eine unregelmäßige, freie Wärme dar. Im Sommer führt die Abwärme zu Überhitzungsgefahr.

**Ziel – Strom:** Ziel ist es, eine Ausgangsbasis für die Senkung des Stromverbrauchs zu schaffen. Dazu wird die Verteilung des Energieverbrauches vom Gesamtgebäude inkl. Haustechnik bis hin zur Wohneinheit bzw. zum Zimmer gemessen und im Flussdiagramm dargestellt. Weiteres Ziel ist es, die Auswirkungen der inneren Wärmequellen (Abwärme der elektrischen Geräte) im Winter, aber auch im Sommer auf den Gesamtenergiebedarf und die Raumtemperatur zu überprüfen.

**Nutzerbefragung:** Neben den technischen Messdaten sind die nutzerspezifischen Aspekte wie das Lüftungsverhalten (zusätzliches Fensterlüften), die eingestellte Raumtemperatur, die verwendeten Elektrogeräte oder der Umgang mit internen Lasten bzw. passiv-solaren Energieeinträgen für die Erreichung der angesprochenen Ziele relevant. Daher wird neben den Messgrößen auch eine soziologische Untersuchung des Benutzerverhaltens durchgeführt.

## 4 Messkonzept

Grundsätzlich wurden die analogen Sensoren im 200 ms Intervall abgefragt und die Daten als 5 min-Mittelwerte bzw. Summenwert im Datenlogger gespeichert. Die Daten wurden täglich ausgelesen und in eine SQL-Datenbank übertragen bzw. dort gesichert. Die Messwerte werden automatisch auf Grenzwertüberschreitungen überprüft.

### Erhebung der Raumluftqualität

Durch eine Dauermessung in 24 Wohnungen (1 Stiegenhaus mit 18 Wohnungen in der PH-Wohnanlage Lodenareal in Innsbruck und 6 NEH-Wohnungen in Kufstein) über einen Zeitraum von mindestens 78 Wochen werden alle relevanten Luftparameter ermittelt. Dabei werden Raumlufttemperatur und -feuchte sowie CO<sub>2</sub> Konzentration der Raumluft in den Wohnzimmern und zusätzlich bei 6 Wohnungen der PH-Wohnanlage Lodenareal auch in Schlafzimmern ermittelt. Die VOC-Messung erfolgte vor Bezug durch die Mieter in Form von Stichprobenmessungen durch das IBO – Österreichische Institut für Bau-biologie und -ökologie. Dabei wurden in der PH-Wohnanlage Lodenareal Innsbruck 6 Wohnungen direkt im Raum beprobt. Zusätzlich wird mittels Kontakt die Schaltstellung der Lüfterstufe „Party“ in den Wohnungen abgegriffen. Weiters werden alle relevanten Kenngrößen (Stromverbräuche, Luftmengen, Temperaturen, Luftfeuchten und CO<sub>2</sub>-Konzentrationen) in Bezug auf die Komfortlüftungsanlage in der Zentrale gemessen. Zusätzlich werden Außenlufttemperatur und -feuchte, CO<sub>2</sub>-Konzentration der Außenluft sowie die solare Einstrahlung aufgezeichnet.

### Erhebung des Energieverlustes Haustechnik

Durch eine Dauermessung von 18 PH-Wohnungen über einen Zeitraum von mindestens 78 Wochen werden alle Energieströme für die Raumheizung, Warmwasserbereitung und die Luftvorwärmung auf der Verbraucherseite mittels Wärmemengenzähler, Temperatursensoren, Volumenstrommesser erfasst und ausgewertet. Sämtliche netzübergreifenden Energieeinträge wie thermische Solarenergie, Erdwärme (Grundwasser) für die Luftvorwärmung / -vorkühlung und die über Biomasse und Gas eingebrachte Heizenergie werden bilanziert und gegenübergestellt. Verluste, die durch die Haustechnik und Verteilungen entstehen, werden für unterschiedliche Teilbereiche des Verteilsystems erfasst und ausgewertet. Mit den Messdaten aus der Raumluft und der Außenluft lässt sich damit ein genaues Verbrauchsbild der 18 Wohnungen sowie eine Hochrechnung auf die gesamte Wohnanlage zeichnen. Auf Basis der aus der Passivhaus-Zertifizierung vorliegenden PHPP-Berechnung wird eine auf die IST-Daten des Gebäudes angepasste Bilanzrechnung aufgestellt und auf Grundlage der gemessenen Raumtemperaturen und Klimadaten korrigiert. Die dabei ermittelten Bedarfsdaten werden mit den Messungen des Gesamtverbrauchs verglichen.

### Erhebung des Haushaltsstromverbrauchs

Diese Erhebung wird mit dem Projektpartner Innsbrucker Kommunalbetriebe AG (IKB) durchgeführt. Durch die Dauermessung von 18 PH-Wohnungen über einen Zeitraum von mindestens 78 Wochen werden die Stromverbräuche pro Wohnung gesamt und die unterschiedlichen Verbrauchsbereiche wie Kochstrom, Stromverbrauch der übrigen Kücheneinrichtung, Stromverbrauch im Wohnzimmer, Stromverbrauch für Wäschereinigung und der restliche Stromverbrauch für Licht etc. detailliert aufgezeichnet und ausgewertet. Weiters werden die Stromverbräuche im Technikraum, Allgemeinstrom, Lift und Tiefgaragenstrom sowie der Stromverbrauch der Lüftungsanlage erfasst, sodass ein Flussdiagramm des Stromverbrauchs erarbeitet werden kann.

## 5 Erhebung der Nutzerakzeptanz

Das subjektive Wohlbefinden der BewohnerInnen ist entscheidend für den erfolgreichen Betrieb einer Wohnanlage, insbesondere, wenn es sich dabei um ein mit neuen Technologien ausgestattetes Wohngebäude handelt. Daher werden neben den messbaren technischen Größen auch Soft-Facts wie Nutzerzufriedenheit und Betriebserfahrungen evaluiert. Mit Hilfe der Durchführung von sozialwissen-

schaftlichen schriftlichen Befragungen, qualitativen Interviews und Fokusgruppen mit ausgewählten BewohnerInnen werden die Rückmeldungen der NutzerInnen erhoben und zu den technischen Messdaten in Relation gesetzt. Diesbezüglich kann auf Erfahrungen aus anderen Nutzerevaluationen aufgebaut werden.

## 6 Ergebnisse Messperiode 2010

**Raumluftqualität:** Die ersten Messergebnisse lassen erkennen, dass die relative Luftfeuchtigkeit sowohl in Wohnungen mit als auch ohne Komfortlüftung erheblich von den BenutzerInnen (Anzahl der Personen, Feuchteproduktion, Lüftungsverhalten usw.) abhängig ist. Überhöhte Luftfeuchtigkeiten von über 55 % (durch einen zu geringen Luftwechsel), wie sie in den Schlafzimmern der Vergleichswohnungen ohne Komfortlüftung in Kufstein vielfach gemessen wurden, können in der PH-Wohnanlage vermieden werden. Andererseits bestätigen die Messungen die bekannte Tendenz, dass bei extrem tiefen Außentemperaturen im Hochwinter ein Kompromiss zwischen dem notwendigen Luftwechsel (gute Raumluftqualität) und einer ausreichenden relativen Luftfeuchte notwendig ist. Eine weitere Reduktion der Luftmengen (unter Beibehaltung der Raumluftqualität) und damit eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte durch „intelligente“ Verteilung, z.B. durch Nutzung des Wohnzimmers als Überstömbereich oder durch noch bessere Anpassung der Luftmenge an die Belegung und Benutzung der Wohnungen kann in Zukunft helfen diese Situationen zu vermeiden.

In Bezug auf das Indikatorgas CO<sub>2</sub> schneiden erwartungsgemäß die Wohnzimmer und vor allem die Schlafzimmer der PH-Wohnanlage Lodenareal besser ab. Über 95 % der Zeit liegen die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Wohnzimmer unter dem Grenzwert von 1.400 ppm (Grenzwert lt. BMLFUW 2006). In den Schlafzimmern der PH-Wohnanlage Lodenareal bleibt der CO<sub>2</sub>-Pegel bis auf wenige Ausnahmen unter 1.400 ppm, während in den Vergleichswohnungen ohne Komfortlüftungsanlage der CO<sub>2</sub>-Pegel häufig (beinahe 20 % der Zeit!) über 1.400 ppm liegt und sogar bis auf 4.000 ppm ansteigt.

**Energieverlust Haustechnik:** Die benötigte Energie für Warmwasser und Heizung wurde im 1. Messjahr zu rd. 26 % über Solarenergie, zu rd. 60 % über Pellets und lediglich zu 14 % über Gas gedeckt. Die Wärmeverluste setzen sich zusammen aus Wärmeverlusten durch Verteilung (von der Heizzentrale über die Substationen und die Verteilleitungen hin zu den Steigsträngen), Übergabe (Wärmeübertrager in den Wohnungsstationen), Speicherverlusten (Solarspeicher, in den Substationen) sowie Aufwärm- und Abkühlverlusten von Pellet- und Gaskessel sowie Rohrleitungen und Armaturen. Die messtechnisch und rechnerisch ermittelten Wärmeverluste des ersten Messjahres weisen auf ein effizientes System hin.

**Haushaltsstromverbrauch:** Der gemessene durchschnittliche Haushaltsstromverbrauch von rd. 36 kWh/m<sup>2</sup>a (entspricht 4 W/m<sup>2</sup>a!) liegt deutlich über den Annahmen im PHPP. Auch wenn im Winter die Abwärme der Geräte der Raumheizung zugutekommt, muss der Beitrag zu einer allfälligen sommerlichen Überhitzung noch untersucht werden. Die Aufteilung des Stromverbrauchs auf die Verbrauchergruppen ergibt folgendes Bild: Die Küche macht mit rd. 49 % den größten Stromverbrauch aus. Wobei davon rund die Hälfte auf den reinen Kochstrom fällt. Das Wohnzimmer mit der Unterhaltungselektronik benötigt rd. 31 %, das Waschen (Waschmaschine und ggf. Trockner) rd. 10 %. Die restlichen rd. 10 % entfallen auf das Schlafzimmer, das Bad und den Geschirrspüler.

Betrachtet man die gesamte Wohnanlage, so entfallen rd. 79 % des Stromverbrauchs auf den Haushaltsstromverbrauch. Der Allgemeinstrom (Beleuchtung, Lifte usw.) mit rd. 10 % hält sich mit dem Stromverbrauch der Lüftungsanlage mit rd. 11 % die Waage.

**Nutzerakzeptanz:** Die erste Nutzerbefragung mittels Fragebogen mit einer Rücklaufquote von rd. 17 % im Juli 2010 zeigt ein positives Bild. 90 % der Befragten beantworten die Frage nach der allgemeinen Wohnzufriedenheit mit „sehr zufrieden“ bzw. „eher zufrieden“. 96 % äußern sich zur Heizung mit „sehr zufrieden“ bzw. „eher zufrieden“. Die Bewertung der Komfortlüftungsanlage fällt ebenfalls positiv aus. Rd. 80 % der Befragten vergeben der Komfortlüftung die Schulnote „sehr gut“ bzw. „gut“ und 93 % würden wieder in eine Wohnung mit Komfortlüftung einziehen wollen.

## 7 Ausblick

Die Auswertung der Messperiode 2011 ist zum Zeitpunkt der Drucklegung noch im Gange. Das Projekt wird mit der Heizperiode 2011/12 abgeschlossen. Der Endbericht wird ab Sommer 2012 auf der Homepage von Energie Tirol verfügbar sein.

## Literatur

[Pfluger11] Pfluger Rainer, Feist Wolfgang, Tietjen Andreas, Neher Andreas, Physiological Impairments of Individuals at low indoor air humidity, Indoor Air Wiley, (Review)

## Die massive Bauweise prägt das Bauen der Zukunft

### Massive Baustoffe: positive Wirkung auf Raumklima

#### „Die gesunde Wohnung ist die dritte Haut des Menschen“

Massiv gebaute Häuser punkten nicht nur mit ihrer Langlebigkeit und Wertbeständigkeit, sondern auch durch ihre positiven Auswirkungen auf die Qualität der Raumluft. Eine Studie des IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie über Raumluftindikatoren für den Wohnbau zeigt, dass Baustoffe aus mineralischen Rohstoffen als potenzielle Schadstoffquellen für Innenräume irrelevant sind. Ihr Einsatz stellt daher einen Bonus zur Erreichung optimaler Raumluftqualität dar.

Der Großteil der Menschen in Industriestaaten verbringt mehr als 90 Prozent des Tages in Innenräumen, sei es im Wohnbereich, in Schulen und Ausbildungsstätten oder am Arbeitsplatz – vermeintlich sicher und gut geschützt vor schädlichen Umwelteinflüssen. Doch die Luft in Innenräumen kann stark verunreinigt und mit einem Vielfachen der Luftschadstoffe in der Außenluft belastet sein. Zeitlich gesehen ist also der menschliche Organismus in hohem Maße den Bedingungen des Wohn- und Arbeitsumfeldes ausgesetzt mit einer aus medizinischer Sicht vielfältigen Wechselwirkung auf Wohlbefinden und Gesundheit des Individuums.

Seit Jahren nehmen Beschwerden oder Erkrankungen durch schlechte Qualität der Raumluft zu - mit hoher Wahrscheinlichkeit sind sie auf Schadstoffe in Innenräumen zurückzuführen. Die Ursache liegt in den so genannten flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), die unter anderem in Bauprodukten vorkommen. Erhöhte VOC-Konzentrationen in Innenräumen werden für vielfältige Beschwerde- und Krankheitsbilder, wie z.B. Schleimhautreizungen, Kopfschmerzen, erhöhte Infektionsanfälligkeit der Atemwege, verantwortlich gemacht.

Welch große Rolle eine gute Qualität der Raumluft und ihre Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden der Bewohner mittlerweile spielt, zeigen die vielfältigen Studien und Untersuchungen und daraus Entwicklungen und Initiativen der letzten Jahre zum Thema Wohngesundheit; als Beispiel sei das „Sick-Building-Syndrom“ erwähnt, das sich in einer Beeinträchtigung der Lebensqualität und des Allgemeinbefindens äußert. Das Problem ist erkannt und findet mehr und mehr Berücksichtigung in einschlägigen Vorschriften wie Normen, Richtlinien und Förderkriterien.

Im Auftrag von BAU!MASSIV! hat das IBO die Schadstoffemissionen aus gängigen Bauprodukten und deren Einfluss auf die Raumluftqualität untersucht:

In einer 3-stufigen Kategorisierung werden laut der IBO-Studie massive Baustoffe wie Ziegel, Beton, mineralische Bauplatten, Bodenbeläge und Putze ohne organisches Bindemittel in die vollkommen unbedenkliche Kategorie 0 eingereiht. Bei vielen anderen Baustoffen, wie z.B. bei naturbelassenem Massivholz oder Türen oder Fenstern aus Holzwerkstoffen, besteht ohne Qualitätssicherung eine gewisse Wahrscheinlichkeit (Stufe 1), dass Schadstoffe emittiert werden. Oder bei großflächig aufgetragenen Bauchemikalien, Bodenbelägen sowie Holzwerkstoffen und beschichteten Materialien wird laut der IBO-Studie von einer hohen Wahrscheinlichkeit (Stufe 2) ausgegangen, dass Schadstoffe in die Raumluft gelangen.

Insbesondere bei luft- und winddichten Gebäuden, die für den Niedrigenergie- und Passivhausstandard zwingend sind, ist die Verwendung massiver Baustoffe wie Ziegel, Beton und Naturstein eine ideale Voraussetzung für eine optimale Raumluftqualität.



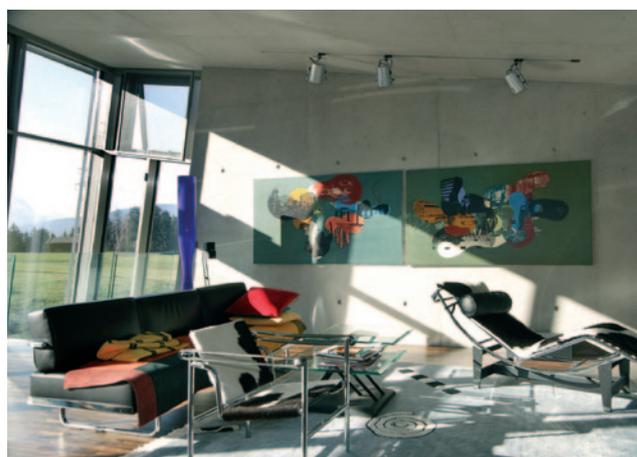
Die Nachhaltigkeit von Gebäuden definiert sich durch drei Säulen: die soziale, die ökonomische und die ökologische; sie tragen gleichermaßen zur Nachhaltigkeit bei und stehen in einer intensiven Wechselwirkung. Der entscheidende Maßstab ist der Mensch – daher sind die sozialen Aspekte der Sicherheit, des Wohlbefindens, der Gesundheit verstärkt in die Anforderungen an Wohnqualität zu integrieren. Der Qualität der Raumluft kommt vor allem in Bezug auf besonders schutzbedürftige Personengruppen wie Kinder und alte Menschen immer größere Bedeutung zu, da sie erfahrungsgemäß überdurchschnittlich viel Zeit in Innenräumen verbringen und empfindlicher auf Schadstoffe reagieren.

Die effizienteste Methode, um ideale Voraussetzungen für ein gesundes Raumklima zu schaffen und damit gesünder zu leben, ist ein sorgfältiges Bauproduktmanagement. Dabei legt der Baufachmann schon in der Planungsphase ökologische Baustoffe sowohl für den Innenbereich als auch für die raumbegrenzende Hülle eines Gebäudes fest. Dem Baumeister fällt beim Bauproduktmanagement eine Schlüsselrolle zu: Als Experte bei Planung, Baustoffwahl und Bauausführung wählt er bereits in der Planungsphase die jeweils am besten geeigneten Baustoffe aus und überwacht deren fachgerechten Einsatz auf der Baustelle.

Das optimale Zusammenspiel von Sicherheit und Behaglichkeit sowie von Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz wird in Zukunft eine zentrale Herausforderung im Bausektor sein. Dazu werden Experten viel stärker als bisher disziplinenübergreifend zusammenarbeiten müssen, denn Komfort und Wohlbefinden ist ein komplex zusammengesetztes Phänomen aus Architektur, Haustechnik, Wohnraumgestaltung, Raumklima, Nachbarschaft u.v.m.



Ziegelgewölbe © Verband Österreichischer Ziegelwerke



Wohnraum © Z + B

### BAU!MASSIV!

BAU!MASSIV! ist die Interessenvertretung der Hersteller mineralisch gebundener Baustoffe im Fachverband der Stein- und keramischen Industrie in der Wirtschaftskammer Österreich.

Ziel ist es, gemeinsam mit der Bundesinnung Bau und dem Österreichischen Baustoffhandel die zahlreichen Vorteile des Massivbaus aufzuzeigen und die nachhaltige Anwendung mineralisch gebundener Baustoffe zu fördern.

BAU!MASSIV! unterstützt Bauinteressierte und bündelt die Informationstätigkeit der Branche.

## Nachhaltiges Bauen und Wohnen - Innovation durch Kooperation

Der Bau.Energie.Umwelt Cluster Niederösterreich ist Wirtschaftsdrehscheibe und Netzwerk der innovativsten niederösterreichischen Unternehmen aus allen Bereichen des nachhaltigen Bauens und Wohnens - unabhängig von Materialien und Werkstoffen. Das Clusterteam besteht aus Architekten, Energieexperten sowie Fachleuten aus dem Errichtungs- und Einrichtungsbereich. Arbeitsschwerpunkte sind die Themen „Althausanierung auf Niedrigenergiehausstandard“, „mehrgeschossiger Neubau in Passivhausqualität“ und „Wohnkomfort / Innenraumklima“. Das Motto „Innovation durch Kooperation“ begleitet alle Cluster der ecoplus, der Wirtschaftsagentur des Landes Niederösterreich. Die folgenden Projekte zeigen erfolgreiche Kooperationen von Partnerbetrieben des Bau.Energie.Umwelt Cluster Niederösterreich.

### Future Building - gemeinsam forschen für das Haus der Zukunft



Die Projektpartner des Projektes „Future Building“ beschäftigen sich, unter der Leitung der Donau-Universität Krems, mit der Entwicklung von zukünftigen Baulösungen:

- Optimierung von Wärmepumpen-Systemen und Entwicklung eines Umweltenergiezählers
- Multifunktionales Verglasungselement
- Entwicklung von Fassadenplatten aus rezyklierten Mineralfaserprodukten
- Weiterentwicklungen im modularen System-Leichtbau
- Energieeffizienz durch Gebäudeautomation
- CO<sub>2</sub>-neutrale Niedrigstenergiehäuser
- Aktivierung thermischer Speichermassen in Gebäudestrukturen aus Beton
- Entwicklung eines passivhaustauglichen monolithischen Ziegelsystems
- Fensterkubus-Nullenergiehaus

#### Ergebnisse:

- Ziegelwerke Eder: Mit dem Ziegelsystem Ederplan XP 50 Trionic wurde in allen relevanten Baudetails Passivhausstandard erreicht
- Hartl Haus Holzindustrie GmbH: Konzipierung einer Produktionsstraße für Passivhaus-Fertighäuser in Holzrahmenbauweise
- Schiedel Kaminsysteme GmbH: Entwicklung eines passivhaustauglichen Kamins und eines bedarfsgesteuerten Lüftungssystems mit Wärmerückgewinnung

### NovaHome

Das Thema „Altersgerechtes Wohnen“ gewinnt in unserer Gesellschaft zunehmend an Bedeutung. Das Kooperationsprojekt „Nova Home“ trägt dieser Entwicklung Rechnung: Die Projektpartner entwickelten kabellose Gebäudeautomatisierungssysteme, die vor allem älteren Menschen Unterstützung im Alltag bieten.

Gleichzeitig werden Heizung, Lüftung und Stromeinsatz für Haushaltsgeräte und Beleuchtung optimal und energiesparend gesteuert.

Diese intelligente Sensorik wurde bereits in ein ELK-Musterhaus eingebaut und auf ihre Praxistauglichkeit getestet.



#### Projektziele:

- Mittels intelligenter Sensorik soll die Energieeffizienz und Sicherheit in zukünftigen Smart Homes erhöht werden.
- Errichtung eines Musterhauses zur Evaluierung und zukünftigen Demonstration

#### Ergebnis:

In der Blauen Lagune (Niederösterreich) wurde ein einzigartiges Musterhaus mit Verhaltensmustererkennung für sicheres und energieeffizientes Wohnen errichtet.

#### Projektteilnehmer:

- AIT - Austrian Institute of Technology
- GmbH Biomedical Systems Wr. Neustadt
- ELK-Fertighaus AG, Schrems
- Eaton GmbH - Moeller Group, Schrems
- Molco molco.at Handels GmbH, Schwechat

## Weg zur Nullenergie-Filiale

Bei diesem Kooperationsprojekt sollen Lebensmittelgeschäfte in der Größenordnung von 1.000 m<sup>2</sup> nach dem Konzept des Passivhauses entwickelt werden. Ziel ist es, zunächst einen marktfähigen Filial-Prototypen durch energetische Gebäude- und Anlagensimulation in Verbindung mit Wirtschaftlichkeitsanalyse zu entwickeln, der sich durch niedrigsten Energieverbrauch - im optimalen Fall autonome Energieversorgung - auszeichnet und gleichzeitig marketingtechnischen und wirtschaftlichen Anforderungen entspricht.



Die im Rahmen des Projektes gewonnenen Erkenntnisse sollen einerseits im Rahmen einer Musterfiliale erprobt werden und in weiterer Folge Eingang in die Konzeption künftiger Filialen und Filial-Grundkonzepte finden - und zwar sowohl bei der Errichtung neuer, als auch bei der Renovierung bestehender Filialen.

Projektteilnehmer:

- REWE Austria Dienstleistungs GmbH
- arsenal research
- KWI consultants GmbH
- pos architekten ZT-KG

## LOPAS

Optimierung ökologischer Konstruktionskomponenten für die industrielle Serienproduktion von Fertigteilen mit kostengünstigen Fassadenoberflächen

Die Firma Lopas - Hersteller von ökologischen Passivhäusern - verbindet Wohnkomfort und ansprechende Architektur mit moderner Modulbauweise. Das ganzheitliche Konzept fokussiert in enger Kooperation mit Architekten auf die Errichtung schlüsselfertiger Ein-, Doppel-, Reihen- und Mehrfamilienhäuser.



Die organischen Stoffe, die beim Bau von Lopas-Häusern eingesetzt werden, stellen nicht nur umfassende Wohn- und Gesundheit sicher, sondern reduzieren auch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in der Baustoffgewinnung sowie in der Produktion. Von dem Einsatz natürlicher Baustoffe wie Lehm, Stroh und Holz profitieren nicht nur Menschen mit gesundheitlichen Beschwerden, wie beispielsweise Allergien.

Fotocredits: ELK-Fertighaus AG, Future Building GesmbH, LOPAS AG, REWE Group Austria, system I haus I bau, REWE Group Austria

Mit dem Projektpartner Holzbau Willibald Longin GmbH werden eine rasche und verlässliche Produktion und Montage in höchster Qualität sichergestellt.

Projektteilnehmer:

- LOPAS AG
- Holzbau Willibald Longin GmbH
- Donau-Universität Krems, Department für Bauen und Umwelt

## system I haus I bau

Eines der derzeit nachhaltigsten Bausysteme für Passivhäuser unter Verwendung von Stroh, wird im Rahmen dieses Projektes entwickelt. Die Arbeiten an dem Projekt dauerten bisher zwei Jahre und sind ein work-in-progress System, das den Kundenwünschen rasch angepasst werden kann, da keine industrielle Fertigungsanlage notwendig ist.



Projektziele:

- Entwicklung eines Passivhauses aus natürlichen, nachwachsenden Rohstoffen mit positiver CO<sub>2</sub>-Bilanz und geringst möglichem Primärenergiegehalt.
- Ein modulares Bausystem, das auf wenigen, immer gleich bleibenden zertifizierten Modulen mit hoher architektonischer Gestaltungsfreiheit basiert.
- Ein erweiterbares System, das im Laufe der Zeit vergrößert werden kann. Damit lässt sich das Haus den veränderten Bedürfnissen der Bewohner anpassen.
- Fixpreissystem für alle Module
- Alle Wand- und Deckenmodule sind auch in einer günstigeren Selbstbauvariante erhältlich.
- Aufbau einer Online-Community zum Erfahrungsaustausch.
- Zusätzlich sollen geeignete Vermarktungswege erarbeitet werden.

Projektteilnehmer:

- Bauatelier Schmelz & Partner
- Kreativer Holzbau Kastner GmbH
- d.sign Gruber & Partner

## Kontakt

Bau.Energie.Umwelt Cluster Niederösterreich  
 ecoplus. Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH  
 Niederösterreichring 2, Haus A  
 3100 St. Pölten  
 Tel.: +43 (0)2742 9000-19650, Fax: DW 19684  
 E-Mail: bauenergieumwelt@ecoplus.at  
 www.bauenergieumwelt.at



Partner der  
 ecoplus Cluster Niederösterreich



Das Programm Cluster Niederösterreich wird mit EU - Mitteln aus dem Europäischen Fonds für Regionalentwicklung (EFRE) kofinanziert.

## Clevere Regelungslösungen



Der Planer oder Architekt kann die Energieeffizienz von Lüftungsgeräten oft nur schwer vergleichen. Produkte, die das Zertifikat „Passivhaus geeignete Komponente“ tragen, sind nach einheitlichen Kriterien geprüft, bezüglich ihrer Kennwerte vergleichbar und von exzellenter energetischer Qualität. Weitere Unterscheidungsmerkmale sind im Bereich der Regelung festzustellen.

Um eine ganzjährige Be- und Entlüftung des Gebäudes besonders in den kalten Wintermonaten sicherzustellen, ist in den meisten Geräten eine Frostschutzschaltung integriert. Dafür gibt es die Ausführungen mit einem Erdwärmetauscher (ca. 5°C Außenluft, jedoch Baukosten und Hygienebedenken) oder einer elektrischen o.ä. Vorerwärmung (stets über 0°C Außenluft, jedoch erhöhte Energiekosten).

Die Firma Lufttechnik Schmeisser aus Berlin hat in Zusammenarbeit mit der Firma bico GmbH aus Leobersdorf (Generalvertretung in Österreich) für die Wohnraumlüftung spezielle Regelungslösungen entwickelt:

### Die integrierte Abtauautomatik

Bei dieser Methode wird eine beginnende Vereisung des Wärmetauschers bewusst hingenommen. Nach einer Stunde unterbricht die Mikroprozessoregung den Lüftungsbetrieb und der Abtauprozess wird für ca. 3 bis 6 Minuten eingeleitet. Dabei wird die Energie aus der Raumluft (z.B. aus dem Technikraum wenn hygienisch unbedenklich, bzw. aus dem Vorzimmer) genutzt um den Wärmetauscher zu enteisen.

### Die Massestrombalanceregung

Die Massestrombalance – Gleichheit der Massenströme von Außenluft und Fortluft bei stufenlos einstellbaren Luftmengen und sich ändernden Betriebsbedingungen im gesamten Regelbereich (unterschiedliches Kanalnetz, verschmutzte Filter, Windverhältnisse...). Tritt bei der vollständigen Luftverteilung über Volumenstromregler auf die einzelnen Nutzer eine Massestromdisbalance (Grund Toleranzen und Leckagen) auf, wird diese innerhalb der dichten Gebäudehülle über die Massestromausgleichklappenregelung ausgeglichen. Dieses führt zu einer deutlichen Erhöhung des Wärmerückgewinnungsgrades. Die Massestromausgleichklappen sind ein Bestandteil der Gerätelieferung und sind bauseits zu- und abluftseitig im Kanalnetz unterzubringen.

### Der automatisch aktive Sommerbypass

Hier wird mittels eines Sommerbypasses innerhalb der Be- und Entlüftungsgeräte die kühlere Nachtluft am Wärmetauscher vorbeigeleitet und trägt somit zur Unterstützung der Kühlung bei. Eine in der Regelungssoftware verarbeitete Temperaturmessung steuert die internen Klappen und damit im Sommerfall die Kühlungsunterstützung durch den Sommerbypass.

### Statussignalregelung

Insbesondere im Mehrfamilienhausbereich erfolgt nach heutigem Stand der Technik der Abgleich der Wohnungen über Volumenstromregler. Die Statussignalregelung erfasst die Statussignale der einzelnen Volumenstromregler und bildet daraus optimale Ansteuersignale für die Ventilatoren des Lüftungsgerätes. Ein Einmessen der Anlage ist sehr einfach. Außerdem ist durch diese Regelung gewährleistet, dass Probleme durch das einzelne Nutzerverhalten (z.B. zudrehen der Tellerventile, Verschmutzung der Filter ...) ausgeglichen werden und im Zuge der Wartung ggf. behoben werden können. Da bei dieser Regelung die Ventilatoren immer im optimalen Bereich arbeiten, ist der Energieverbrauch sehr niedrig.

### Funktionsweise

- Der Mini-Slave ermöglicht die Einstellung von bis zu 3 individuellen Sollwerten für jede Wohnung. Darüber hinaus vergleicht dieser separat für den Zuluft- und den Abluftvolumenstromregler den Vorgabewert (Sollwert) mit dem tatsächlichen Volumenstrom (Istwert). Ein zu geringer Volu-



LTS TSL Be- und Entlüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung

menstrom (Istwert) wird getrennt für Zu- und Abluft über ein Statussignal an die übergeordnete Regelung, den Statussignalsammler, weitergemeldet.

- Der Statussignalsammler: Bei diesem werden alle Zuluft-Statussignale und alle Abluft-Statussignale separat zusammengefasst und an die Regelung des Lüftungsgerätes als jeweils ein Zu- und Abluftstatussignal weitergegeben.
- Die Mikroprozessorregelung im Lüftungsgerät verarbeitet diese Signale und passt den Volumenstrom entsprechend der Anforderung an.

Daraus ergibt sich der kleinstmögliche Gesamtvolumenstrom des Lüftungsgerätes und damit eine energieeffiziente und wirtschaftliche Betriebsweise der Lüftungsanlage gegenüber der zurzeit noch gängigen Druckregelung.

#### **Viel hilft viel? – Bei der Lüftung nicht immer!**

Nicht nur eine intelligente Regelung macht den Unterschied, sondern auch die Planung und Dimensionierung der Anlage ist sehr entscheidend. Eine Überdimensionierung des Gerätes kann zu Problemen im Bereich geringer Luftmengen führen. Zunächst wird die Kanalnetzkenlinie durch Auslegung der Kanalquerschnitte und Druckverlustberechnung inklusive aller Einbauten festgelegt. Passend zu dieser Kennlinie wird ein Gerät mit einer bestimmten Ventilator Kennlinie (gem. Mischdiagramm = „Druck/Volumenstromdiagramm mit Flächen gleicher Ventilatorwirkungsgrade“ nach Möglichkeit mit höchster Effizienz im mittleren Dauerbetriebsfall) ausgewählt. Das



LTS Volumenstromregler TSVR 1.1 (20 bis 150 m<sup>3</sup>/h)

Gerät muss den Stoßlüftungsvolumenstrom noch fördern können. Dabei muss die Effizienz nicht die höchste sein, weil die Laufzeiten in der Stoßlüftungsstufe ja relativ gering sind. Die minimale Fördermenge von 0,3 1/h Luftwechsel muss ebenfalls erreicht werden können.

Genau an dieser Stelle liegt das Problem bei Überdimensionierung: Selbst modernste Lüftungsgeräte besitzen nur einen begrenzten Regelbereich und weisen einen bestimmten Mindestvolumenstrom auf (dieser fällt bei größeren Geräten höher aus). Die obere und untere Grenze sind also für die Geräteauswahl und Dimensionierung relevant, im Bereich des Dauerbetriebs sollte das Gerät nach Möglichkeit den höchsten Ventilatorwirkungsgrad haben.

Die Gerätegröße sollte somit mit Bedacht gewählt werden, damit auch noch geringe Volumenströme gefördert werden können. Die Luftmengen sind nicht nur auf die Schadstoffabfuhr, sondern auch auf die Feuchteabfuhr im Verhältnis zu den Feuchtequellen zu dimensionieren. Die Auslegung der Kanäle und Einbauten wird dagegen nach oben nur durch die Kosten und den Platzbedarf begrenzt. Mit einem Druckverlust von ca. 1 Pa/m Kanallänge im Normalbetrieb ist bereits ein guter Kompromiss erreicht – bei geringeren Volumenströmen wird die Anlage dann sogar noch effizienter.

Bei geringeren Volumenströmen bedarf es eines Volumenstromreglers, der nicht nur effizient mit der Regelung zusammenarbeitet, sondern auch gute Regeleigenschaften im Bereich um und unter 30 m<sup>3</sup>/h aufweist. Einige Hersteller bieten Volumenstromregler mit Wirkdrucksensor an, die auch für sehr kleine Volumenströme geeignet sind (Einsatzgrenzen im Bereich von 20 bis 150 m<sup>3</sup>/h). Dies ermöglicht vielfältige Anwendungen im Komfortbereich, z.B. Einfamilienhaus, Wohnungsbau, Büro, Hotel usw.

Die Firma Lufttechnik Schmeisser produziert Wohnraumlüftungsgeräte von 100–5.000 m<sup>3</sup>/h mit Passivhauszulassung. Gerne unterstützen die Techniker der Firma bico GmbH Sie bei der Planung, Auslegung und Ausführung der Anlagen. Die Firma bico bietet auch das Zubehör für die Installation der gesamten Lüftungsanlage an.

Firma bico, 2544 Leobersdorf, Aumühlweg 21  
Tel.: 02256/62849, office@bico.at, www.bico.at

## Behaglichkeit durch Luftbefeuchtung in der kontrollierten Wohnungslüftung

Der Mensch verbringt den größten Teil seines Lebens in Innenräumen, daher ist ein gesundheitsverträgliches Innenraumklima für das Wohlbefinden des Menschen von großer Bedeutung. Das Raumklima im Wohnraum oder Büro hat einen entscheidenden Einfluss auf Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden, auf die Verbesserung des Allgemeinbefindens sowie die höhere Konzentrationsfähigkeit – kurz auf die Behaglichkeit. Hier spielt neben der Temperatur und anderen Parametern die Luftfeuchte eine bedeutende Rolle.

Die erwähnte Luftfeuchtigkeit in Aufenthaltsräumen stellt also eine wichtige Anforderung beim Betrieb einer kontrollierten Wohnraumlüftung dar. Um mehr Behaglichkeit und Wohlbefinden und somit Wohnkomfort zu empfinden, muss vor allem in der kalten Jahreszeit im Winter sowie in den Übergangsmo-naten, die Zuluft nach der Wärmerückgewinnung auf die gewünschte Raumtemperatur erwärmt werden. Durch diese Temperaturerwärmung wird die im Raum befindliche relative Luftfeuchtigkeit vermindert. Um die relative Luftfeuchte konstant zu halten, ist es daher notwendig, die zugeführte Luft zu befeuchten.

### Welche Luftfeuchten sind anzustreben?

Die Frage nach der optimalen und noch akzeptablen Raumluftfeuchte in Innenräumen ist schwer zu beantworten, die relative Luftfeuchtigkeit ist jedenfalls ein wesentliches Kriterium für ein als angenehm empfundenes Raumklima.

Es ist bekannt, dass eine relative Luftfeuchte von weniger als 40 % zu einer Austrocknung der Schleimhäute und somit zu einer erhöhten Anfälligkeit für Erkältungskrankheiten führen kann, denn trockene Luft beeinträchtigt die Reinigungsfunktion der Luftröhrenoberfläche.

Eine höhere relative Luftfeuchte, zwischen 40 % und 60 %, ist optimal, denn sie hat viele positive Einflüsse auf das Raumklima: Sie verringert den Feinstaubgehalt der Luft, aktiviert die Abwehrfähigkeit der Haut gegenüber Mikroben, verringert die Lebensdauer vieler Bakterien und Viren, reduziert Geruchsbelästigungen und vermeidet eine störende elektrostatische Aufladung im Raum.

Eine Luftfeuchtigkeit von mehr als 70 % wird jedoch in der Regel als unangenehm empfunden, was vermutlich daran liegt, dass bei feuchtwarmer Luft die Sauerstoffaufnahme im Blut reduziert ist. Bei feuchtkalter Luft wird eine Zunahme rheumatischer Beschwerden beobachtet. Zu beachten ist, dass Luftfeuchten von mehr als 70 % zu einer Schimmelpilzbildung in geschlossenen Räumen führen können.

### Trockene Luft, vor allem in der kalten Jahreszeit?

Bei kontrollierten mechanischen Wohnungslüftungsanlagen wird die Luftfeuchtigkeit, im Gegensatz zu Klimaanlage-nen, in der Regel nicht über automatische Befeuchteranlagen geregelt. Die Akzeptanz von mechanischen Wohnungslüftungsanlagen leidet oft an dem Faktum, dass die Luftfeuchte in den Innenräumen in der kalten Jahreszeit auf sehr niedrige Werte absinkt. Werte unter der optimalen relativen Raumluftfeuchte, die zwischen 40 % und 60 % liegen, führen zu sinkender Leistungsfähigkeit sowie zu Problemen bei Wohlbefinden und Behaglichkeit. Daher ergibt sich die Frage, wie die Zuluft am effizientesten befeuchtet werden kann und welche Entwicklungen es dazu am Markt gibt.

### Lösung – Behaglichkeit durch Luftbefeuchtung mit LBE

Um den Menschen mehr Behaglichkeit und Wohlbefinden und somit Wohnkomfort zu bieten, findet sich im Angebotsprogramm der J. Pichler Gesellschaft m.b.H. zur kontrollierten Wohnungslüftung die automatische Luftbefeuchtungseinheit LBE, die als Type LBE 250 und Type LBE 500 lieferbar ist.

Mit der aktiven Luftbefeuchtungseinheit LBE setzt die J. PICHLER Gesellschaft m.b.H. einen entscheidenden Schritt, um in der kontrollierten Wohnungslüftung statt trockener Raumluft ein behagliches Raumklima zu generieren. Mit dem Prinzip konstante Raumluftfeuchte und Raumtemperatur für den gesamten Wohnbereich durch natürliche Verdunstung zu schaffen, bringt die Luftbefeuchtungseinheit Behaglichkeit und Wohlfühlen in Wohn- und Arbeitsbereiche.

### Aufbau der Befeuchtungseinheit

Das Luftbefeuchtungsmodul LBE ist ein Gerät zur aktiven und hygienischen Befeuchtung der Raumluft. Die hygienisch unbedenkliche Einheit wird in Lüftungssysteme integriert, oder in bestehenden Wohnungslüftungsanlagen nachgerüstet.



Die Befeuchtungseinheit besteht aus einem kompakten Gehäuse in Stahlblech verzinkter Ausführung, außen pulverbeschichtet in RAL 9010, in dem die Befeuchterwanne, der Rotationslamellenverdunster, die UVC-Röhre zur Desinfektion sowie die weiteren erforderlichen Bauteile eingebaut sind. Der Rotationslamellenverdunster ist aus eloxiertem Aluminium, die Befeuchterwanne ist aus nichtrostendem Stahl hergestellt, in dem der Rotationslamellenverdunster eingesetzt ist. Zur kontinuierlichen Desinfektion der Einheit ist die UVC-Röhre integriert.

### Arbeitsprinzip des Luftbefeuchtungsmoduls

Das Luftbefeuchtungsmodul arbeitet nach dem Prinzip der natürlichen Verdunstung und stellt eine konstante relative Luftfeuchte (zwischen 40 bis 60 % einstellbar) in den Innenräumen sicher. Die Einheit arbeitet automatisch, die Luftfeuchtigkeit im Gerät wird elektronisch überwacht, eine Überfeuchtung der Raumluft ist damit ausgeschlossen.

Das Befeuchtungsmodul ist für einen maximalen Betriebs-Luftvolumenstrom von 250 m<sup>3</sup>/h (Type LBE 250) und 500 m<sup>3</sup>/h (Type LBE 500) dimensioniert. Die Regelung der Luftfeuchte erfolgt über die Veränderung des Wasserstandes in der Wasserwanne, die eine Änderung der nassen Lamellenoberfläche am Rotor hervorruft. Die Luftfeuchte am Austritt des Gerätes wird über einen kombinierten Temperatur- und Feuchtesensor überwacht und geregelt. Der Rotationslamellenverdunster taucht in das Wasserbad ein und benetzt die Rotorlamellen. Über die vorbeistreichende Luftströmung wird das Wasser an den Lamellen verdunstet. Die Befeuchterwanne wird mit Trinkwasser aus der Wasserversorgungsleitung gespeist, das Wasser wird täglich automatisch ausgetauscht. Der Füllstand wird mittels Schwimmerschalter und mechanischem Überlauf begrenzt.

Das Wasser in der Wanne wird kontinuierlich mittels UVC-Licht desinfiziert, wobei die UVC-Röhre die komplette Wasserwanne und Verdunsterfläche vollständig ausleuchtet. Aus Sicherheitsgründen wird die UV-Röhre mittels UV-Diode überwacht. Anhand dieser Überwachung kann ein Ausfall, eine Verschmutzung, oder ein Leistungseinbruch festgestellt werden. Bei zu geringer Strahlungsleistung wird das Wasser abgepumpt und eine Störmeldung

ausgegeben. Die Einheit wird bei Funktionseinschränkung der UVC-Röhre (kontinuierliche Messung der Lichtleistung) automatisch außer Betrieb gesetzt.

Um Ablagerungen, insbesondere die Verkalkung des Rotationslamellenverdunstes und der Wasserwanne im Betrieb hintanzuhalten, wird das Luftbefeuchtungsmodul serienmäßig mit einer Umkehrosmoseeinheit ausgerüstet. Die Umkehrosmoseeinheit wird in die Leitung des Wasserzulaufes, zwischen dem Magnetventil und der Wasserwanne serienmäßig integriert. Weiters wird eine Vorfiltereinheit für die Wasserversorgung optional mitgeliefert, die im Zuge der Montage einzubauen ist.

### Hygieneüberprüfung nach ÖNORM H 6021 und VDI 6022

Die Ausführung der LBE 250 entspricht den Anforderungen an die Hygiene gemäß den Vorgaben der ÖNORM H 6021 und VDI 6022. Sicherheitstechnische Überprüfung mit ÖVE-Kennzeichnung gemäß Prüfbericht TGM-VA EE 33538, 32141.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch die Befeuchtung die mikrobiologische Qualität der Luft nicht beeinträchtigt wird. Die Prüfungen der Oberflächen im und unmittelbar nach dem Befeuchtungsmodul zeigten weiters, dass den Vorgaben der Normenreihe VDI 6022 erfüllt waren, die Oberflächen entsprechen darüber hinaus auch den wesentlich strengeren Forderungen aus dem Lebensmittelbereich gemäß DIN 10113-3.

Es wurden die hygienischen Mindestanforderungen in der raumlufttechnischen Anlage deutlich überschritten. Es bestehen somit keine hygienischen Bedenken gegen den Einsatz des Befeuchtungsmoduls. Eine Gesundheitsbeeinträchtigung durch den Betrieb des Gerätes ist nicht zu erwarten.

### Hocheffiziente Systemlösungen:

Neben der kompakten Luftbefeuchtungseinheit, Type LBE 250 und LBE 500, zur aktiven Befeuchtung der Raumluft in Wohnungen und Aufenthaltsräumen ergänzen die passivhauszertifizierten Lüftungsgeräte LG 180, LG 250 und LG 500 aus eigener Fertigung sowie größere Baugrößen wie das passivhauszertifizierte LG 4000 optimal PICHLERs Komfortlüftungssortiment.

In PICHLERs Komfortlüftungspalette ist ein umfangreiches Angebot an Zubehör - von Design-Luftauslässen, Umlenk- und Flachschalldämpfern, Volumenstromreglern und Verteilerkästen bis hin zu Luftleitungssystemen, wie Minikanäle, Kunststoffschläuche System Komplex und das SAFE System – großteils als Lagerware erhältlich.

Nach der Devise „Alles aus einer Hand“ ist die komplette Umsetzung eines Komfortlüftungsprojektes bis hin zur lufttechnischen und regeltechnischen Inbetriebnahme mit PICHLER als kompetentem Partner realisierbar.



## Kontrollierte Wohnraumlüftung und Erdwärmetauscher POLO-KAL NG KWL + EWT

Energieeffiziente Gebäude werden mit immer dichteren Gebäudehüllen gebaut und machen den Einbau von Anlagen zur kontrollierten Wohnraumlüftung kombiniert mit Erdwärmetauschern unverzichtbar. Das Ergebnis ist hohe Wohnqualität durch permanente Frischluftzufuhr ohne kostspielige Lüftungswärmeverluste.

Hohe Qualität und hervorragende Produkteigenschaften machen POLO-KAL NG für moderne Lüftungsanlagen mit Erdwärmetauscher seit Jahren zur optimalen Lösung. POLO-KAL NG leistet somit einen wichtigen Beitrag zu mehr Wohnkomfort und Energieeffizienz.

### Vorteile von POLO-KAL NG KWL

#### Erstklassige Lufthygiene

Verringerung von Staubablagerungen und einfache Reinigung: rundes Rohrprofil und glatte Innenschicht.

#### Minimaler Energiebedarf

Geringe Strömungswiderstände: glatte Innenflächen mit passgenauen, dichten Verbindungen.

#### Hohe Montagefreundlichkeit

Montierbar in jeder Lage dank hoher Ring- und Axialsteifigkeit und präzisiertem Steckmuffensystem: in Decken einbetonierbar, im Fußbodenaufbau, in Zwischendecken, Schächten und Wandschlitzen.

#### Einfache Wartung & problemlose Reinigung

Kreisrundes Rohrprofil: Revisionsdeckel im Verteiler zur Wartung von Hauptrohrsträngen von einer zentralen Stelle aus.

#### Umfangreiches Zubehör

Komplette Grundausstattung: EWT-Ansaughauben, antimikrobielle Filterkegel, Verteiler, Luftauslässe, Volumenstromregler, flexible Anbindung etc.

#### Erweiterbar

Passgenaue Übergänge erleichtern es, POLO-KAL NG mit anderen Systemen zu erweitern.



### 20 Jahre Garantie

Garantieerklärung 11.10.2007

### Viele Referenzen

Viele moderne Bauwerke, vor allem in Niedrigenergie- und Passivhausbauweise, wurden mit POLO-KAL NG in der Anwendung „kontrollierte Wohnraumlüftung“ und „Erdwärmetauscher“ ausgestattet.

Ein Beispiel ist das Niedrigenergie-Einfamilienhaus Hager in Furth, welches 2011 vom Amt der Niederösterreichischen Landesregierung als vorbildlicher Bau ausgezeichnet wurde. Dieses Bauvorhaben wurde mit schalldämmendem Hausabfluss und kontrollierter Wohnraumlüftung von POLOPLAST ausgestattet.

Beim BV Hager wurde auf die Haustechnik sehr viel Wert gelegt: Wärmepumpe für Heizung und Warmwasserbereitung, Tiefensonden, Fußbodenheizung/-kühlung, kontrollierte Wohnraumlüftungsanlage, schalldämmender Hausabfluss, Regenwasserzisterne zur Gartenbewässerung.

Der niederösterreichische Holzbaupreis 2011 wurde an das „Haus W. Nordsiedlung“ in Waidhofen an der Thaya verliehen. Bei diesem Bauvorhaben wurde ein POLO-KAL NG EWT Erdwärmetauscher verlegt.

Kontrollierte Wohnraumlüftung POLO-KAL NG KWL kam beispielsweise auch in der Passivhaussiedlung in Krems / am Limberg zum Einsatz.



Niedrigenergie-Einfamilienhaus Hager



POLO-KAL NG KWL



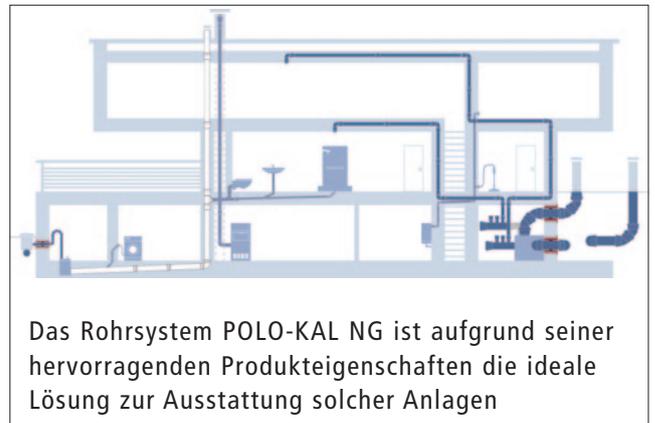
Haus W. Nordsiedlung



POLO-KAL NG EWT



Passivhaussiedlung Krems / am Limberg



Das Rohrsystem POLO-KAL NG ist aufgrund seiner hervorragenden Produkteigenschaften die ideale Lösung zur Ausstattung solcher Anlagen

POLO-KAL NG KWL + EWT

## Aktuelle Heiz- und Lüftungssysteme für energieeffiziente Wohngebäude



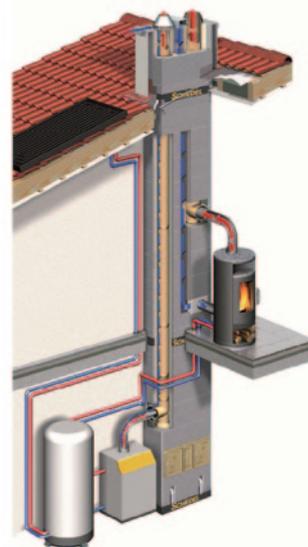
Gerade in modernen Wohngebäuden kommt der Heiz- und Lüftungstechnik eine immer größere Bedeutung zu. Dies wird insbesondere durch die immer weiter steigenden Energie- und Errichtungskosten sowie das langsame aber stetige Umdenken in Hinsicht Nachhaltigkeit und Einsatz erneuerbarer Energien verstärkt. Der daraus resultierende Druck auf erprobte Technologien und der immer weiter reduzierte Energiebedarf in Wohnbauten führt zu einer notwendigen Skalierung der Heizungssysteme auf sehr kleine Leistungen. Dies ermöglicht aber auch eine kritische Betrachtung herkömmlicher Lösungen und ein Umdenken, das vor allem den Bauherren zugutekommt. Denn die neuen Heizsysteme sind nicht nur kleiner und günstiger als konventionelle, sondern auch im Betrieb erheblich energiesparender.

Die konsequente Weiterverfolgung nachhaltigen Denkens führt aber auch vom Einsatz „alternativer“, also fossiler Energien in Richtung erneuerbarer bzw. Umweltenergien. Diese Kehrtwende von den Jahrzehnten fossiler Energieheizung in Richtung zukunftstauglicher Kombisysteme stellt allerdings viele Bauherren vor schwere Entscheidungen und vor die Auseinandersetzung mit „neuen“ Heizsystemen. Als wichtiger Anhaltspunkt für eine Entscheidung gelten die Gesamtlebenszykluskosten. Diese beinhalten neben den Anschaffungs- auch Energie-, Wartungs-, Instandhaltungs- und Wiederanschaffungskosten, sowie für manche aufgeklärte Interessierte auch „Nebenkosten“, die der Umwelt durch die Errichtung, den Betrieb und die Entsorgung der Anlage aufgebürdet werden. Diese auf den ersten Blick recht komplexe Betrachtung ist allerdings meist mit Hausverstand lösbar. Man sollte sich zu den Angebotskosten einer Neuanlage auch die Energiekosten und vom Hersteller ausgewiesene jährliche Wartungskosten und Erneuerungszyklen ansehen und dies einmal ohne Energiepreisstiegung durchrechnen. Die Ergebnisse führen meist dazu, dass effiziente und hochwertige Anlagen in Kombination mit einem kostengünstigen Energieträger einer in der Anschaffung günstigen Anlage weit überlegen sind.

Biomasseheizungen (Hackschnitzel, Holzscheite, Pellets), meist unterstützt von einer solarthermischen Anlage zur

Warmwasserbereitung und Raumheizungsunterstützung sind hier sehr gefragt. Heutige hochwertig gedämmte Gebäude erfordern sehr niedrige Heizleistungen, dies fast immer zum Einsatz von Puffer- und Solarspeichern bzw. Kombispeichern für Warmwasser und Heizung. Dabei sollten die Systeme sehr gut aufeinander abgestimmt sein und eine erprobte Steuerung eingesetzt werden, denn dann wird die Laufzeit der Heizungsanlagen deutlich reduziert und somit die Lebensdauer und die Effizienz deutlich gesteigert.

Neben der Abdeckung des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser mittels Haustechnik steigt aber auch die Anforderung an eine hygienisch einwandfreie und frische Luft



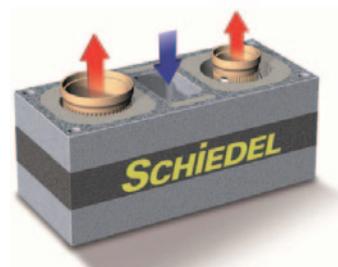
im Wohnraum immer weiter. Durch die schon seit einigen Jahren immer dichter werdende Gebäudehülle und die immer hochwertiger werdende Gebäudedämmung stellt die Fensterlüftung ein immer weniger taugliches Mittel zur hygienischen und energieeffizienten Frischluftversorgung dar. Einerseits gibt es immer weniger ungewollten Luftwechsel über Undichtheiten der Bauwerkshülle und andererseits sind immer mehr Menschen seltener und nicht unter Tags zu Hause. Andererseits stellt bei modernen Wohnmodernen der Wärmeverlust durch Fensterlüftung einen der „Hauptenergieverbraucher“ im Haus da, meist macht dieser schon 1/3 der gesamten Wärmeverluste aus. Dies muss

zwangsläufig zu einem Umdenken zur Änderung der Lüftungsstrategie führen. Wenn man stetig frische und gleichzeitig energieschonend eingebrachte Atemluft möchte, so kommt man nicht um eine Lüftungsanlage herum. Hochwertige kontrollierte Wohnraumlüftungen unterscheiden sich auch grundlegend von alten bzw. industriellen Lüftungssystemen. Dazu sind vor allem die Vorteile einer Filterung von Stäuben und Pollen anzuführen, aber auch die Reduktion von Schadstoffkonzentrationen im Wohnraum, die unweigerlich durch Einrichtungsgegenstände, Farben, neue Geräte etc. eingebracht werden. Weiters ist auch eine Steuerung des Feuchtehaushaltes im Winter möglich. Mit gut geplanten Anlagen werden auch Zugerscheinungen oder Schallbelastungen, wie dies bei Billiganlagen immer wieder vorkommt vermieden. Ein interessanter Faktor wird meist auch vernachlässigt, nämlich, dass zwar Fensterlüftung zusätzlich zu der Wohnraumlüftung möglich ist, aber eine Fensteröffnung nicht zwangsläufig notwendig. Dies kann gerade im städtischen, aber auch im Nahbereich zu Straßen und Eisenbahnlinien einen ruhigen und mit frischer Luft unterstützten Schlaf ermöglichen.



Energieeffizientes Heizen kann erst dann erfolgreich genutzt werden, wenn innovative Haustechnik und ökologische Bauweise als ganzheitliches Konzept aufeinander abgestimmt sind. Der Kamin gilt dabei als wesentliches Element. Mit einem innovativen Kaminsystem mit Thermoluftzug herrschen optimale Voraussetzungen zum raumluftunabhängigen Heizen und dieser sorgt für höchste Effizienz bei energiesparenden Geräten.

Viele Bauteile eines Hauses können mittlerweile dazu beitragen, die Heizkosten zu senken. Zunehmend bessere und effizientere Heizkessel sowie moderne Festbrennstofföfen werden entwickelt. Extreme Bedingungen wie sehr niedrige Abgastemperaturen und Feuchtigkeit sowie hohe Temperaturen erfordern modernste Kamintechnik. Technisch gesehen kann der Kamin zwar keine Energie verbrauchen und folglich auch nicht einsparen, richtig konstruiert gilt er jedoch als integraler Bestandteil energiesparender Gebäudetechnik.



Durch diese dichtere Bauweise können raumluftabhängige Feuerstätten nicht mehr ohne weiteres im Gebäude betrieben werden, da Verbrennungsluft über Undichtigkeiten der Gebäudehüllen nicht mehr ausreichend nachströmen kann.

Moderne Kaminsysteme mit Verbrennungsluftzuführung zum raumluftunabhängigen Heizen ermöglichen den Anschluss energiesparender Geräte mit höchster Effizienz zu nutzen.



Die dichte Bauweise erfordert den Einbau von mechanischen Lüftungsanlagen, um die Versorgung mit ausreichender Frischluft sicherzustellen. Eine ausreichende Frischluftversorgung dient der Behaglichkeit (Raumklima) und dem Schutz des Gebäudes (Vermeidung von Feuchteschäden).



Dr. Markus Bachschwöll  
Schiedel Kaminsysteme GmbH  
Friedrich-Schiedel-Straße 2-6  
4542 Nußbach  
fon: +43 50 6161-140  
mail: markus.bachschwuell@schiedel.com



Barbara Bauer  
IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie  
Alserbachstraße 5/8  
1090 Wien  
fon: +43 1 3192005-18  
mail: barbara.bauer@ibo.at



DI (FH) Michael Braun  
Energieinstitut Vorarlberg  
Stadtstraße 33/CCD  
6850 Dornbirn  
fon: +43 5572 31202-97  
mail: michael.braun@energieinstitut.at



DI (FH) Christina Fürhapper  
Holzforschung Austria  
Franz-Grill-Straße 7  
1030 Wien  
fon: +43 1 7982623-52  
mail: c.fuerhapper@holzforschung.at



Ing. Robert Gassner  
Gassner & Partner Baumanagement GmbH  
Obere Amtshausgasse 20-24  
1050 Wien  
fon: +43 1 7866111  
mail: office@gassner-partner.at



DI Andreas Greml  
Ingenieurbüro DI Andreas Greml  
Stuttgarterstr. 43  
6330 Kufstein  
fon: +43 676 9168786  
mail: andreas.greml@andreasgreml.at



Heinz Hackl  
VELUX Österreich GmbH  
Veluxstraße 1  
2120 Wolkersdorf im Weinviertel  
fon: +43 2245 3235-175  
mail: heinz.hackl@velux.com



DI Dr. Peter Holzer  
Donau-Universität Krems, Department für Bauen und Umwelt  
Dr. Karl Dorrek Straße 30  
3500 Krems an der Donau  
fon: +43 2732 893-2650  
mail: peter.holzer@donau-uni.ac.at



DI Roland Kapferer  
Energie Tirol  
Südtiroler Platz 4  
6020 Innsbruck  
fon: +43 512 589913-15  
mail: roland.kapferer@energie-tirol.at



Dr. Alexander Keul  
Universität Salzburg, Fachbereich Psychologie  
Hellbrunnerstrasse 34  
5020 Salzburg  
fon: +43 662 8044-5127  
mail: alexander.keul@sbg.ac.at



Ing. Heinz Koberger  
Planungsbüro Koberger  
Strattnerweg 29  
4873 Frankenburg  
fon: +43 7683 8825  
mail: planungsbuero@koberger.at



Univ.-Prof. Dr. Michael Kunze  
Medizinische Universität Wien, Institut für Sozialmedizin  
Rooseveltplatz 3/1  
1090 Wien  
fon: +43 1 40160-34881  
mail: michael.kunze@meduniwien.ac.at



Ing. Wolfgang Leitzinger  
leit-wolf Luftkomfort, Ingenieurbüro für Komfortlüftung  
Bahnstraße 9  
3424 Muckendorf/Donau  
fon: +43 2242 72807  
mail: wolfgang.leitzinger@leit-wolf.at



Ing. Konrad Mayr  
Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH  
Petzoldstraße 45  
4017 Linz  
fon: +43 732 7617-883  
mail: k.mayr@ibs-austria.at



Dr.-Ing. Rainer Pfluger  
Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften  
Technikerstr. 13  
6020 Innsbruck  
fon: +43 512 507-6564  
mail: Rainer.Pfluger@uibk.ac.at



DI (FH) Johannes Rammerstorfer  
e7 Energie Markt Analyse GmbH  
Theresianumgasse 7/1/8  
1040 Wien  
fon: +43 1 9078026-63  
mail: johannes.rammerstorfer@e-sieben.at



Ing. Christoph Steinhäusler  
Hoval Ges.m.b.H.  
Hovalstraße 11  
4614 Marchtrenk  
fon: +43 50 365-0  
mail: christoph.steinhaeusler@hoval.at



DI Peter Tappler  
IBO Innenraumanalytik OG  
Stutterheimstraße 16-18/2  
1150 Wien  
fon: +43 1 9838080-13  
mail: p.tappler@innenraumanalytik.at



DI Dr. Martin Teibinger  
Holzforschung Austria  
Franz-Grill-Straße 7  
1030 Wien  
fon: +43 1 7982623-63  
mail: m.teibinger@holzforschung.at



DI Felix Twrdik  
IBO Innenraumanalytik OG  
Stutterheimstraße 16-18/2  
1150 Wien  
fon: +43 1 9838080-14  
mail: f.twrdik@innenraumanalytik.at



Dr. Tobias Waltjen  
IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie  
Alserbachstraße 5/8  
1090 Wien  
fon: +43 1 3192005-21  
mail: tobias.waltjen@ibo.at



Ing. Reinhard Weiss  
Drexel und Weiss, energieeffiziente haustechniksysteme GmbH  
Achstraße 42  
6922 Wolfurt  
fon: +43 5574 47895-0  
mail: r.weiss@drexel-weiss.at

### **Anhang**

Bau! Massiv!  
Wiedner Hauptstraße 63  
1045 Wien  
fon: +43 590 900-3531  
mail: kontakt@baumassiv.at

bau.energie.umwelt cluster NÖ  
ecoplus. Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH  
Niederösterreichring 2, Haus A  
3100 St. Pölten  
fon: +43 2742 9000-19650  
mail: bauenergieumwelt@ecoplus.at

bico GmbH  
Aumühlweg 21/B211  
2544 Leobersdorf  
fon: +43 2256 62849  
mail: christoph.mahal@bico.at

Lufttechnik J. Pichler GmbH  
Karlweg 5  
9021 Klagenfurt  
fon: +43 463 32769  
mail: office@pichlerluft.at

Poloplast GmbH & Co KG  
Poloplast-Straße 1  
4060 Leonding  
fon: +43 732 3886-0  
mail: office@poloplast.com

Verband österreichischer Beton- und Fertigteilwerke (VÖB)  
Kinderspitalgasse 1/3  
1090 Wien  
fon: +43 1 4034800  
mail: office@voeb.co.at



**Lüft!** – Haustechniksysteme, Energieeffizienz, Innenraumluft, Behaglichkeit



# Bauen und Sanieren

Behaglich, gesund und energiebewusst

**klima:aktiv** Bauen und Sanieren steht für Energieeffizienz, ökologische Qualität, Komfort und Ausführungsqualität. Unabhängig von der Gebäudegröße oder der Nutzungsart ist ein Neubau oder eine Gebäudesanierung eine große Herausforderung für die BauherrInnen.

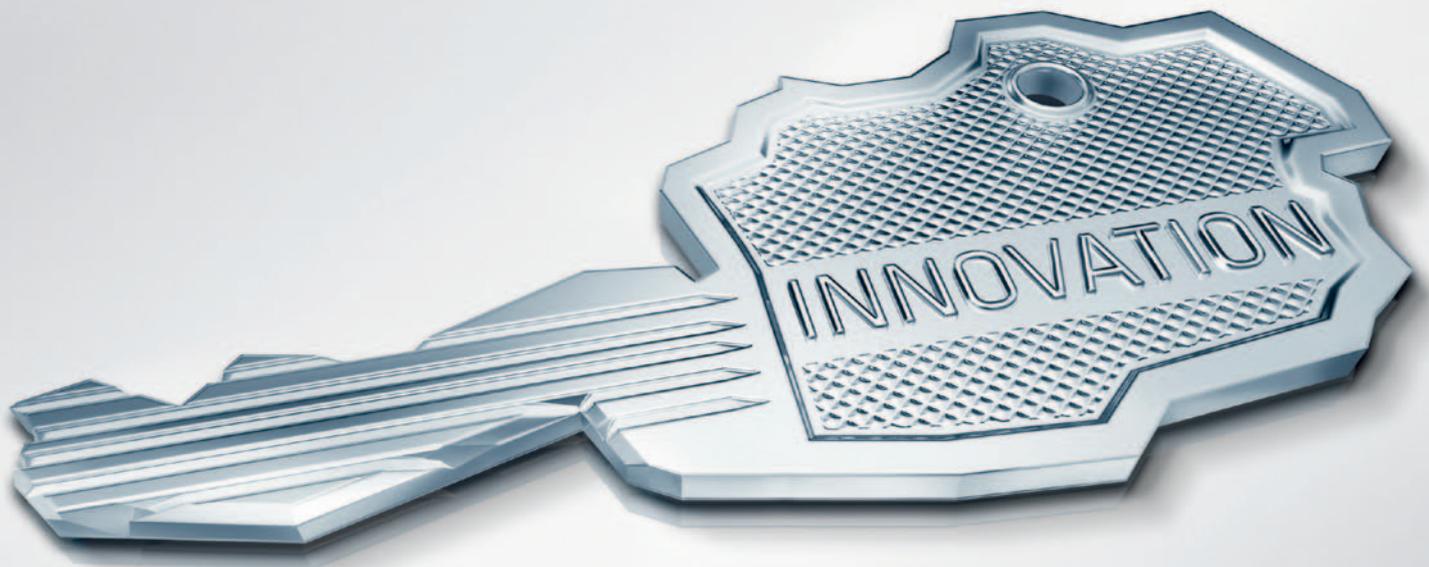
Welche Maßnahmen lohnen sich? Welcher Energieträger ist in welcher Situation sinnvoll? Welche Förderungen gibt es? **klima:aktiv** Bauen und Sanieren hilft Ihnen dabei die richtigen Entscheidungen zum richtigen Zeitpunkt zu treffen.

**klima:aktiv Bauen und Sanieren**  
 ÖGUT - Österreichische Gesellschaft  
 für Umwelt und Technik  
 DI<sup>n</sup> Inge Schrattecker  
 Hollandstraße 10/46, 1020 Wien  
 T 01 315 63 93 - 28  
 M klimaaktiv@oegut.at  
 W www.bauen-sanieren.klimaaktiv.at  
 www.maps.klimaaktiv.at



Ich bin klima:aktiv.

# ÖSTERREICHS SCHLÜSSEL ZUM ERFOLG



Weil wir wollen, dass Österreichs Unternehmen im internationalen Wettbewerb der Zukunft bestehen, fördern wir die Forschung und Technologieentwicklung in den Betrieben. Gerade in den kleinen und mittleren Unternehmen, die das Rückgrat unserer Wirtschaft bilden. Denn Forschungsausgaben von heute schaffen die Arbeitsplätze von morgen. | [www.bmvit.gv.at](http://www.bmvit.gv.at)



*Die Zukunft fährt elektrisch. Und umweltfreundlich.*



*Effiziente Produktionstechnologien sichern den Wirtschaftsstandort Österreich.*



*Das Haus der Zukunft erzeugt mehr Energie, als es verbraucht.*



*Neue Informations- und Kommunikationstechnologien als Garant für Wettbewerbsfähigkeit.*

**bm** **v** **it**

Bundesministerium für  
Verkehr,  
Innovation und Technologie