



Das Forschungsprojekt „Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotentiale und der Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf“ wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gefördert und fand in Zusammenarbeit mit n-ergie, LGA Bayern, und der EnergieAgentur Mittelfranken statt. Der Bericht gibt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse hinsichtlich möglicher Belastungen mit Schadstoffen und Mikroorganismen in vier Passivhäusern.

Einführung

Vier zeit- und baugleich in massiver Bauweise errichtete Passivhäuser wurden wissenschaftlich über einen Zeitraum von zwei Jahren begleitet. Untersucht wurde dabei das energetische Einsparpotential und die Qualität des Raumklimas. Die vier Häuser wurden in Kalksandstein mit Polystyrol-Dämmung bzw. Zellulosedämmung erstellt. Die Baustoffauswahl erfolgte nach ökologischen Gesichtspunkten und zum Teil nach vorherigen Labortests.

Der Bericht fasst die Ergebnisse der Messungen im Bereich der Raumluft-Qualitätssicherung bei den vier Passivhäusern hinsichtlich möglicher Belastung mit Schadstoffen und Mikroorganismen zusammen. Dargestellt werden neben den Ergebnissen der Raumluftanalytik die Aspekte der Luftfeuchte und des Raumklimas. Die Darstellung wird vor dem Hin-

tergrund der Besonderheiten einer Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung gegeben. Die Funktionsweise der Anlage wurde mit einigen zusätzlichen Untersuchungen überprüft. Dies beinhaltet den standardmäßigen Abgleich von Zu- und Abluft, die Feststellung der zugeführten Luftmengen und der Luftwechselraten in den einzelnen Räumen und nicht zuletzt die tatsächliche Form des Luftaustausches innerhalb der Räume. Die stationären Aufzeichnungen wurden durch Langzeitmessungen ergänzt.

VOC

Flüchtige Organische Verbindungen (VOC) wurden in Form von Lösemitteln, Lösevermittlern, Reinigungsmitteln oder Monomeren insbesondere während der Bauphase in die Gebäude eingebracht. Während der Nutzungsphase sind es VOC aus Einrichtungsgegenständen, Reini-

gungsmitteln oder Kosmetika, welche von den Bewohnern in Innenräume eingebracht werden.

Die Untersuchungen wurden mit Tenax als Probenahmeträger und Thermodesorption (GC-MS) durchgeführt. Bei der Bewertung der Gesamt-VOC-Belastung (TVOC) muss unterschieden werden zwischen unterschiedlichen VOC-Definitionen. Die in der VDI-Richtlinie 4300 Blatt 6 gegebene Definition des TVOC bezieht sich auf die chromatographische Analytik. Gemäß dieser Definition werden alle Substanzen unter die VOC gezählt, die in einem analytischen Fenster zwischen Hexan und Hexadekan liegen. Von den in der Analytik erfassten Substanzen liegen lediglich Aceton und Pentan nicht in diesem Definitionsbereich. Im Bundesgesundheitsblatt (B. Seifert, Richtwerte für die Innenraumluft, 3/99) wird ein Zielwert für die Innenraumluft definiert. Dieser beschreibt die Größenordnung, die im langzeitigen Mittel unterschritten werden sollten. Er wird mit einer Spanne von 200 – 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ festgelegt.



Südostansicht der Musterhäuser



Die VOC-Summe ohne Pentan, wie sie üblicherweise betrachtet wird, liegt bei den durchgeführten Untersuchungen auch während der Neubauphase eher im unteren zu erwartenden Bereich: die Auswahl der Baustoffe macht sich in der Minimierung des Ausgasungspotentiales messtechnisch bemerkbar. Das Erreichen der Zielwerte bereits ein halbes Jahr nach Einzug im Juni/Juli 2000 lässt im Vergleich zu Erfahrung aus konventionellen Gebäuden, bei denen das Absinken deutlich langsamer geschieht, auf einen positiven Einfluss der Lüftungsanlage schließen.

Will man alle flüchtigen Kohlenwasserstoffe betrachten, muss man auch Pentan berücksichtigen. Pentan ist ein leicht flüchtiger Kohlenwasserstoff mit einem Siedepunkt von 36°C, der als Treibgas für Polystyrol-Dämschaum eingesetzt wird. Während der Bauzeit wurden z.T. extreme Raumluftkonzentrationen bis 100.000 µg/m³ gemessen. Diese sind auf die Emissionen aus der Polystyrol-Wärmedämmung zurückzuführen. Zu Beginn der Nutzungsphase zeigte sich Pentan jedoch zumindest für Gebäude mit Lüftungsan-

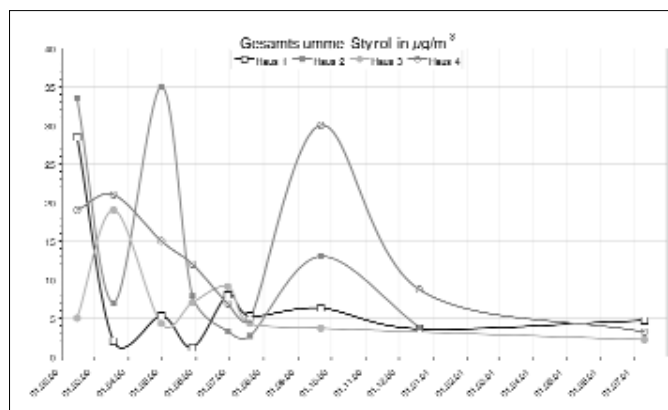
gen als deutlich unproblematischer; es wurden im Durchschnitt Werte von unter 200 µg/m³ erreicht. Dennoch leistet Pentan einen deutlichen Beitrag zur Gesamtbelastung der Raumluft mit flüchtigen organischen Verbindungen. Von Seiten der Hersteller sollte versucht werden, das Ausgasungspotential zu vermindern, zumal es keine toxikologische Daten über die Wirkungen von Pentan im Niedrigdosisbereich gibt. Zudem sollte der ökotoxikologische Aspekt nicht vernachlässigt werden.

Durch den Einsatz der Lüftungsanlage konnten die Schadstoff-Konzentrationen innerhalb weniger Monate (abhängig vom Einzug der Bewohner) auf ein raumlufthygienisch vertretbares Maß reduziert werden. Ohne Lüftungsanlage wäre die Abklingkurve nicht so günstig ausgefallen. Es gilt festzuhalten, dass trotz des hohen Aufwands, der bei diesem Bauvorhaben zur Schadstoffminimierung betrieben wurde, immer noch relevante Men-

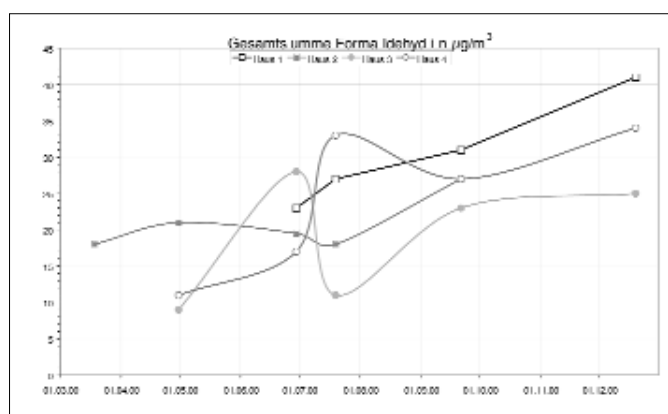
gen an Schadstoffen auftreten. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei Standardgebäuden ohne Lüftungsanlage in vielen Fällen mit höheren Schadstoffgehalten gerechnet werden muss als allgemein angenommen wird.

Fazit: Die Schadstoffkonzentrationen in Passivhäusern mit einer zentralen Lüftungsanlage (Luftwechsel von 0,5 bis 0,7 in den Aufenthaltsräumen) sind deutlich niedriger als die Schadstoffkonzentrationen in Häusern, welche mit vergleichbaren Baustoffen, aber ohne Lüftungsanlage errichtet wurden. Mögliche Fehler bei der Baustoffauswahl gehen so nicht zwangsläufig zu Lasten der gesundheitlichen Vorsorge der Bewohner.

Die gemessene Styrolkonzentration in der Anfangsphase kann nicht als optimal bewertet werden. Sie ist wie Pentan auf den Einsatz von Polystyrol als Dämmstoff zurückzuführen. Mit Beginn der Nutzungsphase sinkt die Belastung. Die festgestellte Styrolkonzentration liegt ein Jahr nach Einzug mit Werten zwischen 3 und 5 µg/m³ über dem im Mittelwert in bundesdeutschen Wohnungen. Im Vergleich zum Richtwert I der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraum-Lufthygienekommission des UBA liegt die Konzentration bei einem Sechstel bis einem Zehntel. Auch hier ist davon auszugehen, dass über die Lüftungsanlage eine deutliche Verbesserung der Situation herbeigeführt wird.



Der Gehalt an Formaldehyd in der Raumluft der Passivhäuser liegt in der Höhe der üblicherweise in unbelasteten Gebäuden durch Nutzungseinflüsse gefundenen Konzentrationen. Der untere Richtwert der WHO von 60 µg/m³ bis zu dem kein oder nur geringer Anlass zur Besorgnis besteht, wurde bei allen Messwerten deutlich unterschritten. Darüber hinaus ist wider Erwarten kein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen aus dem Dachgeschoß, in dem formaldehydhaltige Holzwerkstoffplatten (OSB) eingebaut wurden, erkennbar. Als einzige Erklärung bietet sich hierfür der positive Einfluss der Lüftungsanlage auf den Luftwechsel an.



Schimmelpilze

Die Frage lautete: „Unterscheiden sich die Raumluftkonzentrationen luftgetragener Keime in Passivhäusern mit zentraler Lüftungsanlage und Erdwärmetauscher von den Konzentrationen in konventionellen Häusern, welche über Fenster gelüftet werden?“ Daher wurden zusätzlich Proben in einem Holzhaus, (errichtet nach Kriterien des Arbeitskreises ökologischer Holzbau e.V. AKÖH) mit dezentraler Lüftung (also ohne Lüftungskanäle, Filter und Erdwärmetauscher) durchgeführt.

Da eventuelle Besonderheiten der Lüftungsanlage zu prüfen waren, wurde erst nach Einzug der Bewohner mit den Probenahmen begonnen. Vor dem Einzug wären, bedingt durch den Baustellenstaub, keine repräsentativen Werte zu erwarten gewesen. Die Probenahmen erfolgten im Innenraum bei laufender Lüftung, da dies ja den Normalzustand für die untersuchten Passivhäuser darstellt. Die Bestimmung der Sporenkonzentration durch Schimmelpilze in der Raumluft erfolgte nach den Richtlinien des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen VDB e.V. (VDB-Richtlinie Teil II C 1, August 1999).

Das verbreitete Vorurteil, Lüftungsanlagen würden möglicherweise mikrobielle Belastungen der Raumluft verstärken oder gar hervorrufen, konnte in den untersuchten Häusern nicht bestätigt

werden. Die gemessenen Keimzahlen von Schimmelpilzen im untersuchten Vergleichshaus ohne zentrale Lüftungsanlage lagen tendenziell über denen der geprüften Passivhäusern. Dies ist mit dem bei der zentralen Lüftungsanlage eingesetzten Partikelfilter, welcher einen Teil der Pilzsporen aus der Außenluft zurückhält, erklärbar.

Fazit: Passivhäuser schneiden hinsichtlich der Keimzahlen eher besser ab als konventionelle Häuser. Im Erdreichwärmetauscher konnten keine mikrobiellen Auffälligkeiten festgestellt werden. Allerdings werden die untersuchten Lüftungsanlagen praktisch nicht abgestellt. Ob bei Lüftungsanlagen, welche nur zeitweise betrieben werden, ähnlich gute Werte erzielt werden, ist noch zu prüfen.

Radon

Radongas (Radon-222) ist ein Zerfallsprodukt des Radium-226 und gelangt durch Diffusion aus dem Erdboden und/oder durch Emissionen von Baumaterialien in die Luft. Das Edelgas sammelt sich unter dem Haus und kann durch verschiedene Schwachstellen eindringen: Risse in Mauerwerk und Bodenplatte, Kabelkanäle und Rohrführungen, Lüftungs- und Lichtschächte.

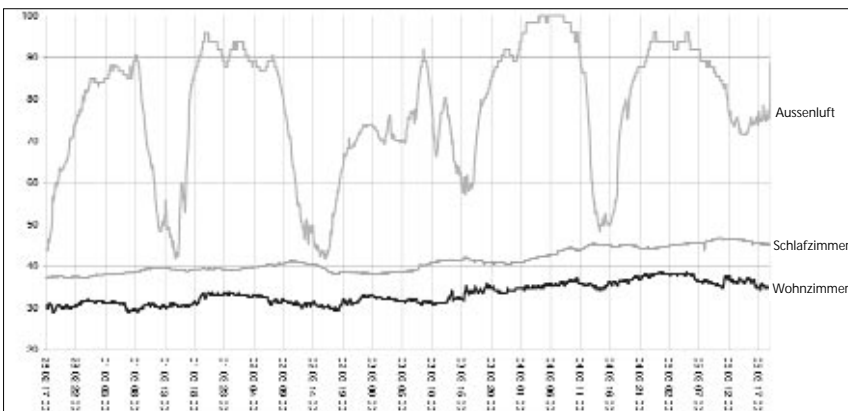
Das radioaktive Radon ist als gesundheitlich besonders bedenklich einzustufen, weil es als unsichtbares, geruch- und geschmackloses Gas direkt in die Lunge gelangt und von dort die Lunge bestrahlt, sich in den Körperflüssigkeiten löst und sich so im ganzen Organismus verteilt. Die anfallenden radioaktiven Folgepro-

dukte können so unmittelbar im Körper entstehen. Durch die einwirkende Strahlung ist das Gesundheitsrisiko, insbesondere für Lungenkrebs, durch Radonbelastung stark erhöht. Nach statistischen Schätzungen kommt es allein in der ehemaligen BRD jährlich zu 2000 – 6000 zusätzlichen Lungenkrebstoten durch Radon. Die Frischluftzuführung der Lüftungsanlage der untersuchten Passivhäuser wird über einen Erdwärmetauscher geführt. Die Lüftungsanlage ist in diesem Fall die „einzige“ Frischluftversorgung. Es ist deshalb wichtig zu überprüfen, ob das Radongas aus dem Erdreich in die Kanäle, welche aus Kunststoffen bestehen, eindringen kann und somit möglicherweise die Innenraumluft belastet.

Vorgehensweise

Mit zwei Langzeitaufzeichnungsgeräten für Radon (DOSEman Fa. Sarad, Dresden) wurde die Radon-Aktivitätskonzentration (Raumluft) in Bq/m³ simultan im Bereich der Frischluftzuführung und im Lageraum gemessen. Der Lagerraum befindet sich im Souterrain, wird normal über Fenster gelüftet und verfügt über keine Verbindung zur Lüftungsanlage.

Zum Vergleich wurden – zwar nicht simultan, aber doch zeitnah – in einem konventionellen Einfamilienhaus mit Fensterlüftung und in einem denkmalgeschütztem Sandsteingebäude jeweils auf unterschiedlichen Etagen Messungen der Radonkonzentration durchgeführt. Der Verdacht, dass Radon durch die im Erdreich verlegte Luftzuführung (Erdwärmetauscher) der Lüftungsanlage vermehrt in den Innenraum gelangen könnte, hat sich nicht bestätigt. Jedoch sollte auch



Die Grafik zeigt die Raumluftfeuchte von Außenluft, Schlafzimmer und Wohnzimmer. Die für einen Wohnraum typischen Tag- und Nachtspitzen im Feuchte-Profil sind bei der mechanischen kontrollierten Lüftung mit Wärmerückgewinnung nicht mehr vorhanden. Der Effekt erklärt sich mit dem stetigen Luftaustausch, wie er mit der Fensterlüftung in der Praxis nicht erzielt werden kann. Deutlich zu erkennen ist zusätzlich, dass die Schwankungen der Außenfeuchte keinen nennenswerten Einfluss mehr auf das Innenraumklima haben.



bedacht werden, dass es sich hierbei um punktuelle Ergebnisse handelt, welche nicht pauschal auf alle Lüftungsanlagen übertragen werden können. Fehler bei der Bauausführung können schnell zu gegenteiligen Effekten führen.

Fazit: Die Radonkonzentrationen in Passivhäusern sind durch den effektiveren Luftaustausch sogar eher niedriger als in konventionell belüfteten Wohnräumen. Allerdings sollte dieser Faktor bei Lüftungsanlagen mit Erdwärmetauscher oder bodennaher Ansaugung der Frischluft regelmäßig überprüft werden.

Luftionen

In baubiologischen Kreisen werden zentrale Lüftungsanlagen immer wieder kritisch betrachtet, weil befürchtet wird, dass sich die natürliche Luftionenkonzentration durch mechanisch aufbereitete Frischluftzuführung möglicherweise negativ verändert. Ziel war es daher zu prüfen, ob es Hinweise gibt, die diese Bedenken stützen könnten. Als Ionen werden elektrisch geladene Atome oder Moleküle bezeichnet. Sie entstehen aus ursprünglich elektrisch neutralen Teilchen durch Ionisation. Je nach der überwiegenden Polarität von Elementarladungen lassen

sich negative Ionen, die einen Überschuss an Elektronen aufweisen, und positive Ionen, bei denen weniger Elektronen als Protonen vorhanden sind, unterscheiden.

Mit einem Langzeitaufzeichnungsgerät für Luftionen (IM 5005), welches uns freundlicherweise von der Firma Holbach Umweltanalytik zur Verfügung gestellt wurde, konnte die Luftionenkonzentration als negative / positive Ionenladung pro cm^3 im Bereich der Frischluftzuführung erfasst werden. Die eingesetzte Messtechnik erlaubte es, mit einem Gerät abwechselnd, von der Software gesteuert, die positive und negative Ionenladung des jeweils beprobten Luftstromes zu messen.

Ergebnis

Die Luftionenkonzentration, positive wie negative, betragen im Innenraum zwischen 200 und 300 Ionenladungsäquivalente/ cm^3 . Die Ladungsmenge ist zwischen den positiven und negativen Ionen ausgewogen, es gibt also keine Verzerrungen. Für Ionen in der Außenluft in einer Höhe von mehr als 300 m über Meeresspiegel, wie im aufgeführten Beispiel, sind bei normaler Witterung und ohne erhöhte Luftverschmutzung zwischen 200 und 300 Ionen/ cm^3 zu erwarten.

ten. Die Vergleichsmessung der Außenluft ergibt Werte von im Schnitt 200 Ladungsäquivalente/ cm^3 .

Die exemplarischen Messungen der Luftionisation in zwei Passivhäusern ergaben, dass sowohl die quantitative als auch die qualitative Ionen-Zusammensetzung der Raumluft dort den Werten für konventionelle Häuser entspricht.

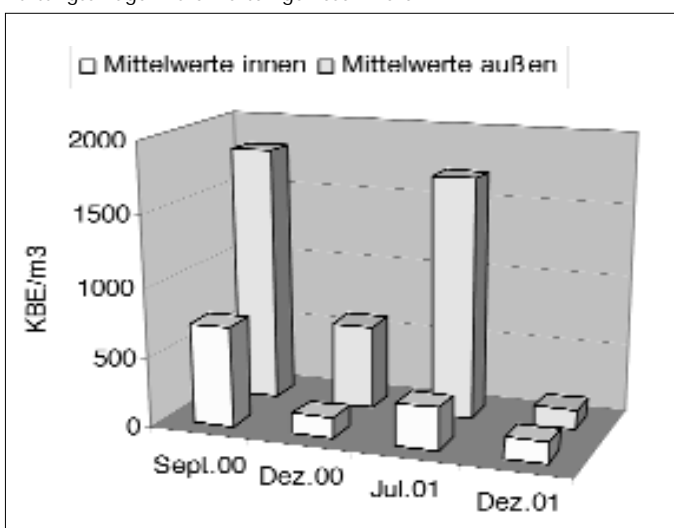
Fazit: Die untersuchten Lüftungsanlagen beeinträchtigen die Qualität der angesaugten Luft in keiner Weise. Auch nach baubiologischen Kriterien unterscheidet sich hier die technisch aufbereitete Frischluft nicht von der unveränderten natürlichen Außenluft.

Burkhard Schulze Darup (Hrsg)

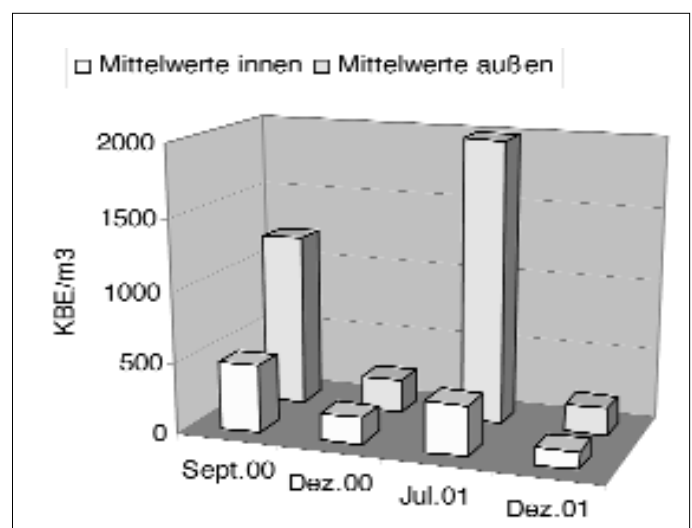
Passivhaus-Projektbericht: Energie & Raumluftqualität

Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotentiale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg ISBN 3-9808428-01-9, CD-ROM 800 Seiten im pdf-Format, Fürth 2002, 39,90 Euro email: anbus@t-online.de, web: www.anbus.de

Der Vergleich der Durchschnittswerte der Keimkonzentrationen in den Häusern 1 bis 4 mit den Außenkonzentrationen an den jeweiligen Messterminen zeigt die Abhängigkeit der Innenluftkonzentrationen von der Außenluft. Es finden sich keine tendenziell erhöhten Durchschnittswerte gegenüber der Außenluft, wie sie bei einem negativen Einfluss durch die Lüftungsanlagen zu erwarten gewesen wären.



MA: Malzextrakt-Agar zum Nachweis und Keimzahlbestimmung von Hefen und Pilzen, Malzextrakt 30 g, Sojamehlpepton 3 g, Agar 20 g, pH 5,6



DG 18: Dichloran-Glycein-Agar mit Chloramphenicol zum Nachweis von xerophilen Schimmelpilzen, Pepton 5 g, Glukose 10 g, KH_2PO_4 1 g, MgSO_4 0,5 g, Dichloran 0,002 g, Cloramphen. 0,1 g, Glycerin 200 ml, Agar 16 g, pH 5,6