

Der N_{10} -Wert zur Erfassung von Luftströmungen in Gebäuden und Geruchsquellen

– Erfahrungen, Vorgangsweise, Ausblick –

**Bernhard Damberger, Peter Tappler, Marie Jansson,
Felix Twrdik**

Einleitung

Der n_{50} -Wert hat sich als hilfreiches Mittel zur Überprüfung der Qualität von Gebäudehüllen mittels Blower-Door Apparatur und zur Abschätzung einer repräsentativen Radonkonzentration in Innenräumen (Ringer 2002) bewährt. Das Verfahren ist in Hinblick auf die Ermittlung von Undichtigkeiten von Gebäuden nach EN 13829 (2000) genormt.

Mithilfe der Blower-Door Apparatur können bei Vorgabe eines Unterdrucks von 10 Pascal weitere Aufgaben in der Gebäudediagnostik elegant gelöst werden. Beispiele dafür sind die Erfassung des Ausmaßes von Luftströmungen in Gebäuden und die Lokalisation von Geruchsquellen im Inneren von Gebäuden.

Der N_{10} -Wert bei Luftströmungen in Gebäuden

Was sind Luftströmungen in Gebäuden?

Der unkontrollierte und in der Regel unerwünschte Übertritt von Luft aus einem Raum bzw. Stockwerk eines Gebäudes zu einem davon abgetrennten Gebäudebereich gibt häufig Anlass zu Beschwerden von Raumnutzern über Gerüche bzw. damit einhergehende Gesundheitsbeeinträchtigungen. Obwohl das Problem des interzonalen Stofftransfers bekannt ist (Kvisgaard und Schmidt 1991; Tappler und Damberger 1998), fehlen systematische Daten zu diesem weitverbreiteten Phänomen. Es ist nur unzulänglich bekannt, in welchem Ausmaß dieses Phänomen auftritt, ob bestimmte Bauweisen besonders betroffen sind und in welchem Umfang eine Belastung der Innenraumluft besteht.

Ursachen und Auswirkungen von Luftströmungen in Gebäuden

Für Luftströmungen in Gebäuden kann es verschiedene Ursachen geben:

- Undichte Gebäudehülle (Fenster, Steckdosen, unverputzte Ziegelwände, Kamine, Schächte): Außenluft dringt in den Innenraumbereich über Leckagen ein. Oft ist nur eine unzureichende Winddichtheit gegeben, diese Fehler wirken sich bei Wind besonders deutlich aus.
- Undichtheiten zwischen verschiedenen Wohnungen, Schächten und Wohnungen bzw. Tiefgaragen und Wohnungen. In diesen Fällen kann alleine die Thermik (Kamineffekt) im Hause zu Luftströmungen führen. Diese Luftströmungen können durch mechanische Geräte wie Ventilatoren (WC, Bad) und Lüftungsanlagen verstärkt werden.

- In Gebäuden mit raumluftechnischen Anlagen kann es bei mangelhafter Abdichtung von Lüftungskanälen zur unerwünschten Vermischung verschiedener Luftqualitäten kommen (z.B. Kontamination der Zuluft mit Fortluft).

Luftströmungen werden aufgrund der vorhandenen Druckunterschiede in natürlich belüfteten Gebäuden meist zwischen unterschiedlichen Stockwerken beobachtet und treten vor allem in älteren Häusern mit Tramdecken oder beschädigter Deckenkonstruktion (Löcher im Verputz, z.B. durch unsachgemäß eingebaute abgehängte Decken) auf. Unkontrollierte Luftströmungen werden auch in Gebäuden, die in Betonplattenbauweise errichtet wurden, sowie beim Vorhandensein raumluftechnischer Anlagen beobachtet.

Das Phänomen von plötzlich in Wohnungen auftretenden schwarzen Staubbiederschlägen (magic dust) wurde ebenfalls in Einzelfällen auf Luftströmungen in Gebäuden – meist zwischen Garage oder Heizraum und betroffenem Innenraum – zurückgeführt (Tappler et al. 1998).

Luftströmungen in Gebäuden können zu einem gesundheitlichen Risiko bzw. zu einer Belästigung der Raumnutzer durch Schadstoffe führen. Durch Substanzen mit besonderem Schädigungspotenzial (z.B. krebserzeugendes Benzol als Bestandteil von Vergaserbenzin) können gravierende raumlufthygienische Probleme entstehen. Dokumentierte Beispiele dafür sind der Übertritt von Lösungsmitteln aus Gewerbebetrieben wie z.B. Lackierereien und chemischen Reinigungen in darüber liegende Wohnungen oder der Übertritt von Tabakrauch aus Gastgewerbebetrieben oder Raucherhaushalten in Nichtraucherwohnungen. Unkontrolliert auftretende Gerüche werden in den meisten Fällen als Belästigung empfunden und sind als maßgebliche Beeinträchtigung der Wohnqualität anzusehen. Starke Gerüche führen mitunter zu einer völligen Unbenutzbarkeit von Büros oder Wohnungen.

Luftströmungen in Gebäuden stellen neben der Belästigung bzw. der Gefährdung der Gesundheit ein nicht zu unterschätzendes Brandschutzproblem dar, da im Brandfall in relativ kurzer Zeit Rauchgase von einem Brandabschnitt in den anderen gelangen können. Die hohen Sanierungskosten nach Wohnungsbränden werden häufig durch die Rauchgase und nicht durch das direkte Feuer verursacht. Gebäude, deren Undichtigkeit ein bestimmtes (derzeit noch nicht genau festgelegtes Maß) überschreiten, erfüllen nicht mehr die Vorgaben der Bauordnung hinsichtlich Brandschutz.

Von den Raumnutzern werden vor allem folgende Beschwerden geäußert:

- Geruchsbeschwerden, akute gesundheitliche Beeinträchtigungen wie Schleimhaut- und Bindehautreizungen, Kopfschmerzen (SBS-ähnliche Symptome)
- Schwarzstaub (magic dust)
- Zugerscheinungen, z.B. aus Steckdosen oder Sesselleisten
- kalte Wohnungen trotz hoher Heizkosten

Druckdifferenzen bei Luftströmungen in Gebäuden

Vor allem in neu errichteten Wohnungen strömt bei Vorliegen eines Unterdrucks (erzeugt z.B. durch einen Ventilator in Bad bzw. WC oder einen Dunstabzug) oftmals Luft nicht mehr über die Fensterfugen nach, sondern es bilden sich interzonale Luftströmungen aus, die durch Undichtigkeiten zu anderen Wohnungen, über Schächte bzw. Rohrdurchführungen zwischen Decken und Wänden verursacht werden. Zu Belästigungen kann es dann kommen, wenn die in die Wohnung unkontrolliert nachströmende Zuluft aus geruch- oder schadstoffbelasteten Bereichen des Gebäudes stammt.

Messungen in einer Wohnhausanlage ergaben, dass durch die relativ kleinen Ventilatoren in Bad und WC bzw. durch den Küchendunstabzug beträchtliche Druckdifferenzen aufgebaut werden können.

Tab. 1: Messung des Unterdrucks in einer Wohnung gegenüber der Außenluft:

	Einheit	Unterdruck gegenüber der Umgebung
Ventilatoren in Bad und WC in Grundlast (kann nicht abgeschaltet werden)	[Pa]	4
zusätzlich Ventilator Bad in Volllast	[Pa]	6
zusätzlich Dunstabzug Stufe 1	[Pa]	9
zusätzlich Dunstabzug Stufe 2	[Pa]	11
zusätzlich Dunstabzug Stufe 3	[Pa]	12

Methodik zur Bestimmung von Luftströmungen

Zur Untersuchung des interzonalen Massentransfers wird in der Regel eine Tracergas-technik eingesetzt. Als Tracergas wird das in der Umwelt praktisch nicht vorkommende Gas Schwefelhexafluorid (SF₆) eingesetzt, das sich auch in Fragestellungen wie der Bestimmung des Luftwechsels bewährt hat (Tappler et al. 1997). Die Detektion erfolgt mittels fotoakustischer Infrarotspektroskopie. Tracergastechniken wurden in zahlreichen Fällen dazu verwendet, Luftströmungen in Gebäuden aufzufinden und zu quantifizieren (Haghighat et al. 1990; Breum 1992; Raatschen 1995).

Die Emissionsrate an Tracergas im Quellbereich hat je nach Größe des Raumes einen Wert von etwa 20 - 100 ml/min. Die Konzentration an Tracergas wird sowohl im Quell- als auch im Zielbereich gemessen, nach Einstellung eines Ausgleichszustandes werden die Konzentrationen verglichen, was eine Abschätzung des Ausmaßes des interzonalen Massentransfers ergibt.

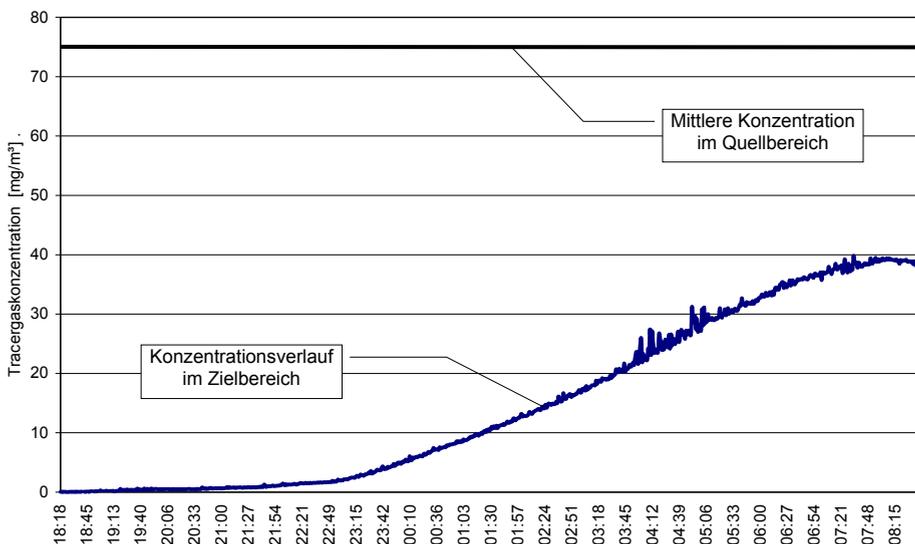


Abb. 1: Verlauf der Tracergaskonzentration bei einer Messung aufgrund von Geruchsbeschwerden. Es konnte gezeigt werden, dass nach etwa 12 Stunden über 50% der Luft in der betroffenen Wohnung (Zielbereich) von der darunter liegenden Wohnung (Zielbereich) stammte.

Der n_{10} -Wert bei der Bestimmung von Luftströmungen

Werden Luftströmungen in einem Gebäude durch die Thermik im Gebäude verursacht, ist zu erwarten, dass die Messergebnisse stark von außenklimatischen Verhältnissen abhängen. Beim Vorliegen von Temperaturdifferenzen (Kamineffekt im Gebäude) und/oder hohen Windstärken im Außenbereich ist ein stärkerer interzonaler Massentransfer zu erwarten. Diese Tatsache kann zu groben Fehlern bei der Interpretation von punktuell ermittelten Messwerten führen. Bei nicht standardisierten Bedingungen ist kein sinnvoller Vergleich von Messergebnissen vor und nach einer Sanierung möglich.

Es ist daher hilfreich, die Messungen möglichst unter standardisierten Bedingungen durchzuführen, um von zufälligen außenklimatischen Gegebenheiten, die sich auf die Druckverhältnisse auswirken können, unabhängig zu sein.

Bei der Untersuchung von Luftströmungen in Gebäuden mittels Tracergas kann im interessierenden Zielbereich ein Unterdruck von 10 Pa an den Raum/ den Gebäudeteil angelegt werden. Eine Druckdifferenz von 10 Pa liegt in der Größenordnung, wie sie auch auf natürlichem Weg durch mittlere Windstärken verursacht werden kann. Der Vergleich der Konzentrationen an Tracergas nach Einstellung des Ausgleichszustandes gibt nun einen standardisierten Wert. Dieser Wert kann bei einer Nachmessung nach erfolgter Sanierung mit einem Messwert, der unter den gleichen Bedingungen ermittelt wurde, verglichen werden.

Der n_{10} -Wert bei der Ermittlung einer Geruchsquelle

Bei Klagen über Geruchsbelästigungen in Innenräumen, bei denen der Geruchsemittent unbekannt ist, ist häufig die Situation gegeben, dass der Geruch nur intermittierend, unter Umständen nur unter bestimmten klimatischen Verhältnissen, auftritt. Oft ist bei Eintreffen des Messtechnikers gerade kein Geruch wahrnehmbar, was meist zum ergebnislosen Abbruch der Untersuchung führt.

Auch in diesem Bereich der Gebäuediagnostik hat sich in der Praxis die Einstellung von 10 Pa Unterdruck bei jenen Fällen bewährt, bei denen die Geruchsquelle in Hohlräumen des Fußbodenaufbaus bzw. der Wandkonstruktion oder auch in anderen Zonen des Gebäudes vermutet wird. Die Einstellung des Unterdrucks erzeugt eine Worstcase-Situation, bei der Luft aus Bereichen gesaugt wird, aus denen sonst nur unter bestimmten Umständen Luft in die Raumluft übertreten würde. Durch das Anlegen des Unterdrucks können sich in manchen Fällen Geruchsquellen zeigen, die im Anschluss organoleptisch oder messtechnisch weiter untersucht werden können.

In der Regel können nach dem Anlegen des Unterdrucks die folgenden zwei Situationen unterschieden werden:

1. Die Geruchsqualität und Intensivität bleibt nahezu gleich und nimmt aufgrund des erhöhten Luftwechsels sogar etwas ab. In dieser Situation ist davon auszugehen, dass sich die Geruchsquelle im Raum befindet und nicht in anderen Bereichen des Gebäudes. Solche Quellen können zum Beispiel Kleber, Wandfarben, Teppiche, Fußböden oder Oberflächenbeschichtungen sein. Unter Umständen ist es sinnvoll, Materialproben für die organoleptische Begutachtung ins Labor mitzunehmen. Dies

ist in manchen Fällen notwendig, da erst in geruchsneutraler Umgebung eine detaillierte Aussage machbar ist.

2. Die Geruchsqualität und Intensivität nimmt zu oder tritt erst nach dem Aufbau des Unterdrucks auf. Oft kann organoleptisch der Eintrittsweg in den Raum bestimmt werden und je nach Art der Geruchstoffe auch analytisch bestimmt werden. Die Eintrittsweg sich häufig Steckdosen (über E-Verrohrung), Schächte, Boden-dehnungsfugen, Durchdringungen von Rohrleitungen aber auch Abwasserleitungen. Aufgrund dieser räumlichen Zuordnung wird eine Problemlösung ermöglicht.

Ausblick

Das Anlegen eines Unterdrucks von 10 Pa (n_{10} -Wert) erweist sich als hilfreiches und aussagekräftiges Instrument, um eine Standardisierung der Ergebnisse von Luftströmungsmessungen in Gebäuden zu erreichen. Die Methode ist leicht anzuwenden und liefert quantitative, vergleichbare Aussagen. Systematische Vergleichsuntersuchungen zwischen Messungen ohne Kontrolle des Unterdrucks und Messungen mit 10 Pa Unterdruck existieren derzeit noch nicht, Einzelmessungen zeigen jedoch vielversprechende Ergebnisse, die eine Weiterentwicklung und genauere Festlegung der Methodik sinnvoll erscheinen lassen.

Weiters kann durch Anlegen eines Unterdrucks die Quelle bestimmter Gerüche in Innenräumen aufgefunden und damit intermittierend auftretende Geruchsprobleme einer Lösung zugeführt werden.

Ein Bereich, der ebenfalls einer Standardisierung zugeführt werden sollte, ist die Ermittlung des Luftwechsels, der häufig zur Abschätzung der zuströmenden Frischluftvolumina herangezogen wird (Amt der OÖ-Landesregierung 2003). Auch in Normen und anderen Publikationen wird auf die Luftwechselzahl Bezug genommen bzw. ein bestimmter Mindestluftwechsel gefordert. Die Messergebnisse sind auch hier stark von außenklimatischen Verhältnissen abhängig. Bei Vorliegen signifikanter Temperaturdifferenzen zwischen außen und innen und/oder hohen Windstärken im Außenbereich ist grundsätzlich ein stärkerer Luftwechsel zu erwarten. Hier ist zu prüfen, ob durch kontrolliertes Anlegen eines Differenzdruckes eine standardisierte Situation zu erreichen wäre.

Literatur

Amt der OÖ. Landesregierung (2003): Innenraumsituation in Oberösterreichischen Pflichtschulen, Berufsschulen und landwirtschaftlichen Fachschulen, Erhebungs- und Messprogramm: Kohlenstoffdioxid und Raumklima. Hrsg: Amt der oberösterreichischen Landesregierung. Eigenverlag

Breum NO (1992): Diagnosis of Ventilation by Single-Tracer Gas Techniques. Indoor Air Supplement No 1/93.

EN 13829 (2000): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert); Deutsche Fassung 2000

Haghighat F et al. (1990): Experimental Analysis of Air Flow in a Residential Building. In: The Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate - Indoor Air '90, Vol. 4: 373-378.

- Kvisgaard B, Schmidt L (1991): Interzonal airflow measurement – a tool to solve pollution problems. 12th AIVC Conference, Ottawa, Canada.
- Raatschen W. (1995): Tracergasmessungen in der Gebäudetechnik Teil 2. In: Gesundheits-Ingenieur-Haustechnik-Bautechnik-Umwelttechnik 116/ 1995, Heft 3, S. 129-138.
- Ringer W. (2002): Ermittlung des Radonpotenzials eines Gebäudes durch Anlegen eines kontrollierten Unterdrucks (RACODE). Poster bei Erstes Österreichisches Radonforum – Radonbelastung in Österreich. 03.10.2002, Wien.
- Tappler P, Sulzner M, Scheidl K, Burtscher I (1997): Formaldehyd und Luftwechsel in österreichischen Fertigteilhäusern. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz, IBO Eigenverlag
- Tappler P, Damberger B (1998): Interzonaler Schadstofftransfer in Gebäuden als Ursache von Geruchsproblemen; Vorgehensweise, Einsatz der Tracergastechnik, Sanierung. VDI-Berichte 1373 : Gerüche in der Umwelt, Innenraum- und Außenluft, Tagung Bad Kissingen, 4.-6.3.1998: 489-500
- Tappler P, Damberger B, Twrdik F (1998): Ursachenermittlung und analytische Vorgehensweisen bei Auftreten von Schwarzstaubbelastungen in Gebäuden. In: Gebäudestandard 2000: Energie und Raumluftqualität, AGÖF Fachkongress 1998, Nürnberg : 235-241