

Th. Schmidt, K. Sedlbauer

Einfaches Raummodell zur Vorhersage der Raumluftbelastung durch Emissionen aus Bauprodukten

Problemstellung

Ein niedriger Heizwärmebedarf wird neben einer Verbesserung der Wärmedämmung auch durch Verminderung der Lüftungswärmeverluste erreicht. Dies führt in der Regel zu dichteren Gebäuden mit geringem Luftwechsel. Die Folge ist ein Ansteigen der Innenraumkonzentrationen verschiedener Stoffe, die aus Bauprodukten emittiert werden. Seit der Diskussionen um Formaldehyd, PCB oder Lindan wird der Belastung der Innenluft durch Emission organischer Verbindungen aus Baustoffen und Einrichtungsgegenständen mehr Augenmerk geschenkt, zumal viele dieser Stoffe eine Gesundheitsgefährdung darstellen können. Eine Vorhersage der Innenraumkonzentrationen und die Angabe von Gegenmaßnahmen, wie z.B. gezielte kurzfristige Lüftungsmaßnahmen oder konstruktive Verbesserungshinweise, werden dringend gefordert.

In dem am Fraunhofer-Institut für Bauphysik laufenden Vorhaben "Gesundheits- und umweltverträgliche Bauprodukte" (GUB) [1] wurde neben der meßtechnischen Ermittlung der aus Bauprodukten stammenden Emissionen eine Methode zur Grobanalyse und Vorhersage von daraus resultierenden Raumluftkonzentrationen erarbeitet [2]. Zur meßtechnischen Erfassung der Emissionen aus einem Bauprodukt wird eine geeignete Probe in eine Emissionskammer mit einer festgelegten Luftwechselrate gebracht. Die Kammerluft wird in be-

stimmten Zeitabständen auf ihre Inhaltsstoffe und deren Menge hin untersucht [1]. Auf diese Weise läßt sich feststellen, ob unter den abgegebenen Stoffen solche sind, die eine Geruchsbelästigung oder gar Gesundheitsgefährdung darstellen können und ob diese Stoffe in einer Menge auftreten, die tatsächlich Beeinträchtigungen erwarten läßt. Außerdem sind Aussagen darüber möglich, mit welcher Emissionsrate ein Stoff aus der Probe austritt. Bei rascher Emission kann es zu bedenklichen Konzentrationsspitzen kommen, die aber auch schnell wieder verschwunden sind, während bei langsamer Emission ein Stoff möglicherweise stets unterhalb von Grenzwerten bleibt, aber eine Dauerbelastung darstellt.

Von praktischer Bedeutung sind Konzentrationen, die bei Raumgrößen und Luftwechselraten realer Wohn- oder Arbeitsräume auftreten. Insbesondere kann es hier vorkommen, daß ein aus einem Produkt emittierter Stoff von anderen Produkten (insbesondere solchen mit großer Oberfläche wie Tapeten, Teppichen etc.) aufgenommen und zeitlich verzögert oder gar nicht wieder abgegeben wird. Solche Senkeneffekte haben einen entscheidenden Einfluß auf die Raumluftbelastungen und ihren zeitlichen Verlauf.

Die in der Emissionskammer gefundenen Konzentrationswerte können also nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse in anderen Räumen übertragen werden. Es ist ein geeignetes Verfahren nötig, um die kammer-spezifischen Einflüsse von den materialspezifischen zu trennen und aus den letzteren sowie den Gegebenheiten eines Zielraumes den Konzentrationsverlauf in diesem zu berechnen.

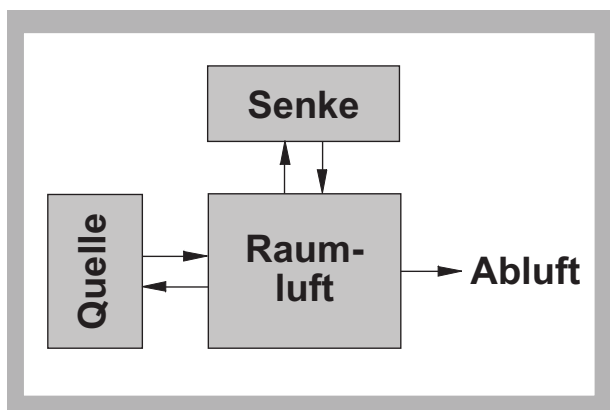


Bild 1: Schematische Darstellung des Einfachraummodells zur Ermittlung der Verteilung der emittierten Substanz auf die Raumluft und eine Senke im zeitlichen Verlauf.

Vereinfachtes Rechenmodell

Um erste Erfahrungen mit den Auswerte- und Rechenmöglichkeiten zu sammeln, wird zunächst ein einfaches rechnerisches Modell benutzt. Hierzu wird angenommen, daß eine Quelle mit einer bestimmten Emissionsrate einen Stoff in die Raumluft abgibt, daß dieser Stoff von einer Senke mit bestimmten Absorptions- und Desorptionsraten aufgenommen und wieder abgegeben wird und daß die Raumluft einer bestimmten Luftwechselrate unterliegt (Bild 1). Nimmt man weiter an, daß der betrachtete Stoff auf den Quellen- bzw. Senkenoberflächen sitzt und von dort frei in die Raumluft übergehen kann, lassen sich die Bilanzgleichungen, die die Verteilung des Stoffes auf Quelle, Senke, Raumluft und Abluft beschreiben, analytisch lösen [3], so daß z.B. der Verlauf

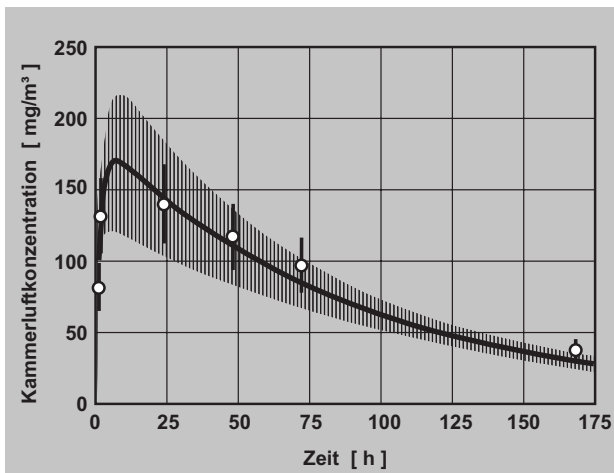


Bild 2: Gemessener (Punkte) und mit dem Einfachraummodell berechneter (Linie) Zeitverlauf der Konzentration einer im Kammerversuch emittierten Substanz. Mitangegeben sind die Meßunsicherheiten und der sich daraus ergebende Unsicherheitsbereich der Anpassungskurve.

der Raumluftkonzentration leicht durch ein Computerprogramm berechnet und dargestellt werden kann.

Anwendungen

Zunächst dient dieses Einfachraummodell zur Auswertung der bei den Kammermessungen erfaßten Emissionen. Die Wände der Kammer stellen nämlich auch bei sorgfältiger Oberflächenbehandlung eine gewisse Senke dar, die in geringem Umfang manche emittierten Stoffe aufnimmt und verzögert wieder abgibt. Bei einer Anpassungsrechnung mit Hilfe des Einfachraummodells wird dieser Umstand berücksichtigt, so daß sich für jeden emittierten Stoff die reinen Emissionseffekte isolieren lassen. Der störende Einfluß der Kammerwände wird gewissermaßen "weggerechnet". Bild 2 zeigt an einem Beispiel die mit der Emissionskammer gewonnenen Meßpunkte und den Verlauf der Raumluftkonzentration, wie er den mit dem Raummodell bestimmten Parametern entspricht.

Weiterhin sollen mit diesem Einfachraummodell erste Erkenntnisse über den Einfluß verschiedener Quell- und Senkeneigenschaften sowie unterschiedlicher Luftwechselraten

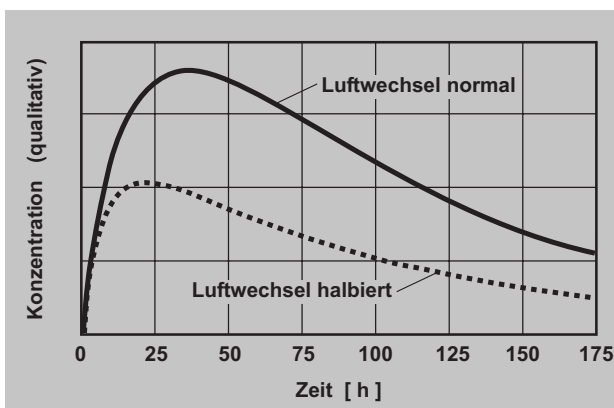


Bild 3: Zeitlicher Verlauf der Konzentration einer emittierten Substanz; durch Verdoppelung der Luftwechselrate wird in diesem schematischen Beispiel die Raumluftbelastung halbiert.

auf Schadstoffkonzentrationen in der Innenraumluft gewonnen werden. Die Emissionskennwerte verschiedener Materialien lassen sich dabei den Kammermessungen entnehmen. Für die Senken, für deren Absorptionseigenschaften kaum Daten vorliegen und die in einem Raum in unterschiedlichster Anzahl und Kombination vorkommen, können beim momentanen Kenntnisstand nur pauschale Schätzwerte verwendet werden. Angestrebt werden abschätzende Aussagen über

- kurzzeitige Maximalkonzentrationen durch die Annahme minimaler Senkeneffekte,
- langfristige Konzentrationen während der Nutzungsphase durch Berechnung verschiedener Konzentrationen (maximal, minimal, statistisch wahrscheinlich) mittels Durchspielen verschieden starker Senkeneffekte im Rahmen der in realen Räumen zu erwartenden Bandbreite.

Eine Visualisierung ermöglicht es dem Fachplaner, Architekten oder Baustoffhersteller, den zeitlichen Verlauf von Schadgaskonzentrationen in Innenräumen abzuschätzen. Damit wird es im Interesse eines vorbeugenden Gesundheitsschutzes möglich, Risiken zu bewerten, Bauprodukte zu vergleichen und geeignete Maßnahmen wie die Empfehlung von Luftwechselraten zu ergreifen. Bild 3 zeigt an einem schematischen Beispiel den Einfluß einer Verdoppelung der Luftwechselrate auf den Verlauf der Raumluftkonzentration.

Diskussion und Ausblick

Bei der bisherigen Auswertung der Kammerexperimente lassen verzögerte Emissionen vermuten, daß im Quellen- und Senkenmaterial ablaufende Diffusions- und Sorptionsvorgänge den Zeitverlauf der Kammerluftkonzentrationen maßgeblich beeinflussen. Zur Vorhersage von Raumluftkonzentrationen ist es daher erforderlich, sowohl den Emissionsprozeß als auch die Senkeneffekte für verschiedene Materialien physikalisch genauer zu beschreiben. Dazu laufen am IBP Messungen von Diffusions- und Sorptionseigenschaften verschiedener exemplarisch ausgewählter Emissionsprodukte an typischen Raumumschließungsflächen nach einer in [4] beschriebenen Methode. Ausgehend von den Ergebnissen dieser Untersuchungen soll durch Berücksichtigung der Diffusions- und Sorptionseffekte die physikalisch-mathematische Beschreibung eines komplexeren und realistischeren Raummodells erstellt werden.

Literatur

- [1] Mayer, E. et al.: 3. Sachstandsbericht "Gesundheits- und umweltverträgliche Bauprodukte", Holzkirchen, Stuttgart, München, 1999.
- [2] Schmidt, Th.; Sedlbauer, K.: Raummodell zur Analyse und Vorhersage von Immissionen aus Bauprodukten - Vorstudie. IBP-Bericht HTB-4/1998.
- [3] Dunn, J.E. und Tichenor, B.A.: Compensating for Sink Effects in Emissions Test Chambers by Mathematical Modeling, Atmospheric Environment Vol. 22 (1988), H. 5, S. 885-894.
- [4] Künzel, H.M., Krus, M.; Kießl, K.: Meßtechnische Erfassung der Schwefeldioxydaufnahme poröser Gesteine. Bauphysik 13 (1991), H. 4, S. 106-110.

Der Gips-Schüle-Stiftung sei für die Förderung des Projektes vielmals gedankt.



Fraunhofer Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis

D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00

D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0