

VVOC-/VOC-Emissionen aus Bauprodukten in Innenräumen von holzbasierten Gebäuden

Dr. Alexandra Schieweck
Fraunhofer WKI
Braunschweig, Deutschland



VVOC-/VOC-Emissionen aus Bauprodukten in Innenräumen von holzbasierten Gebäuden

1. Wohngesundheit und Innenraumluftqualität

In Abhängigkeit von dem individuellen Nutzerverhalten hält sich der moderne, mitteleuropäische Mensch überwiegend in geschlossenen Innenräumen auf (Wohnräume, öffentlicher Nahverkehr, Arbeitsplatz, Freizeiteinrichtungen). In diesen werden die Gesundheit und das Wohlbefinden der Nutzer nicht nur von den raumklimatischen Parametern (Temperatur, relative Luftfeuchte, Luftwechsel), sondern auch von der Luftqualität im Hinblick auf eventuelle Schad- oder Geruchsstoffe beeinflusst.

Verunreinigungen der Innenraumluft können aus unterschiedlichen Quellen stammen. Neben dem Eintrag von Schadgasen und Partikeln über die Außenluft zählen Emissionen aus den im Innenraum verbauten Materialien und dem eingebrachten Mobiliar zu den wichtigsten Quellen. Daher sind sowohl die geographische Lage eines Gebäudes als auch dessen bauliche Konstruktion und die Innenausstattung wichtige Randparameter in Bezug auf die Innenraumluftqualität, aber auch Verbraucherprodukte und individuelle Nutzungsgewohnheiten stellen Einflussfaktoren dar.

Angesichts der Kenntnis von gesundheitlichen Auswirkungen infolge von Werkstoffemissionen hat die gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten in den letzten Jahrzehnten stark an Bedeutung gewonnen. Im Rahmen der Thematik «Baustoffemissionen und Innenraumluftqualität» werden in der Regel die Substanzgruppen der flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds, VOCs) und der Carbonylverbindungen, einschließlich Formaldehyd, betrachtet. Angesichts jüngster Entwicklungen auf dem Gebiet der gesundheitlichen Bewertung sowohl von Bauproduktmissionen als auch von der Luftqualität in Innenräumen zeigen, dass neben den VOCs auch zukünftig die Substanzgruppe der leicht flüchtigen organischen Verbindungen (very volatile organic compounds, VVOCs) einer Erfassung und Bewertung bedarf.

1.1. Hintergrund

Im Zuge der Harmonisierung für die Vermarktung von Bauprodukten gilt seit 2013 die europäische Bauproduktenverordnung (Regulation (EU) No 305/2011). In dieser wird unter ihren sechs wesentlichen Anforderungen (ER: Essential Requirements) unter Punkt 3 auch der Aspekt der «Hygiene, Gesundheit, Umweltschutz» (ER 3) genannt und damit der Gesundheitsschutz von Gebäudebewohnern und -nutzern als ein wesentliches Ziel definiert. Dieses umfasst u.a. auch die Freisetzung schädlicher Gase in die sowie das Vorhandensein gefährlicher Teilchen oder Gase in der Luft und gilt folglich nicht nur für das Bauwerk, sondern auch als Grundanforderung für die darin enthaltenen Bauprodukte. Damit ist die Begrenzung und Vermeidung von Schadstoffen in Innenräumen ausdrücklich genannt und gilt somit auch als Auflage im Zusammenhang mit der möglichen Freisetzung von flüchtigen Verbindungen aus Werkstoffen.

Innerhalb der European Collaborative Action (ECA) «Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure» wurden sowohl Kriterien für ein harmonisiertes Prüfverfahren als auch ein Schema für eine einheitliche und reproduzierbare gesundheitsbezogene Bewertung von Emissionen aus für den Innenbereich vorgesehenen Bauprodukten abgeleitet (ECA, 2005; 2012). Diese Kriterien umfassen die Substanzgruppen der flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds; VOCs) und der Carbonylverbindungen, einschließlich Formaldehyd (ECA, 2012). Die gesundheitsbezogene Bewertung der Emissionen basiert auf der Ableitung sogenannter LCI-Werte (Lowest Concentration of Interest), im Deutschen NIK-Werte (niedrigste interessierende Konzentration). Nach derzeitigem fachlichen Ermessen können Luftfremdstoffe in einer Konzentration oberhalb des jeweiligen EU-LCI-Wertes Auswirkungen auf den Menschen haben (ECA, 2013). Die Ableitung harmonisierter EU-LCI-Werte berücksichtigt in einem ersten Schritt ausschließlich VOCs.

Zukünftig ist aber eine Ausweitung auch auf die Gruppe der sogenannten VVOCs vorgesehen. Erste EU-LCI-Werte für Substanzen, die zur Gruppe der VVOCs zählen, wurden im Jahr 2013 publiziert. Mit Stand Dezember 2016 werden zukünftig EU-LCI-Werte für weitere VVOCs abgeleitet.

In Deutschland hat es sich der Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) zur Aufgabe gemacht, ein Schema zu erarbeiten, das eine einheitliche und objektive Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten ermöglicht. Die gesundheitliche Bewertung von Einzelsubstanzen erfolgt stoffspezifisch auf Basis von NIK-Werten. Das Schema umfasst VOCs, die analytisch betrachtet in einem Retentionsbereich von C_6 bis C_{16} liegen (Hexan bis Hexadecan), und die Gruppe der SVOCs mit einer Retentionszeit $>C_{16}$ (Hexadecan). Mit Stand Februar 2015 hebt das AgBB-Schema einen zusätzlichen Forschungsbedarf insbesondere für die Substanzgruppe der VVOCs mit einer Retentionszeit $<C_6$ hervor, da diese als relevante Bauproduktmissionen einzustufen sind. Mit der neuesten Fassung vom August 2018 wird die Gruppe der VVOCs berücksichtigt. Seit 2017 ist das AgBB-Bewertungsschema Grundlage für die «Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich des Gesundheitsschutzes (ABG)», die in die Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) eingebunden sind (AgBB, 2018; DIBt, 2017).

Auf dem Gebiet der Innenraumluftqualität setzt der Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR, vormals Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG) bundeseinheitliche, gesundheitsbezogene Richtwerte für die Innenraumluft fest. Diese können als Maßstab für die Bewertung der Qualität in Innenräumen in Deutschland angewendet werden. Die Grundlage ist ein sogenanntes Basisschema, das 1996 im Bundesgesundheitsblatt veröffentlicht wurde (Ad-hoc-AG, 1996). In diesem Schema sind zwei Richtwert-Kategorien definiert:

Richtwert II (RW II) ist ein wirkungsbezogener Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Sicherheitsfaktoren stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen beziehungsweise Überschreiten unverzüglich zu handeln ist. Diese höhere Konzentration kann, besonders für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen, eine gesundheitliche Gefährdung sein. Je nach Wirkungsweise des Stoffes kann der Richtwert II als Kurzzeitwert (RW II K) oder Langzeitwert (RW II L) definiert sein.

Richtwert I (RW I - Vorsorgerichtwert) beschreibt die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der bei einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch dann keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist, wenn ein Mensch diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist. Eine Überschreitung ist allerdings mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, unerwünschten Belastung verbunden. Aus Gründen der Vorsorge sollte auch im Konzentrationsbereich zwischen Richtwert I und II gehandelt werden, sei es durch technische und bauliche Maßnahmen am Gebäude (handeln muss in diesem Fall der Gebäudebetreiber) oder durch verändertes Nutzerverhalten. RW I kann als Zielwert bei der Sanierung dienen.

Da die Innenraumluft viele organische Verbindungen enthält und Richtwerte nur für relativ wenige Einzelsubstanzen/-gruppen zur Verfügung stehen, hat der Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) Maßstäbe zur Beurteilung von flüchtigen organischen Verbindungen in der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC) erarbeitet. Das Konzept der TVOC-Bewertung und die Vorgehensweise bei den verschiedenen Stufen wurde in einer Bekanntmachung des Umweltbundesamtes (2007) ausführlich dargelegt.

1.2. Forschungsvorhaben

Auf dem «FORUM HOLZBAU - Bauphysik & Gebäudetechnik», das am 12./13. März 2019 in Bad Wörishofen stattfindet, werden vor diesem Hintergrund die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens vorgestellt¹, das sich im Schwerpunkt (i) mit der Freisetzung von VVOCs aus Vollholz und holzbasierten Werkstoffen sowie (ii) mit der Innenraumluftqualität in holzbasierten Gebäuden beschäftigt hat.

In einem ersten Schritt wurde eine analytische Methode für den quantitativen Nachweis von VVOCs (C₃-C₆) in Emissionsprüfkammern und in der Innenraumluft entwickelt. Das Verfahren wurde bereits publiziert (open access; Schieweck et al., 2018).

Darauffolgend wurden Vollhölzer, holzbasierte Holzwerkstoffe, Bauelemente und Fußbodenbeläge auf ihr Emissionsverhalten von VVOCs, aber auch hinsichtlich der Freisetzung von VOCs, leichtflüchtigen Carbonylverbindungen (einschließlich Formaldehyd und Acetaldehyd) und C₁-C₂-Alkansäuren untersucht. Die Σ VVOC-Konzentrationen variierten nicht nur unter den Werkstoffgruppen, sondern auch innerhalb dieser Gruppen. Das Spektrum der freigesetzten Einzelsubstanzen und insbesondere die detektierten Leitsubstanzen waren ähnlich. Hierbei handelte es sich überwiegend um niedermolekulare Alkane (n-/i-Pentan), Alkohole (z.B. Ethanol, n-Butanol, n-/i-Propanol) und Aldehyde (z.B. n-Pentanal, i-Propanal, 2-Propenal). Ein Zusammenhang zwischen den einzelnen Werkstoffgruppen und dem Emissionspotential für VVOCs war nicht eindeutig herstellbar, da keine systematischen oder besonders auffälligen Unterschiede festgestellt werden konnten. Nur in einigen Fällen ist es wahrscheinlich, dass Unterschiede im Emissionsverhalten auf die eingesetzten Klebstoffe zurückzuführen sind.

Da der Einfluss des Einzelmaterials auf die Innenraumluftqualität vom Umfang und von der Art der Verwendung abhängig ist, wurde die Raumluftqualität in vier Realhäusern in verschiedenen Bauphasen untersucht: (1) nach Schließen der luftdichten Hülle (Rohbau), (2) nach Abschluss des Innenausbaus und (3) während der Nutzungsphase. Durch diese Begleitung der einzelnen Bauvorhaben wurde ein umfassender Einblick über Veränderungen der Innenraumluftqualität in Abhängigkeit von der Bauphase und in Abhängigkeit von Umfeldfaktoren ermöglicht. Die Raumluftuntersuchungen umfassten jeweils die Zielsubstanzgruppen der VVOCs, VOCs, leichtflüchtigen Carbonylverbindungen (einschließlich Formaldehyd und Acetaldehyd) und C₁-C₂-Alkansäuren. Zusätzlich erfolgten Luftwechsellmessungen, insofern das Haus nicht über eine Lüftungsanlage verfügte. Die Messergebnisse wurden in Bezug auf verfügbare Bewertungsgrundlagen ausgewertet: (i) Innenraumrichtwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR) und (ii) Leitwerte für die Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC) in der Innenraumluft (2007).

Neben den für den Hausbau eingesetzten Konstruktionsmaterialien (Außen-/Innenwände, Zwischendecke, Boden, Dach) wirken sich die klimatischen Parameter (Temperatur, relative Luftfeuchte) und insbesondere die Luftwechselrate auf die Innenraumluftqualität aus. Darüber hinaus können weitere Quellen die Raumluft beeinflussen. Hierzu sind primär das durch die Nutzer eingebrachte Mobiliar, ggf. weitere Raumausstattungsmaterialien (Wandverkleidungen, Anstriche, Teppiche) und durch Verbraucherprodukte sowie den Lebensstil eingebrachte Emissionen (u.a. Körperpflege-, Reinigungsmittel, Duftstoffe, Rauchen, Hobbies) zu nennen. Bei Luftanalysen in Realhäusern werden immer die Emissionen einer Vielzahl an Quellen detektiert, so dass ein sicherer Rückschluss auf einzelne Bauprodukte oder Werkstoffe nicht zwangsläufig möglich ist. Die im Forschungsvorhaben detektierten Σ VVOC-Konzentrationen waren teilweise stark erhöht und die in allen Häusern nachgewiesenen Leitsubstanzen n-/i-Butan und n-/i-Pentan weisen darauf hin, dass Treibmittel aus Dämmstoffen in hohen Konzentrationen freigesetzt werden können. Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass der Betrieb einer Lüftungsanlage durch die dadurch erzielte Erhöhung der Luftwechselrate zu einer Reduzierung der Luftfremdstoffkonzentrationen in Innenräumen führen kann. Der Betrieb einer Lüftungsanlage kann allerdings nicht allein eine Luftqualität garantieren, die nur geringe Luftfremdstoffkonzentrationen aufweist.

¹ «Evaluierung der Emissionen von sehr flüchtigen organischen Verbindungen (VVOCs) aus Holz und Holzprodukten zur Bewertung gesundheitlicher Auswirkungen – Entwicklung von Reduzierungsansätzen unter Berücksichtigung realer Innenraumbedingungen. Unterstützt mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Förderkennzeichen: #22008114.

Folglich sind die umsichtige Auswahl und der Einsatz von Konstruktionsmaterialien und Bauprodukten von hoher Wichtigkeit. Darüber hinaus zeigten die Messergebnisse auch, dass die Luftkonzentrationen von Formaldehyd in allen Häusern unterhalb des geltenden RW I von $0,1 \text{ mg/m}^3$ lagen. Stattdessen wurde auf Basis der Ergebnisse deutlich, dass zukünftig die Substanzen Acetaldehyd und Essigsäure von Relevanz sein werden, da diese in den Häusern in hohen Konzentrationen gemessen wurden, wobei die Konzentrationen teilweise während der Nutzung anstiegen. Für Acetaldehyd existieren bereits Richtwerte (RW II: 1 mg/m^3 , RW I: $0,1 \text{ mg/m}^3$; Ad-hoc-AG, 2013), für die Gruppe der C_1 - C_8 -Alkansäuren sind diese in Vorbereitung. Der RW II wird voraussichtlich bei 1 mg/m^3 , der RW I bei $0,3 \text{ mg/m}^3$ liegen. Grundlage wird die Analytik gemäß VDI 4301-7 (2017) sein, wie sie auch in dem vorgestellten Forschungsvorhaben eingesetzt wurde (AIR, 2018).

Literatur

Ad-hoc-AG, 1996. Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden: Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 39: 422-426.

Ad-hoc-AG, 2013. Richtwerte für Acetaldehyd in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt 56, 1434-1447.

Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR), 2018. Protokoll der 6. Sitzung des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) am 02. und 03. November 2017 in Berlin, vom 07.05.2018. Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte-vormals-ad-hoc#textpart-1> (letzter Zugriff: 20.02.2019)

AgBB (Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten), 2018. Anforderungen an die Innenraumluftqualität in Gebäuden: Gesundheitliche Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VVOC, VOC und SVOC) aus Bauprodukten. Stand August 2018.

Bekanntmachung des Umweltbundesamtes, 2007. Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Handreichung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 50, 990-1005.

European Collaborative Action (ECA), 2005. Harmonisation of indoor material emissions labelling systems in the EU. Inventory of existing schemes. Report No 24, Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

European Collaborative Action (ECA), 2012. Harmonisation framework for indoor products labelling schemes in the EU. Report No 27, Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

European Collaborative Action (ECA), 2013. Harmonisation framework for health based evaluation of indoor emissions from construction products in the European Union using the EU-LCI concept. Report No 29, Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), 2017. Veröffentlichung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Ausgabe 2017/1 mit Druckfehlerkorrektur vom 11. Dezember 2017, Ausgabe August 2017.

Schieweck, A., Gunschera, J., Varol, D., Salthammer, T., 2018. Analytical procedure for the determination of very volatile organic compounds (C_3 - C_6) in indoor air. Anal Bioanal Chem 13, 3171-3183. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-018-1004-z>

VDI-Richtlinie 4301 Blatt 7, 2017. Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messen von Carbonsäuren. Beuth Verlag.