

# VOC-Anforderungen an Baustoffe und Innenräume – wie passt das zusammen

Dr. Martin Ohlmeyer  
Thünen-Institut für Holzforschung  
Hamburg, Deutschland





# VOC-Anforderungen an Baustoffe und Innenräume – wie passt das zusammen

## 1. Einführung und Hintergrund

Menschen verbringen 80 bis 90 % ihrer Zeit in Innenräumen. Daher ist die Qualität der Innenraumluft von besonderem Interesse. Das Wohlbefinden beeinflussen neben den klimatischen Bedingungen (Temperatur, Luftfeuchte, Luftwechselrate und Luftgeschwindigkeit) auch die Konzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC vom englischen Volatile Organic Compounds) im Innenraum. Quellen dieser VOC können unterschiedliche Faktoren sein: Baustoffe, Bodenbeläge, Inneneinrichtungsgegenstände, Möbel, menschliche Aktivitäten (Kochen, Reinigung, Renovierung, Rauchen etc.) oder auch die Aussenluft.

Der aktuelle Fokus liegt auf den Baustoffen, da diese vom Bewohner einer Wohnung / eines Hauses normalerweise nicht beeinflussbar sind. Somit werden diese Materialien besonders im Hinblick ihrer VOC-Abgabe beachtet. Für Holzprodukte ist dies von grundsätzlich hoher Bedeutung, da Holz als organisches Material eine Reihe von Substanzen enthalten kann, die unter Normalbedingungen flüchtig und somit unter gewöhnlichen Nutzungsbedingungen als VOC-Konzentrationen nachweisbar sind – der typische Geruch des Kiefernholzes gehört dazu.

## 2. Rechtlicher Rahmen

### 2.1. Innenräume

Für die grösste Anzahl der in der Innenraumluft vorkommenden Substanzen existieren keine gesetzlichen Regelungen – Ausnahmen: Tertrachlorethen (gem. 2. BImSchV) sowie PCB und PCP (gem. den Technischen Baubestimmungen auf Länderebene).

Bezüglich der Innenraumluftqualität existiert in Deutschland ein Konzept zur Bewertung der Innenraumluft, das vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) im Bundesgesundheitsblatt veröffentlicht ist. Der AIR berät das Umweltbundesamt (UBA) und publiziert u.a. regelmässig im Rahmen dieses Konzeptes Innenraumluftrichtwerte (RW I und II). Wenn der Kenntnisstand nicht ausreicht, um einen toxikologisch basierten Richtwert abzuleiten, werden hygienisch begründete Leitwerte erarbeitet; diese sind u.a. für TVOC-Konzentrationen in der Innenraumluft veröffentlicht.

Es sind Richtwerte für den Innenraum für Substanzen publiziert, die typisch für Holzprodukte sind: bicyklische Terpene (Leitsubstanz:  $\alpha$ -Pinen), monozyklische Terpene (Leitsubstanz: Limonen), Aldehyde und Formaldehyd. Nach diesem Konzept besteht z. B. für die bicyklischen Terpene ab einer Innenraumluftkonzentration von  $2 \text{ mg/m}^3$  (RW II) Handlungsbedarf; bei einer Konzentration von  $0,2 \text{ mg/m}^3$  (RW I) wird davon ausgegangen, dass bei lebenslanger Exposition keine gesundheitliche Beeinträchtigung besteht.

Diese Werte haben keinen rechtlich bindenden Charakter. Da sie aber als Stand des wissenschaftlichen Kenntnisstandes betrachtet werden, können diese Werte im Streitfall herangezogen und als gerichtsfest angesehen werden. Allerdings finden sich für die bi-zyklischen Terpene im wissenschaftlichen Diskurs auch andere (höhere) Werte, die als hinreichend angesehen werden.

Einen direkten Einfluss auf die Konzentration von VOC in der Innenraumluft hat die Luftwechselrate, die aus hygienischen Gründen zwischen  $0,3$  und  $0,5 \text{ h}^{-1}$  betragen sollte. Aber auch dieser Wert ist nicht rechtlich bindend, sondern stellt lediglich eine Empfehlung dar.

Die Innenraumluftqualität ist darüber hinaus auch ein Kriterium für die Nachhaltigkeitsbewertung nach dem DGNB-System (Kriterium "Innenraumluftqualität", SOC1.2). Hierbei werden Punkte für das Erreichen von unterschiedlichen VOC- und Formaldehydwerten vergeben und mit den weiteren Kriterien verrechnet.

## 2.2. Produkte – Europa

In der Europäischen Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO) werden sieben wesentliche Anforderungen an Bauwerke gestellt. Darunter zählt auch die hygienische Vorsorge hinsichtlich der Abgabe von toxischen und anderen VOC-Substanzen in den Innenraum. Für die Umsetzung ist vorgesehen, dass diese Eigenschaft von Bauprodukten im Rahmen der CE-Kennzeichnung deklariert wird. In den letzten Jahren ist hierfür eine horizontale Prüfnorm erarbeitet worden, die im Januar 2018 veröffentlicht wurde. In dieser EN 16516 sind die Prüfbedingungen und die Ergebnisdarstellung im Hinblick auf die beabsichtigte Verwendung des Produktes geregelt. Es fehlt für die Umsetzung allerdings noch ein Regelwerk für die Bewertung der Ergebnisse. Dies befindet sich seit einiger Zeit in Diskussion und Abstimmung der EU-Kommission (unter Federführung von DG Grow) und soll als EU-Rechtsverordnung (Delegated Act) umgesetzt werden. Bisher ist lediglich absehbar, dass unterschiedliche Kriterien bewertet werden sollen (CMR-Substanzen, Formaldehyd und VOC-Substanzen) und dass es jeweils mindestens zwei Klassen geben wird, wobei die höhere Klasse immer eine offene Klasse ist. Somit kann damit dann national geregelt werden, inwieweit eine dieser Eigenschaften relevant für den eigenen Markt ist und berücksichtigt werden muss.

Hinweis auf die bisherige Regelung für Formaldehyd: Hier sind in der CE-Norm für Holzwerkstoffe (DIN EN 13986) die beiden Klassen E1 und E2 gegeben, wobei in Deutschland aufgrund der ChemVerbotsV ausschliesslich E1 erlaubt ist – die Ermittlung der Werte wird hier abweichend von der europäischen Regelung nicht auf EN 717-1 sondern auf EN 16516 bezogen.

Wenn diese Rechtsverordnung erlassen wurde, kann im nächsten Schritt über die harmonisierten CE-Normen die Bewertung von VOC für die relevanten Produkte verbindlich europaweit eingeführt werden. Derzeit ist der Stand über den Delegated Act aber offen. Bis zu welchem Zeitpunkt dieser zu erwarten ist, kann nicht abgeschätzt werden.

## 2.3. Produkte – Deutschland

Bis 2016 wurde durch das DIBt das AgBB-Schema bei der bauaufsichtlichen Zulassung von bestimmten Bauprodukten (Bodenbeläge) in Bezug genommen. Nach der Rechtsprechung des EuGHs, wonach national keine strengeren Regeln als europäisch verankert gelten dürfen, wurde von der weiteren Anwendung dieser Praxis abgesehen.

Aktuell sind die Anforderungen gemäss des AgBB-Schemas unter anderem Bestandteil der MVV TB, Anhang 8, (Ausgabe August 2020) und sollen u. a. für folgende Produkte angewendet werden:

- Bodenbeläge und -konstruktionen
  - Parkette und Holzfussböden
  - Sportböden
- Klebstoffe
- Holzwerkstoffe in Form von schlanke ausgerichteten Spänen (OSB) und
- kunstharzgebundenen Spanplatten
- dekorative Hochdruck-Schichtpressstoffplatten (HPL)
- nachträglich aufgebraachte organische Feuerschutzmittel.

Im Rahmen der Bewertung nach AgBB werden unterschiedliche Kriterien (VOC, R-Wert, SVOC, CMR) geprüft. Entscheidender Unterschied zum europäischen Ansatz ist aber, dass nach dieser Bewertung ein Produkt marktfähig ist oder nicht – eine Abstufung oder Klassifizierung gibt es nicht.

Um eine hinreichend genaue Reproduzierbarkeit und damit die Belastbarkeit der Messergebnisse zu gewährleisten, sind produktspezifische Anforderungen für die Prüfung gemäss EN 16516 erforderlich, da diese Prüfmethode für alle Baustoffe mit unterschiedlichen Besonderheiten angewendet werden soll. Diese Anforderungen sollen im Rahmen der CE-Kennzeichnung von den CEN-Produkt TCs erarbeitet und festgelegt werden. Im Kontext

der MVV TB sind vom DIBt «Hinweise zur Durchführung von Emissionsmessungen flüchtiger organischer Verbindungen für Holzwerkstoffe in Form von schlanken ausgerichteten Spänen (OSB) und kunstharzgebundene Spanplatten auf Grundlage der DIN EN 16516:2020» (Stand: Februar 2021) öffentlich kommuniziert.

Aufgrund von Gerichtsurteilen ist u. a. in den Bundesländern Baden-Württemberg, Thüringen und Bremen ist die Anwendung des Anhang 8 für OSB und Spanplatten aktuell untersagt bzw. ausgesetzt.

Darüber hinaus existieren eine Reihe von Labels (z. B. Blauer Engel, Natureplus), die nach privatwirtschaftlichen Regeln vergeben und zu Marketingzwecken verwendet werden.

### 3. Was ist über Holz bekannt?

Holz ist ein organischer Werkstoff, der – wie nahezu alle organischen Materialien – flüchtige organische Verbindungen (VOC) emittiert. Typische Substanzen sind hierbei (a) Primäremissionen, die im Holz frei vorliegen (z. B. Terpene, die für den charakteristischen Geruch verschiedener Nadelhölzer verantwortlich sind) oder (b) Sekundäremissionen, die beispielsweise aus der Gerüstsubstanz als Reaktionsprodukte entstehen können (z. B. organische Säuren aus Laubhölzern). Auch Formaldehyd wird in sehr geringen Mengen von Holz (i. d. R. um und bis zu  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) emittiert.

Hölzer mit einem hohen Gehalt an flüchtigen Inhaltsstoffen emittieren somit auch die grössten Mengen an VOC: Hierunter fallen die Nadelhölzer und hierbei wiederum insbesondere die Kiefer (*Pinus sylvestris*); die nennenswertesten Substanzen sind Terpene (hauptsächlich  $\alpha$ -Pinen), Aldehyde und organische Säuren. Von der Fichte (*Picea abies*) werden nahezu die gleichen Substanzen emittiert, allerdings meist in geringen Mengen. Die wichtigsten Laubhölzer, wie Buche (*Fagus sylvatica*), Birke (*Betulus*) und Eiche (*Quercus*), emittieren fast ausschliesslich organische Säuren (vornehmlich Essigsäure) in bedeutender Konzentration.

Die gemessenen Grössenordnungen von VOC können stark (bis zu einer Grössenordnung) variieren, da sie von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden:

- Extraktstoffgehalt, der wiederum von Genetik, Standortbedingungen und Kalamitäten beeinflusst sein kann
- Kern- und Splintholz-Anteil
- Verarbeitungsbedingungen: Temperatur, Materialfeuchte, pH-Wert, Zerkleinerungsgrad etc.

Daher lassen sich aus Holzwerkstoffen meist dieselben Substanzen im VOC-Spektrum wiederfinden, wie sie auch aus den Hölzern nachgewiesen werden, aus denen die Holzwerkstoffe hergestellt wurden – allerdings i. d. R. in anderer Grössenordnung und Zusammensetzung.

### 4. Was ist für den Holzbau relevant?

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens (HoInRaLu, FNR-Förderkennzeichen: 2200851) am Thünen-Institut für Holzforschung wurden wissenschaftlich belastbare Kriterien für die Bewertung der Abgabe von flüchtigen organischen Verbindungen von Holz-Bauprodukten unter Berücksichtigung von realistischen Einbaubedingungen untersucht. Ziel war eine Bewertung der Produkte im Hinblick auf ihre beabsichtigte Verwendung in unterschiedlichen Bauteilen zu ermöglichen, bei der auch unterschiedliche Einflussfaktoren einer realistischen Einbausituation betrachtet werden.

Dazu wurden vier Modellhäuser mit unterschiedlichen Wandkonstruktionen und Materialkombinationen gefertigt und auf dem Gelände des Thünen-Instituts aufgestellt. Die Baumaterialien, die zur Errichtung der Modellhäuser verwendet wurden, wurden normgerecht in Emissionskammern hinsichtlich ihrer VOC-Abgabe geprüft. Diese Ergebnisse wurden mit der Raumluftkonzentration der Modellhäuser verglichen.

Um eine Aussage über zu erwartende langfristige Raumlufkonzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen und deren Abhängigkeit von den jahreszeitlichen Temperatur- und Luftfeuchteänderungen zu erhalten, wurden die Modellhäuser über einen Zeitraum von 114 Wochen regelmässig beprobt.

In der Raumluf der Modellhäuser wurden vorrangig Aldehyde und Terpene, und damit VOC, die die Holzmaterialien emittierten, gemessen. Zu Beginn der Messungen nahmen die Konzentrationen aller VOC ab. In den Frühlings- und Sommermonaten stiegen die Konzentrationen wieder an, sanken dann wiederum im darauffolgenden Herbst und Winter. Die Ausgangskonzentrationen wurden während des gesamten Verlaufs nicht wieder erreicht. Es wird somit erkennbar, dass die Konzentrationen in den Modellhäusern dem Grunde nach abnahmen, wie dies auch bei den Produktprüfungen über einen Zeitraum von 28 Tagen und länger zu beobachten ist. Allerdings wird diese Konzentrationsabnahme von den Aussen- und Innentemperaturen überlagert.

Grundsätzlich hatte auch der Luftwechsel einen Einfluss auf die Raumlufkonzentration der Modellhäuser, der im Bereich zwischen  $0 \text{ h}^{-1}$  und  $0,5 \text{ h}^{-1}$  deutlicher war als zwischen  $0,5 \text{ h}^{-1}$  und  $1 \text{ h}^{-1}$ .

Der Vergleich der unterschiedlichen Modellhäuser zeigt, dass dem Grunde nach höhere Raumlufkonzentrationen gemessen werden, wenn Produkte mit höherem Emissionspotenzial eingesetzt werden. Es wurden unterschiedliche Ansätze zur Ableitung der mittleren Raumlufkonzentration aus den einzelnen Baustoffen betrachtet: Das Aufsummieren aller Wandmaterialien mit  $q = 0,5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  führte zu einer deutlichen Überschätzung der Raumlufkonzentration. Eine Ableitung der mittleren Raumlufkonzentration aus den Baustoffemissionen scheint für alle VOC unter Annahme eines gleichen Beladungsszenarios hinsichtlich der beabsichtigten Verwendung nicht möglich.

Diese Projektergebnisse zeigen, dass produktspezifische Anpassungen der Bauproduktprüfung und -bewertung unter Berücksichtigung der beabsichtigten Verwendung umgesetzt werden sollten: Einzelne Substanzen bzw. Stoffgruppen sollten grundsätzlich differenziert betrachtet werden. Eine Bewertung der Produktemissionen anhand eines Summenwertes reflektiert die festgestellten Zusammenhänge zur Raumlufkonzentration nicht hinreichend und sollte daher für holzbasierte Materialien regulatorisch nicht angewendet werden.

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass der Einfluss der Aussentemperaturen auf die Raumlufkonzentrationen sehr gross ist. Dies wurde hier an verschiedenen Modellhäusern in Holzbauweise festgestellt. Es darf aber angenommen werden, dass dies auch für andere Bauweisen und -systeme zutrifft. Daher ist aus bauphysikalischer Perspektive zielführend dem (sommerlichen) Wärmeschutz im Hinblick auf die Raumlufqualität mehr Bedeutung beizumessen. Denn es erscheint offensichtlich, dass die Aussentemperatur einen so erheblichen Einfluss auf die Konzentrationen in Gebäuden hat, dass diese bei langfristiger Gebäudenutzung dem Einfluss der eingesetzten Baustoffe überwiegt.

## 5. Weiterführende Literatur

Das Thünen-Institut für Holzforschung hat in diesem Kontext eine Reihe von Studien durchgeführt, deren Ergebnisse in Berichten veröffentlicht sind und auf der Website [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de) zum Download frei verfügbar sind:

**Butter K, Ohlmeyer M** (2021) *Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen von Holz und Holzwerkstoffen*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 102p, Thünen Rep 86, DOI:10.3220/REP1622449526000

Download:

[https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen\\_Report\\_86.pdf](https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_86.pdf)

**Ohlmeyer M, Mennicke F, Poth S** (2020) *Erarbeiten eines objektiven Verfahrens unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Holz und Holzwerkstoffen bei der Bewertung ihres Einflusses auf die Innenraumluftqualität (HoInRaLu), TV 1: Untersuchungen unter realen Raumluftbedingungen*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 146 p, Thünen Rep 81, DOI:10.3220/REP1598858077000

Download:

[https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen\\_Report\\_81.pdf](https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_81.pdf)

**Mennicke F, Ohlmeyer M, Steckel V, Hasener J, Borowka J, Hasch J** (2019) *Entwicklung einer Prüfmethode für die schnelle Bestimmung von VOC aus Holzprodukten zur frühzeitigen Ableitung des langfristigen Emissionsverhaltens und Qualitätskontrolle bei der Herstellung von Holzwerkstoffen*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 108 p, Thünen Rep 72, DOI: 10.3220/REP1568967391000

Download:

[https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen\\_Report\\_72.pdf](https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_72.pdf)

## 6. Glossar

AgBB	Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten
AIR	Ausschuss für Innenraumrichtwerte
BImSchV	Bundesimmissionschutzverordnung
CE	Kennzeichnung gemäss europäischen Harmonisierungsrechtsvorschriften, EU-Verordnung 765/2008
CEN	Comité Européen de Normalisation, siehe Europäisches Komitee für Normung
ChemVerbotsV	Chemikalienverbotsverordnung
CMR	Carcinogenic, Mutagenic and toxic to Reproduction substances, dt. krebs-erzeugende, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DIN	Deutsche Institut für Normung e. V.
DG Grow	Directorate General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, dt. Generaldirektionen der Europäischen Kommission für Binnenmarkt, Industrie, Unternehmertum und KMU
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
EU-BauPoV	EU-Bauproduktenverordnung, Verordnung (EU) Nr. 305/2011
EuGH	Europäischer Gerichtshof
EN	Europäischen Norm
MVV TB	Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCP	Pentachlorphenol
RW	Richtwert gem. Richtwertkonzept
R-Wert	Risiko-Wert gem. AgBB
SVOC	Semi Volatile Organic Compounds, dt. schwerflüchtige organische Verbindungen
TC	CEN Technical Committee, dt. Technisches Komitee des CEN
UBA	Umweltbundesamt
VOC	Volatile Organic Compounds, dt. flüchtige organische Verbindungen
VVOC	Very Volatile Organic Compounds, dt. leichtflüchtige organische Verbindungen