



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

1. Einleitung

Die Innenluft von Räumen wird durch verschiedenste Faktoren beeinflusst. Dies sind Temperatur, Luftfeuchte, Luftwechselrate, Innenraumthermik, Lichtverhältnisse, Schall, Ionen, Pilze, Bakterien, Pollen, Insekten, Partikel, Stäube und Feinstäube, Gase, Aerosole, Biozide, Gerüche und andere Irritationen. Dies gilt für alle Räume unabhängig ihrer Bauweise.



Raumluftqualität in Wohngebäuden in Holzbauweise

Gebäude sind so zu planen und zu errichten, dass von ihnen keine Gefahren für die Bewohner und/oder Nutzer ausgehen. Hierzu gibt es verschiedene Regularien. Um zu beurteilen ob es sich bei den Emissionen aus Holz und Holzwerkstoffen um „Schadstoffe“ handelt, ist die jeweilige Substanzkonzentration und/oder die jeweilige toxikologische Wirkung entscheidend. Bei der Einschätzung des Einflusses betrachtet man in erster Linie aber die hygienische Auswirkung auf die Innenraumluft.

Wohnen mit viel Holz im Innenbereich oder gar ein komplettes Holzhaus ist nicht nur eine gute Wahl, weil der Baustoff Holz ein nachwachsender Rohstoff ist, sondern weil er in einzigartiger Art und Weise bautechnische Vorzüge mit einem unvergleichlichen Wohnwert verbindet, wie z.B. Wärmeschutz, Feuchteschutz, Luftdichtheit, Schallschutz, Brandschutz und ein angenehmes Raumklima.

Dieses Merkblatt richtet sich an Holzbaubetriebe und Planungsbüros, die einen sichereren Umgang mit der Thematik der Emissionen aus Holz und Holzwerkstoffen erreichen wollen, um Raumlufthygiene und baulichen Gesundheitsschutz zu optimieren.



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

2. Natürliche Emissionen aus Holz und Holzwerkstoffen

Als organischer Werkstoff natürlichen Ursprungs, emittiert Holz - wie nahezu alle organischen Materialien - flüchtige organische Verbindungen (VOC). Dies sind primär die natürlich im Holz vorkommenden Emittenten, z.B. Terpene, die für den typischen Geruch verschiedener Nadelhölzer ursächlich sind und sekundäre die beispielsweise als Reaktionsprodukte entstehen können wie organische Säuren aus Laubhölzern. Formaldehyd kann ebenfalls in eher geringen Mengen von Holz und anderen organischen Produkten abgegeben werden.



Holzwerkstoffe für das Bauwesen, werden heute in der Regel formaldehydfrei verklebt, sodass die Bindemittel keinen Einfluss auf das Emissionsverhalten haben. Holzprodukte emittieren einerseits organische Verbindungen können aber auch aus ihrer Umgebung Substanzen absorbieren und somit zur Verringerung von Schadstoffkonzentrationen beitragen. Terpene, Aldehyde (z.B. Hexanal und Pentanal) und organische Säuren (z.B. Essig- und Hexansäuren) sind die häufigsten Emissionen aus Holz und Holzwerkstoffen. Sie treten je nach Holzart in unterschiedlichen Anteilen und Konzentrationen auf, die üblicherweise ein Abklingverhalten aufweisen. Bei normaler Gebäudenutzung, mit entsprechendem Luftaustausch, nimmt die Konzentration dieser Emissionen nach wenigen Monaten deutlich ab, wobei Temperatur und Feuchte, beeinflusst durch äußere klimatischen Bedingungen, Auswirkungen auf den Verlauf haben und zu Schwankungen führen.

Hierzu hat das FNR Forschungsprojekt „HolnRaLu 1“ eindeutige Ergebnisse geliefert. (siehe Thünen Report 89 und FNR Broschüre „Wohnen und Leben mit Holz“)

Je nach Holzart lassen sich unterschiedliche Anteile der holztypischen Emissionen nachweisen, wobei auch bei gleicher Holzart erhebliche Abweichungen aufgrund der Holzherkunft, der Lagerung und Bearbeitung und der Messanalyse festzustellen sind. Im Gegensatz zu beispielsweise den Festigkeitseigenschaften von Holz stellen die flächenspezifischen Emissionsraten der einzelnen VOC keinen dauerhaft feststehenden Wert dar, sondern nur eine Momentaufnahme zu einem bestimmten Zeitpunkt. Der Startpunkt der Emissionsprüfung hat dementsprechend einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis.



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

3 Richtwerte und Leitwerte

Zur Beurteilung chemischer Verunreinigungen der Innenraumluft dienen in Deutschland üblicherweise unterschiedliche Bewertungskonzepte. Diese Bewertungskonzepte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer rechtlichen Verbindlichkeit und ihrer gesundheitlichen Bedeutung.

- **Richtwerte** sind auf geeigneten Erkenntnissen zu toxischen Wirkungen und Dosis-Wirkungsbeziehungen aus Erfahrungen am Menschen oder aus tierexperimentellen Untersuchungen abgeleitete Beurteilungswerte. Sie können auf unterschiedliche Schutzniveaus abzielen, z.B. der RW II der AG Raumluft des Umweltbundesamtes, der als Gefahrenwert gilt und der RW I, der als Vorsorgewert gilt.
- **Leitwerte** sind rechtlich nicht verbindlich aber gesundheitlich-hygienisch begründete Beurteilungswerte eines Stoffes oder einer Stoffgruppe (z.B. Kohlendioxid, TVOC und Feinstaub in der Innenraumluft). Auch Festlegungen überregionaler Organisationen wie z.B. die Air Quality Guidelines der WHO sind als solche anzusehen.



Leitwerte für TVOC in der Innenraumluft (2007):

| Stufe | Konzentrationsbereich [mg TVOC/m ³] | Hygienische Bewertung |
|-------|---|---|
| 1 | ≤0,3 mg/m ³ | Hygienisch unbedenklich |
| 2 | >0,3-1 mg/m ³ | Hygienisch noch unbedenklich, sofern keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen |
| 3 | >1-3 mg/m ³ | Hygienisch auffällig |
| 4 | >3-10 mg/m ³ | Hygienisch bedenklich |
| 5 | >10 mg/m ³ | Hygienisch inakzeptabel |

Quelle: Umweltbundesamt



Wichtige Normen zur Raumluftqualität

DIN EN 15251

Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik.

DIN EN 13779

Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme.

DIN EN 16798 Teil 1 - 17 (Entwurf)

Energieeffizienz von Gebäuden – Vorgaben für Raumluftqualität, Temperatur, Licht, Akustik. Berechnungsverfahren für Energiebedarf von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen sowie Kühlsysteme.

DIN 1946 Teil 1 - 7

Raumlufttechnik – Raumlufttechnische Anlagen und Vorgaben zur Lüftung.

DIN EN ISO 16000 – Teil 1 - 36

Innenraumluftverunreinigungen – Probenahmestrategien und Prüfvorgaben.

Die Normen sind erhältlich bei www.beuth.de



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

4. Forschungsergebnisse

4.1 Erarbeiten eines objektiven Verfahrens unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Holz und Holzwerkstoffen bei der Bewertung ihres Einflusses auf die Innenraumluftqualität

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sollten wissenschaftlich belastbare Kriterien für die Bewertung der Abgabe von flüchtigen organischen Verbindungen von Holz-Bauprodukten erarbeitet werden. Ziel ist es eine Bewertung der Produkte im Hinblick auf ihre beabsichtigte Verwendung in unterschiedlichen Bauteilen zu ermöglichen, die verschiedene Einflussfaktoren einer realistischen Einbausituation berücksichtigt. Daher wurde diese Betrachtung möglichst realitätsnah an Modellhäusern unterschiedlicher Bauweisen und Materialkombinationen durchgeführt. Im Rahmen des Projektes wurden die VOC-Emissionen einzelner Baumaterialien aus normgerechten Prüfkammernmessungen mit der Innenraumluftqualität von Modellhäusern verglichen, die mit diesen Materialien hergestellt wurden. Dazu wurden vier Modellhäuser mit unterschiedlichen Wandkonstruktionen und Materialkombinationen gefertigt und auf dem Thünen-Institutsgelände aufgestellt. Die Raumluftkonzentrationen wurden über einen Zeitraum von über zwei Jahren regelmäßig gemessen, um eine Aussage über zu erwartende langfristige Innenraumluftkonzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen zu erhalten.



*Die Versuchsgebäude
auf dem Gelände des
Thünen-Institutes in Hamburg*



ERGEBNISSE: In der Raumluft der Modellhäuser wurden hauptsächlich Aldehyde und Terpene, und somit Substanzen, die aus den eingesetzten Holzmaterialien emittierten, gemessen. Zu Beginn der Messungen nahmen die Konz. aller Substanzen ab. In den Frühlings- und Sommermonaten stiegen die Konz. an, sanken im darauffolgenden Herbst und Winter wiederum ab. Die Ausgangskonzentrationen wurden während des gesamten Verlaufs nicht wieder erreicht. Es wird erkennbar, dass die Konzentrationen in den Modellhäusern dem Grunde nach abnahmen, wie dies auch bei der Produktprüfung über einen Zeitraum von 28 Tagen und länger zu beobachten ist. Allerdings wird diese Konzentrationsabnahme von den Außen- und Innentemperaturen überlagert: Bei höheren Temperaturen sind die Konzentrationen grundsätzlich höher. Die Ableitung der mittleren Raumluftkonzentration aus den Baustoffemissionen scheint für alle Substanzen hinsichtlich der beabsichtigten Verwendung nicht möglich. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass im Hinblick auf eine produktspezifische Anpassung der Bauproduktprüfung und -bewertung für die beabsichtigte Verwendung angemessen berücksichtigt werden sollte: Substanzen bzw. Stoffgruppen sollten grundsätzlich differenziert betrachtet werden. Eine Bewertung der Produktemissionen anhand eines Summenwertes reflektiert die festgestellten Zusammenhänge nicht hinreichend und sollte für holzbasierte Materialien nicht regulatorisch angewendet werden. Es wurde an den Modellhäusern in verschiedener Holzbauweise festgestellt, dass der Einfluss der Außentemperatur auf die Raumluftkonzentration sehr groß ist. Es darf angenommen werden, dass dies auch für andere Bauweisen und -systeme zutrifft. Daher erscheint aus bauphysikalischer Perspektive als zielführend dem (sommerlichen) Wärmeschutz ganz grundsätzlich hinsichtlich der Raumluftqualität erheblich mehr Bedeutung beizumessen. Denn es ist offensichtlich, dass die Außentemperatur einen so erheblichen Einfluss auf die Konz. in Gebäuden hat, dass diese mit langfristiger Gebäudenutzung dem Einfluss der eingesetzten Baustoffe überwiegt.



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

4.2 Gesundholz: Gesundheitliche Bewertung von Emissionen aus Holz und Holzprodukten in Innenräumen mittels experimenteller toxikologischer Untersuchungen und humanbasierter Beobachtungen

Ziel des Projektes war es, ein umfassendes Bild über mögliche gesundheitliche Auswirkungen von holztypischen VOCs (nVOCs) und Emissionen aus Holz und Holzprodukten aufzuzeigen. Dazu wurden zu Beginn, in einer literaturbasierten Studie, Erkenntnisse zur gesundheitlichen Bedeutung von nVOCs und deren bestehender Richtwerte zusammengestellt. Die Literaturstudie diente als Grundlage für die anschließenden experimentellen Untersuchungen. Diese sollten auf Basis des gewonnenen Datenmaterials und unter Einbeziehung von Tierversuchsdaten aus den anderen Teilvorhaben, Analysen zum Zusammenhang zwischen in-vitro- und in-vivo-Effekten von nVOCs erlauben und so eine gesundheitliche Bewertung ermöglichen.



Ergebnisse: Die anfangs durchgeführte umfassende Literaturstudie erlaubte eine Einschätzung des Gefährdungspotentials von nVOCs hinsichtlich ihrer gesundheitlichen Effekte. Anschließend wurden zahlreiche Experimente an menschlichen Lungenepithelzellen A549 und einem 3D-Augenmodell mit nVOCs und deren Gemischen durchgeführt. Die verschiedenen Stoffklassen zeigten dabei in den eingesetzten Bioassays unterschiedliche toxische Wirkpotentiale. Bedeutend erscheint die biologische Reaktivität der untersuchten Aldehyde, insbesondere die des Hexanals. Zusammenfassend ergibt sich folgendes Fazit: Emissionen aus OSB zeigen ein zelltoxisches Potential in Lungenepithelzellen.

Für α -Pinen, 3-Caren und Limonen sowie für Emissionen aus Kiefernholz ist dagegen keine Zelltoxizität nachweisbar. Synergistische Effekte (Mischungstoxizitäten) liegen auf Grundlage der erhobenen Daten nicht vor. Primäre genotoxische Effekte sind nicht nachweisbar, auch finden sich keine akut-entzündlichen Eigenschaften der nVOCs. Mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen konnte die vorhandene Wissensbasis zum toxikologischen Potential von nVOCs um wichtige Erkenntnisse erweitert werden. Es lässt sich ableiten, dass die untersuchten mono- und bicyclischen Monoterpene aus Holz, selbst bei sehr hohen Konzentrationen, keine basalen toxischen Effekte auslösen. Ihr Gefährdungspotential und ihre toxikologische Einstufung sollten auf Grundlage der vorliegenden Untersuchungen kritisch überdacht werden.

Die Abschlussberichte und Projektbeschreibungen zu diesen und weiteren FNR Förderprojekten können unter nachfolgendem Link eingesehen werden:

<https://baustoffe.fnr.de/projektfoerderung/themenfeld-baustoffe-projekte-des-bundesministeriums-fuer-ernaehrung-und-landwirtschaft-im-aktuellen-foerderprogramm-nachwachsende-rohstoffe-seit-mai-2015>



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

5. Empfehlungen zum Umgang mit VOC (Betriebliche Maßnahmen)

- **Der DHV** rät zu einem Produktmanagement mit Erfassung aller gesundheitlich relevanter Daten (Technische Merkblätter, Sicherheitsdatenblätter u. EPD).
- **Baulicher Gesundheitsschutz** sollte integrierter Teil des betriebseigenen Qualitätsmanagements sein (DHV-Zertifizierung der Betriebe und der Qualitätskoordinatoren)
- **Emissions- und Feuchtmanagement** sind in den betrieblichen Abläufen bis zur Fertigstellung der vertraglich vereinbarten Leistung, sicherzustellen.
- **Raumlufmessungen** sind soweit vertraglich vereinbart, nur nach vorher festgelegter Messstrategie durchzuführen. (Messvorbereitung, Einhaltung der DIN, Feinreinigung, Verschlusszeiten und Belüftung)
- **Geregelte Lüftungsanlagen** sind bei einem Haus mit einer niedrigen n50-Wert ($< 0,8$) aus allgemein raumluft-hygienischen Gründen zu empfehlen.



6. Raumlufmessung und Messstrategie

Die Kammerprüfungen von Produkten ist baurechtlich geregelt, die von Raumlufmessungen nicht. Diese sind zivilrechtliche Vereinbarungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer und sind dann Teil des Werkvertrags. Folgendes ist zu beachten:

Für den Werkvertrag

- Die Einzelstoff-Richtwerte II (ERW II) der beim Vertragsabschluss aktuellen AIR/UBA Richtwerttabelle sind einzuhalten.
- Der TVOC-Wert in Höhe von $1.500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist einzuhalten.
- Der Richtwert I für Formaldehyd in Höhe von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist einzuhalten

Für die Raumlufmessung

- Die Raumlufmessung hat nach DIN 16000 ff zu erfolgen. Es sollte durch einen holzbauerfahrenes Institut oder vgl. erfolgen.
- Für die Vorbereitung der Messung ist eine sachgerechte Messplanung aufzustellen und an der Baustelle umzusetzen.
- Die zu messenden Räume sind fachgerecht u.A. mit einem Feinstaubsauger zu reinigen. Dabei sind keine alkohol - oder chlorhaltigen Reinigungsmittel zu verwenden.
- Es darf nur bei nutzungsüblichen Raumklimazielwerten gemessen werden. Bei Sonneneinstrahlung ist eine rechtzeitige Beschattung zu bewerkstelligen. Normwerte für Schulen, Büros und Wohnräume gem. DIN EN 15251 bzgl. Temperatur, Luftfeuchte, CO_2 sind einzuhalten



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

7. Übersicht der wichtigsten Aspekte

Anwendungsbereich



- Die Innenluft von Räumen wird durch verschiedenste Faktoren beeinflusst.
- Um zu beurteilen ob es sich bei den Emissionen aus Holz und Holzwerkstoffen um „Schadstoffe“ handelt, ist die jeweilige Substanzkonzentration und/oder die jeweilige toxikologische Wirkung entscheidend.
- Bei der Einschätzung des Einflusses betrachtet man in erster Linie aber die hygienische Auswirkung auf die Innenraumluft.

Vorschriften



- Als Maßgaben werden in der Regel die Richtwertetabelle und die Leitwerte zur Raumlufthygiene des Umweltbundesamtes herangezogen.
Es gelten vor allem auch auch:
- **DIN EN 15251** mit Eingangsparemeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik.
- **DIN EN 13779**
Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme.
- **DIN 1946 Teil 1 - 7**
Raumluftechnik – Raumluftechnische Anlagen und Vorgaben zur Lüftung.
- **DIN EN ISO 16000 – Teil 1 - 36**
Innenraumluftverunreinigungen – Probenahmestrategien und Prüfvorgaben

Beeinflussende Faktoren



- Von der Auswahl der Baustoffe und deren Emissionsrate hängt die Gesamtbilanz stark ab.
- Es kommt auf die geeignete Baustoffkombination in den Bauteilen an
- Äußere Bedingungen, wie Temperatur, Feuchte und Sonneneinstrahlung beeinflussen das Emissionsverhalten.
- Baustoffe mit hoher Sorptionsfähigkeit und guten feuchteregulierenden Eigenschaften haben positiven Einfluss auf die Raumlufthygiene

Fehlerquellen



- Hohe Baufeuchte bei der Montage des Gebäudes
- Zu niedrige Luftwechselrate (schlecht eingestellte Lüftungsanlagen oder zu wenig manuelle Lüftung)
- Falsche Baustoffkombination mit verstärkenden Emissionseffekten (z.B. Autooxidation bei Linoleum und Leinöl)
- Emissionsträchtige Dicht- und Beschichtungstoffe



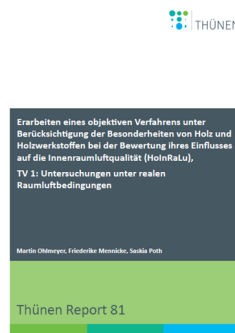
Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

8. Literatur, Informationen und Webadressen

Thünen Report 81
HolnRaLu

DHV Broschüre(12 S.)
VOC im Holzbau

FNR Broschüre (48 S.)
Wohnen u. Leben mit Holz



Webadressen (allgemeine Informationen)

<https://d-h-v.de/mitglieder/ak-oekologischer-holzbau/> (DHV Seite)

<http://www.holz-und-raumluft.de/> (allgemeine Informationen)

<https://www.iqih.de/> (Dienstleistung/ Beratung / Moderation)



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

9. Allgemeine Hinweise:

- Die verwendete Tabelle wurde vom Umweltbundesamt übernommen.
- Das Foto der Versuchsgebäude auf dem Gelände des Thünen Institutes, wurde für dieses Merkblatt zur Verfügung gestellt.
- Auszüge aus den Normen wurden als solche gekennzeichnet
- Änderungen der jeweiligen Normen sind vorbehalten
- Die von dem DHV geprüften Decken sind alle in verbautem Zustand im Objekt gemessen worden (inkl. Nebenwegen)
- Es wird keine Garantie auf Vollständigkeit oder Richtigkeit gegeben, im Zweifel gilt die jeweilige Norm
- Dieses Dokument ersetzt nicht die entsprechende Norm und ist als ergänzendes Hilfsmittel gedacht
- Weitergabe an verbandsfremde Unternehmen ist nur mit Genehmigung des Verbandes erlaubt
- Stand: 15. März 2022