

Hygienische Bewertung von Baumaterialien – richtig planen und konstruieren

Karl-Heinz Weinisch
Institut für Qualitätsmanagement und Umfeldhygiene
Weikersheim, Deutschland



Hygienische Bewertung von Baumaterialien – richtig planen und konstruieren

Wie bei der Entstehung von Raumklima physikalische, chemische und biologische Faktoren zusammenwirken.

1.1. Behördliche Richtwerte für Innenraumluftqualität 2017

Der Ausschuss für Innenraumrichtwerte hat Ende 2016 den Formaldehydrichtwert gesenkt. Zudem wurde der Richtwert für einen Konservierer in Farben, Putzen und Lacken festgelegt. (Christine Däumling / www.Umweltbundesamt.de vom 14.12. 2016)

«Die Menschen in Mitteleuropa halten sich heute durchschnittlich 90% der Zeit in Innenräumen auf. Pro Tag atmet der Mensch 10 bis 20 qm Luft ein, je nach Alter und je nachdem, wie aktiv er ist. Dies entspricht einer Masse von 12 bis 24 kg Luft. Das ist weitaus mehr als die Masse an Lebensmitteln und Trinkwasser, die eine Person täglich zu sich nimmt!» (Aus: Umweltbundesamt – Richtwerte f. die Innenraumluft, 09.08. 2011) Aber wie baut man Häuser, damit die «hygienebezogenen» Richtwerte eingehalten werden? Wie findet man emissionsreduzierte Bauprodukte und sind Prüflabel die Lösung? ¹

«Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) definiert «Innenräume» als Wohnungen mit Wohn-, Schlaf-, Bastel-, Sport- und Kellerräumen, Küchen und Badezimmern, außerdem Arbeitsräume in Gebäuden, die im Hinblick auf gefährliche Stoffe nicht dem Geltungsbereich der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) unterliegen wie etwa Büroräume. Innenräume in öffentlichen Gebäuden (Krankenhäuser, Schulen, Kindertagesstätten, Sporthallen, Bibliotheken, Gaststätten, Theater, Kinos und anderen öffentliche Veranstaltungsräumen) sowie das Innere von Kraftfahrzeugen und öffentlichen Verkehrsmitteln zählen ebenfalls dazu. Während für Arbeitsplätze, an denen mit Gefahrstoffen umgegangen wird, Grenzwerte nach der Gefahrstoffverordnung gelten, trifft dies für die oben genannten Innenräume nicht zu. So ist eine Belastung mit Formaldehyd in der Luft eines Büroraumes, die durch Ausgasung aus spanplattenhaltigen Möbeln entstehen würde, wie eine Wohnraumbelastung zu betrachten und nicht wie eine Belastung am Arbeitsplatz, etwa in der chemischen Industrie.»

Was bedeuten die neuen staatlichen Richtwerte für Planer und Baufirmen?

Alle am Bau Beteiligte müssen sich vermehrt über ihre Baustoffe informieren, sie sollten noch behutsamer bauen und möglichst emissionsreduzierte Baustoffe verwenden. Wir informieren darüber, wie man schon bei der Planung möglichst alle aktuellen 44 Richtwerte für die Innenraumluft berücksichtigen und einhalten kann. Handwerker sollten Verarbeitungsfehler reduzieren um möglichst keine unnötigen Emissionen freizusetzen. In wie weit kann man sich auf geprüfte Baustoffe verlassen, sodass man mit ihnen die Innenraumrichtwerte sicher einhalten kann?

Was bedeutet gesundes Wohnen?

Auf gesundheitsbelastende oder allergieauslösende Inhaltsstoffe aus Möbeln, Teppichen, Bodenbelägen, Reinigern, Raumausstattungen, Kleb- und Dichtstoffen können besonders Kleinkinder, ältere Menschen und chronisch Kranke reagieren. Etwa 30 Millionen Menschen leiden an Allergien und manche vertragen nicht mal Hausstaub und ganz natürliche Stoffe wie Gras-, Birken- oder Haselnusspollen. Verschärft wird die Schadstoffproblematik heutzutage durch die luftdichte Gebäudehülle, wenn gleichzeitig die Raumnutzer zu wenig lüften. Symptome wie Kopfschmerzen, Schwindel, Schlaflosigkeit, Atemprobleme oder Augenreizungen, die nur im Gebäude auftreten, außen jedoch nicht, führen dazu, dass Betroffene dies als Indiz für eine nicht richtwertkonforme Baustoff- oder Raumluftqualität werten. Am Häufigsten führen jedoch nicht Baumaterialien, sondern vom Bewohner eingebrachte Raumausstattungen, Möbel, Beschichtungen und Reiniger zu erhöhten Schadstoffwerten.

¹ EG-Bauproduktenrichtlinie (RL 98/106/EWG) – neu ab 01. 07 2013 Bauprodukteverordnung, Bauprodukten-gesetz (BauPG), Musterbauordnung bzw. Landesbauordnungen, CE = Europ. Konformitätszeichen, Emissionsprüfung nach AgBB Schema (VOCs und SVOCs nach 28 Tagen), Formaldehyd-Emissionsprüfung für Holz- u. Holzwerkstoffe E1 und E0, Blauer Engel | RAL Gütezeichen, Natureplus etc. (siehe auch Anlagen)

Zweithäufigste Ursache für schlechte Raumluft ist eine nicht normgerechte Lüftungstätigkeit bzw. das Fehlen von RLT-Anlagen und Lüftungsplanungen.

1.2. Vertraglich einzuhaltende Emissionszielwerte

Auf die behördlich formulierten oder vertraglich festgelegten Emissionszielwerte sollte schon bei der Planung und Kosteneinschätzung geachtet werden. Alle am Bau Beteiligten können mit einer gezielten Materialauswahl, emissionsvermeidenden Konstruktionsaufbauten und vorschriftsmäßiger Verarbeitung, aber auch mit wirkungsvollen Baustellen-Endreinigungen viel zur Einhaltung der Richt- und Zielwerte beitragen. Im Beratungsgespräch sollten verschiedene Lüftungs-, Material- und Bauteilvariationen emissionsbezogen und kostentechnisch mit einander verglichen werden. Menschen, die ihre neue Wohnung beziehen, sind sich meist nicht darüber im Klaren, wie schnell Baustoffgerüche wegen der zunehmend luftdichteren Bauweise und bei gleichzeitig zu geringer Lüftungstätigkeit als störend wahrgenommen werden. Denn im Gegensatz dazu haben sich in der vormals bewohnten Altbauwohnung die Schadstoffe und Gerüche durch undichte Fenster oder Türen wie von selbst abgebaut. Welche Bauprodukte und Lüftungsanlagen garantieren ein normgerechtes Raumklima?

1.3. Richtwerte für die Material- und Raumluftqualität



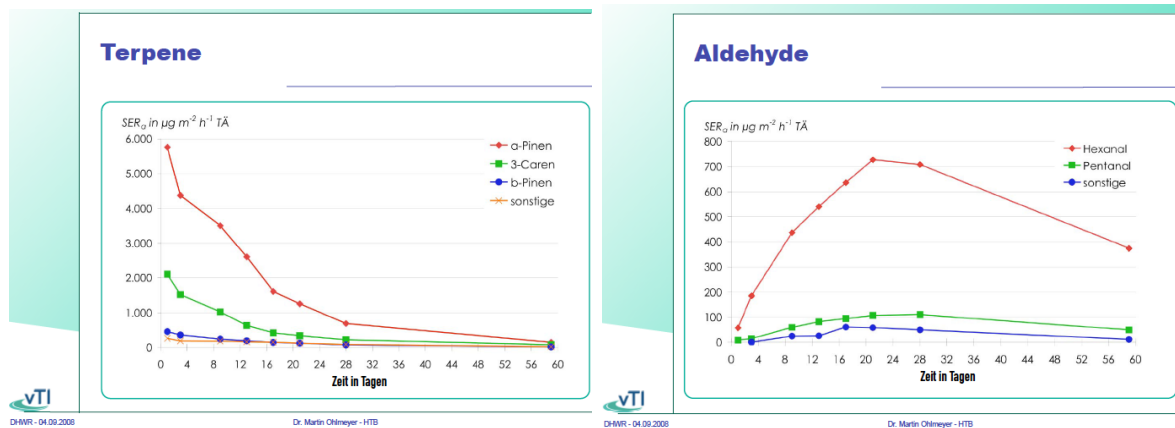
In Brüssel arbeiten die zuständigen Kommissionen aktuell an EU weit einheitlichen VOC (Volatile Organic Compounds = leichtflüchtige organische Verbindungen) Regelungen für Baustoff- und Raumluftprüfungen. In Deutschland führen schon seit Jahren die durch die Bauherrschaft anberaumten Raumluft-Kontrollmessungen zu unerwarteten Baumängelanzeigen wegen Richtwertüberschreitungen.

Um hohe Kosten und lange Rechtsstreitigkeiten zu vermeiden, sollten Bauunternehmen und Planer in Zukunft neben Schall-, Wärme und Brandschutz, Standsicherheit oder Kostenüberwachung auch die ständig aktualisierten Richtwerte für Innenraumluftqualität beachten. Selbst wenn im Bauvertrag die Einhaltung von Richtwerten nicht explizit vereinbart wurde, kann erfahrungsgemäß ein Rechtsstreit wegen Neubaugerüchen oder bei Schadstoffverdacht drohen, besonders dann, wenn in der Werbung von Unternehmern eine «gesunde» oder «allergikergerechte» Bauweise angeboten wurde.

Unangenehme Folgen kommen ganz sicher auf den Auftragnehmer zu, wenn er die in Bauverträgen oder Leistungsverzeichnissen geforderten Emissionszielwerte für die Raumluft oder diesbezügliche Materialvorgaben übersieht und dann die Bauabnahme verweigert wird, weil er diese unwissentlich geschuldeten Vorgaben dann nicht einhält. Um keinen Rechtsstreit zu riskieren, sollten sich Bauunternehmer und Planer zukünftig mit den Ziel- und Richtwerten und Prüfzeichen wie der «Blaue Engel» befassen.

Bei vielen Konsumenten nimmt die Gesundheitsprävention inzwischen einen hohen Stellenwert ein, sodass auch das Wohnen in einem ökologisch gebauten und energieeffizienten Gebäude diesem Kundenanspruch genügen sollte. Vielen Unternehmern ist nicht bewusst, dass sogar die «Sowiesoemissionen» der Holz- und Holzwerkstoffe wie die natürlichen Terpene und Aldehyde, die auch den Geruch des Holzes bestimmen, die der Hersteller oder Verarbeiter kaum beeinflussen kann, durch allzu strenge behördliche Richtwerte² geregelt werden.

² <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innen-raumrichtwerte-vormals-ad-hoc> in der BRD, https://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innen-raumluft/richtlinie_innenraum.html in Österreich



Quelle: Dr. Ohlmeyer, HTB

Obwohl bis heute noch keine wissenschaftlich begründeten Nachweise für deren Gesundheitsgefährdung bei solchen geringen Raumlufteanteilen vorliegen, müssen sie trotzdem eingehalten werden, um keinen Rechtsstreit zu riskieren. Harzreiche Holzarten geben beispielsweise hohe Terpenkonzentrationen an die Raumlufte ab und sollten deshalb schon in der Planung nur mit Bedacht im innenraumseitigen Bauteil eingesetzt werden. Beim Einkauf sollten solche Holzwerkstoffhersteller ausgewählt werden, die auf emissionsreduzierte Rohstoffqualitäten und emissionsvermeidende Produktions- und Lagerungs-techniken achten.

1.4. Hygienische Grundsätze für die Baustoffauswahl

Die hygienebezogene Baustoffbewertung befasst sich präventiv mit den Wechselbeziehungen zwischen dem Werkstoff und seiner Umwelt. Im Zusammenhang mit der Innenraumhygiene geht es vorrangig um die raumseitig verarbeiteten Raumausstattungs-materialien wie Kleber-, Lack-, Dicht- und Beschichtungsstoffe und zweitrangig um Rohbaumaterialien. Ein bewährtes und holzbaubezogenes Qualitätsmanagementverfahren zum Erreichen der Emissionszielwerte (UBA Richtwerte zur Innenraumluftqualität) unterstützt zuverlässig die Bauunternehmer, Subunternehmen und die Mitarbeiter.

1.5. Richtwerte für die Innenraumluft

Stufe	Konzentrationsbereich [mg TVOC/m³]	Hygienische Bewertung
1	≤ 0,3 mg/m³	Hygienisch unbedenklich
2	> 0,3-1 mg/m³	Hygienisch noch unbedenklich, Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe beachten
3	>1-3 mg/m³	Hygienisch auffällig, w. o.
4	>3-10 mg/m³	Hygienisch bedenklich, w. o.
5	>10 mg/m³	Hygienisch inakzeptabel, w. o.

Wenn der vereinbarte Summenrichtwert (TVOC) bei der Bauabnahme nicht eingehalten werden kann oder Geruchsprobleme vorliegen, könnte der Bauherr einen Baumangel anzeigen, wobei die nebenstehenden Summenrichtwerte die Bewertungsgrundlage für Kontrollmessungen darstellen.

Neben einigen holzbezogenen Emissionen der Tab. 7.1 gibt es noch über 30 weitere Einzelrichtwerte, die schon jetzt in öffentlichen aber auch privaten Ausschreibungen verankert sein könnten. Auch hier kann der Holzbauer durch die Umsetzung der erwähnten Qualitätssicherungsmaßnahmen die geforderten Emissionszielwerte sicher einhalten.

TAB. 7.1: INNENRAUMLUFTRICHTWERTE FÜR SUBSTANZEN MIT MÖGLICHER RELEVANZ FÜR HOLZ UND HOLZPRODUKTE¹⁾

Substanz/Substanzklasse	Richtwert	Bemerkungen
bicyclische Monoterpene ²⁾	RW I = 0,2 mg/m³ RW II = 2 mg/m³	Ad hoc AG (2003)
monocyclische Monoterpene ³⁾	RW I = 1 mg/m³ RW II = 10 mg/m³	Ad hoc AG (2010)
gesättigte azyklische aliphatische C4- bis C11-Aldehyde	RW I = 0,1 mg/m³ RW II = 2 mg/m³	Ad hoc AG (2009)
2-Furaldehyd (Furfural)	RW I = 0,01 mg/m³ RW II = 0,1 mg/m³	Ad hoc AG (2011)
Benzaldehyd	RW I = 0,02 mg/m³ RW II = 0,2 mg/m³	Ad hoc AG (2010)
Formaldehyd	0,1 ppm ⁴⁾ 0,08 ppm ⁵⁾	Bundesgesundheitsamt (1977) WHO (2010)

1) Aktualisierte Richtwerte und Erläuterungen sind über die Internetseite des Umweltbundesamtes abrufbar (www.umweltbundesamt.de/gesundheits/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm)
 2) Leitsubstanz α-Pinen
 3) Leitsubstanz d-Limonen
 4) Bestätigt im Jahr 2006 durch die Ad hoc AG
 5) Definiert für Kurz- und Langzeitexposition

Gemäß unseren Messerfahrungen können diese o.g. nVOCs (VOCs wie Terpene und Aldehyde natürlichen Ursprungs) aus Holz durch kapillargängige lösemittelhaltige Pflegemittel und Reiniger, Dicht- und Klebstoffe, Lacke und Anstrichmittel sogar noch gefördert werden.

Diese dringen nach der Verarbeitung in Holzkanälchen ein, sodass sie die natürlichen Holz-inhaltsstoffe «anlösen». Deshalb sollte man lösemittelhaltige Baustoffe sorgfältig verarbeiten, austauschen oder ganz vermeiden und bei ausreichendem Luftwechsel verarbeiten.

Erfahrungsgemäß nehmen die durch Holz verursachten natürlichen Emissionen nach 3-6 Wochen und bei ausreichender Heiz- und Lüftungstätigkeit schnell wieder ab. Auf diesen Sachverhalt sollte die Bauherrschaft hingewiesen werden, um verfrühte Probenahmen und somit Messwertverfälschungen auszuschließen. Emissionswerte können auf Grund von statistisch basierten Rechenmodellen im Voraus eingeschätzt werden.

1.6. Prüfnorm für Bauprodukte und die Raumluft

Wenn bei Kontrollmessungen die behördlichen Raumluftrichtwerte nicht eingehalten werden können, dann stehen alle Bauunternehmen unter Generalverdacht. Die Ursachensuche beginnt in der Regel bei den verwendeten emissionsverdächtigen Produkten. Zudem wird geprüft, ob regel- und werkvertragskonforme Bauprodukte verwendet wurden. Vergangene Praxisfälle haben gezeigt, dass Richtwerte sogar überschritten wurden, obwohl man nur emissionsgeprüfte Bauprodukte verwendet hat. Die Ursache hierfür ist darin zu suchen, dass Produktprüfungen in der Messkammer im Labor zu niedrigen Messwerten führten, weil die Kammern belüftet sind. Bei Kontrollmessungen der Raumluft werden gemäß der DIN EN 16000 und den Empfehlungen des Umweltbundesamtes müssen, anders als bei Produktprüfungen im Labor, die Räume eine bestimmte Zeit in einem unbelüfteten Zustand bleiben, bevor mit der Messung begonnen werden darf.



In der Prüfkammer (Bild links) werden konstante Luftwechsel und Klimabedingungen vorgegeben, wohingegen in Realräumen ohne Lüftungsanlagen die Räume vor der Messung ca. 8 Std. luftdicht verschlossen bleiben. Im realen Innenraum gibt es zudem Fremdeinträge durch Baustellenstäube, chemische Wechselwirkungen mit anderen Bauprodukten, Temperatur- und Feuchteschwankungen, was die Messwerte zu Lasten des Bauunternehmers verfälschen kann. Deshalb sind Raumlufmessungen gerade im Holzbau sorgfältig vor auszuplanen, wobei wir die Holzbauunternehmen beraten.

Folge: Die Verwendung von emissionsgeprüften Bauprodukten ist zu empfehlen, schützt jedoch Bauunternehmen nur bedingt vor einer Überschreitung der Raumluftrichtwerte bei der Bauabnahme.

Die Lösung: Es sollten möglichst nur Baustoffe verwendet werden, die über eine Produktdeklaration inklusive der Angabe aller Inhaltsstoffe verfügen. Zusätzliche Simulationsberechnungen für CO₂ und VOCs als Emissionsprognose für Innenräume basierend auf der Messwertstatistik in öffentlichen, gewerblichen und privaten Immobilien bieten zusätzliche Sicherheit. Grundsätzlich sollten heute die Produkte mindestens über Prüfzertifikate wie der «Blaue Engel», E1 plus, EC 1 plus oder natureplus verfügen. Heute verfügen einige Hersteller über zusätzliche Emissionsprüfungen, damit mit hoher Sicherheit die Emissionszielwerte in Ausschreibungen eingehalten werden.

1.7. Mängelanzeigen wegen Gerüchen oder Emissionen

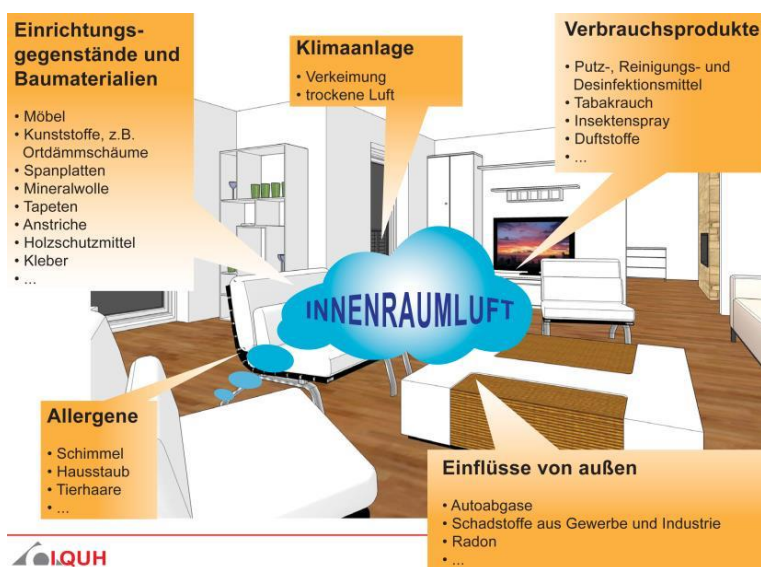
Um einen drohenden Rechtsstreit zu vermeiden, sollten Bauunternehmer immer unverzüglich handeln, wenn sie bei Kontrollmessungen «durchgefallen» sind. Sie sollten unverzüglich Einspruch einlegen und zur Sicherheit eigene normgerechte Kontrollmessungen beauftragen.

Immer häufiger beanstanden unzufriedene Kunden lediglich einen ihrer Meinung nach inakzeptablen Neugeruch. Maler mussten wegen Geruchsproblemen ihre neu gestrichenen Wände wieder abfräsen, Bodenbeläge mussten wieder entfernt werden oder Möbel wurden einfach wieder zurückgegeben – teilweise übernahmen die Versicherungen sogar die Kosten.

Bei den meisten der von uns betreuten Rechtsstreitfälle auf Grund Geruchs- oder Emissionsproblemen in neu erstellten oder renovierten Holzgebäuden konnten wir nachweisen, dass die streitverursachenden Erstmessungen nicht unter normgerechten Mess- und Klimabedingungen durchgeführt wurden. Daher waren die diesbezüglichen Haftungsansprüche gegenüber Handwerkern, Planern oder Generalunternehmern ungerechtfertigt. Durch einen begründeten Einspruch und geeigneten Messverfahren konnten langwierige juristische Auseinandersetzungen vermieden werden.

Gibt der Auftraggeber neben den Emissionszielwerten auch bestimmte Prüf- und Baustofflabel im Werkvertrag vor, sollten die vorsorglichen bau- und wohngygienischen Maßnahmen dringend eingehalten werden. Niedrige Emissionswerte hängen aber nicht nur von der Materialauswahl ab, sondern auch von der Verarbeitungskompetenz und Achtsamkeit der Mitarbeiter und Bauleiter.

2. Raumluftqualität und deren Einflussfaktoren



Die Messwerte bei Raumluftmessungen sind von vielerlei Einflussfaktoren wie Trocknungszeit, Temperatur, Luftfeuchte, Beschattung, Feinreinigung aber auch von den Eigenschaften verwendeter Reinigungs-, Kleb- und Dichtstoffe abhängig. Die RLT-Anlagen spielen eine entscheidende Rolle bei der Gebäudevorbereitung und Messplanung, da vorhandene Lüftungsanlagen während der Messung angeschaltet sein dürfen.

Um Materialien empfehlen zu können, mit denen die behördlich geforderten Raumluftricht-

werte oder die vertraglich geforderten Emissionszielwerte eingehalten werden können, wurden diesbezügliche Praxisstudien durchgeführt.

2.1. Baumaterialien und Baukonstruktionen

Viele der konventionellen Baustoffe aber auch so genannte natürliche und ökologische Bauprodukte wie Massivholz, Holzwerkstoffe, Farben, Putze, Dämmstoffe aus nachhaltigen Rohstoffen oder Bodenbeläge aus Naturmaterialien wie Kork, Linoleum oder Holzfertigparkett geben grundsätzlich in der Anfangsphase der Bautrocknung «Sowieso-Emissionen» an die Raumluft ab. Hierbei unterscheidet man zwischen mehr oder weniger umweltschädlichen Emissionen. Bei unsachgemäßer und zu schneller Verarbeitung oder bei unzureichender Trocknung emittieren künstliche aber auch die natürlichen Verbindungen besonders stark.

Besondere Aufmerksamkeit gebührt den Bauteilschichten und deren Trocknung bzw. Ablüftung. Außergewöhnliche chemische Kombinationseffekte oder eine erhöhte Restfeuchtigkeit innerhalb der einzelnen Putz- und Farbaufschichten oder Belags- und Dämmestrichaufbauten sind vor Kontrollmessungen zu vermeiden, sonst drohen erhöhte Emissionen. Es wird empfohlen solche negativen Effekte vorher geruchssensorisch und messtechnisch zu prüfen und gegebenenfalls auszuschließen.



Naturgemäß sind gerade die nVOCs aus Holz bei einer zu früh geplanten Raumluftmessung auffällig, da sie lagerungs- oder produktionsbedingt nur kurzzeitig hohe Werte erreichen und nach einer vorhersehbaren Zeit wieder abklingen. Grundsätzlich klingen in allen neu errichteten oder modernisierten «luftdichten» und energetisch optimierten Häusern alle leichtflüchtigen Verbindungen innerhalb ca. 8-12 Wochen wieder ab. Viele sinken schon bei ausreichender Lüftungstätigkeit unter den Richtwert. Problematisch Werte werden also nur

dann erreicht, wenn kurz nach Fertigstellung eine normgemäße Raumluftmessung in einem 8 Stunden lang unbelüfteten Zimmer durchgeführt wird, ohne dass Vorsorgemaßnahmen eingehalten wurden.

2.2. Eigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen

Wie oben beschrieben geben neben Holz- und Holzverbundstoffe vor allem auch die Beschichtungsstoffe in der Anfangsphase der Bautrocknung vermehrt «Ausdünstungen» an die Raumluft ab.

Beschichtungsstoffe auswählen

Für Handwerker sind schnell trocknende und beständige Oberflächen wichtig. Für Verbraucher zählen aber auch ökologische und gesundheitliche Gesichtspunkte. Aus ökologischer Sicht hat sicherlich das Naturharzöl- und Wachssystem einige Vorteile gegenüber altbewährten Kunstharzsystemen, die ihren Vorteil in der Oberflächenhärte, Verarbeitbarkeit oder Beständigkeit haben. Im Bereich der Gesundheitsverträglichkeit muss man individuell abwägen, ob der Verarbeiter oder der Kunde bestimmte Stoffe oder Lösemittel nicht verträgt. Wasserlacke aus Kunstharzdispersionen haben aufgrund der mittel- bis schwerflüchtigeren Lösemittelanteile messtechnisch daher einen Vorteil gegenüber Natur- oder Kunstharzsystemen mit leichtflüchtigeren Lösemittelanteilen. Bei Betrachtung der Emissionen während der Nutzungsphase haben Wasserlacke jedoch den Nachteil, dass die speziell im Wasserlack enthaltenen schwerer flüchtigen Lösungsmittel und Akrylsäuren die Raumluft länger belasten können. Diese Geruchsprobleme werden aber durch die richtwertrelevanten Raumluftmessungen kaum erfasst. Unfachmännisch verarbeitete Naturharzsysteme können stark muffig und ranzig riechen und werden daher als störend wahrgenommen. Dies geschieht besonders dann, wenn bei der Verarbeitung das vom Hersteller geforderte Verarbeitungsklima, die Abluftzeiten oder die Schichtstärken nicht eingehalten werden. Sie sind als nVOC Aldehyde oder Carbonsäuren im Raum messbar und werden oftmals fälschlicherweise dem Holz zugewiesen. Neue Kunststoff- und Nano-Lacksysteme werden in der Nutzungsphase als sehr stabil und emissionsarm angesehen, wenn sie vollkommen ausgehärtet sind und während der Nutzungsphase kein Abrieb stattfinden kann. Die Nanopartikel sind gefährlich klein und lungengängig, sodass besonders beim Verarbeiten oder Abschleifen ein Atemschutz und gute Be- und Entlüftung am Arbeitsplatz dringend empfohlen werden.

2.3. Innenraumoberflächen, Putze und Farben

Leichtflüchtige Raumlufschadstoffe können durch rein mineralische Oberflächen wie beispielsweise Kalk wegen dessen hohes kapillares Aufnahmevermögen reduziert werden. Gerade deshalb ist es empfehlenswert, in Kinder- und Schlafzimmern, in Schulen und am Arbeitsplatz mit Kalkoberflächen für ein gutes Raumklima zu sorgen. Reine alkalische Oberflächen aus Kalk, Lehm oder Silikat geben zudem keine richtwertrelevanten Emissionen ab und Kalk nimmt zudem noch CO₂ aus der Raumluft auf.

Wie viele Luftschadstoffe können Kalk und Lehm aufnehmen?



Abbildung 1: IQUH, Holzmassivbau - Emissionsforschung

Die während der **Klimabox-Studie** durchgeführten Raumlufmessungen bewiesen die schadstoffreduzierende Wirkung eindrucksvoll. Sie bestätigten die Annahme, dass durch die Verwendung von Naturkalkprodukten in Holzgebäuden mit einer hohen Wahrscheinlichkeit die strengen Richtwerte RW I vom AIR-Umweltbundesamt eingehalten werden können. Um ca. 84 % konnten die Schadstoffwerte in der Raumluft durch die Verwendung von Naturkalkputz auf Lehm- und Massivholzelementen verringert werden.



Abbildung 2: IQUH, Innenbekleidung mit Lehmbauplatten und Kalkputz

Die Summe der leichtflüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) in der Klimabox ohne Lüftungsanlage in Höhe **von 2.131 µg/m³** bei der Erstmessung konnte durch die Beschichtung der Holzwände mit Lehmplatten und Naturkalkputz **auf 339 µg/m³** gesenkt werden. «In Räumen, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind, sollte dieser Wert - **hier: 1.000 µg/m³** - auf Dauer nicht überschritten werden.» (Richtwert des Umweltbundesamtes seit 1999 «nach Seifert. B. Bundesgesundheitsbl 270-278).

Wie kommt es zu dieser schadstoffabbauenden Wirkung?

Vor allem Sumpfkalk besteht aus diffusionsfähigen, weil kapillaraktiven Oberflächen und eignet sich wegen seinem großen inneren Kapillarsystem besonders gut zum Schadstoffabbau. Ein dichtes Röhrchensystem lagert durch Adsorption (hier: kapillare Aufnahme und Einlagerung) Raumlufsäuren, CO₂ und VOC ein. Durch die hohe Alkalität wirkt Kalk sehr gut gegen Gerüche wie Tabak, aber baut auch flüchtige organische Verbindungen aus Baustoffen ab. Der Effekt tritt nicht nur bei der Materialtrocknung und durch die Aufnahme von CO₂ (Carbonatisierung) direkt nach der Verarbeitung auf, sondern auch später mittels seiner optimalen Feuchteregulierung (Pufferwirkung) und einer CO₂- und Schadstoffaufnahme bei erneuten Raumfeuchteschwankungen.

2.4. Einsatz von Lüftungsgeräten im Schulgebäude

Um die Leistungsfähigkeit verschiedener Lüftungsgeräte zu prüfen, wurden mehrere Räume in einem neu errichteten Schulgebäude in Holzbauweise mit unterschiedlichen dezentralen Lüftungsgeräten ausgestattet und die Raumluft nach 8 Std. und nach ca. 1,5 Std. Verschlusszeit auf Emissionen getestet. Die zentrale Fragestellung war nun, ab welchem Luftwechsel bzw. mit welchem Lüftungsgerät alle VOC-Richtwerte eingehalten werden können.



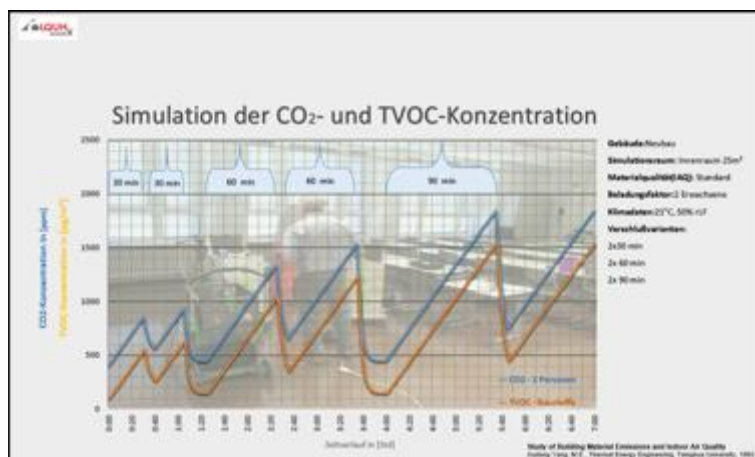
4 verschiedene dezentrale RLT-Anlagen mit unterschiedlichen Leistungszahlen wurden in Schulräumen installiert. Anschließend wurden bei mittlerer Leistungsstufe VOC Raumluftmessungen durchgeführt, um Anlagengeräusche auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Große Geräte haben eine hohe Leistung aber sind auch hochpreisig. Es kann festgehalten werden, dass nur mit Hilfe hoher Luftwechselraten die VOC-Richtwerte sicher eingehalten werden können. Ohne Lüftungsgeräte müsste bei Schulbetrieb schätzungsweise alle 25-45 Minuten eine Querlüftung mit nahezu vollständigem Luftaustausch stattfinden.

Können mit Lüftungsanlagen Emissionszielwerte eingehalten werden?

Erfahrungsgemäß kann man mit dem Einsatz einer raumluftechnischen Anlage solch eine VOC-Richtwertüberschreitung nur dann vermeiden, wenn sie sach- und fachgerecht eingebaut, eingestellt und gewartet, aber auch CO₂-abhängig getestet wurde. Zu empfehlen sind RLT-Anlagen mit Wärmerückgewinnung und Raumfeuchteregulierung. Wird keine Lüftungsanlage vorgesehen, ist unseres Erachtens eine Lüftungsplanung mit Simulationsberechnung zwingend erforderlich.

2.5. Verschiedene Luftwechsellintervalle in Wohnräumen

Um zu zeigen wie die VOC Werte in Wohnräumen ohne RLT Anlagen von der Luftwechselrate (LWR) abhängen, kann man eine Simulation erstellen.



Diese Simulation zeigt den kontinuierlichen Anstieg von CO₂, beispielsweise in einem mit 2 Erwachsenen belegten Raum, bei unterschiedlichen Lüftungsintervallen. In solch einem neu erstellten Wohngebäude, in Standard Holzrahmenbauweise, würden die mit orange gefärbten TVOC Werte die rechts- und richtwertrelevanten 1.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) übersteigen, wenn ca. 60 Min nicht gelüftet werden würde. Grundsätzlich steigen die TVOC Werte gleich-

zeitig mit den CO₂ Werten an, wobei die TVOC Werte, anders als die CO₂ Werte, auch ohne Bewohner ansteigen würden.

3. Zusammenfassung und Empfehlungen

In Zukunft sollten sich nicht nur Hersteller, Handwerker und Planer mit der Raumklima-planung in luftdicht gebauten Innenräumen auseinandersetzen, sondern auch die Eigentümer bzw. die Gebäudenutzer. Gerade für moderne luftdichte und energieeffiziente Innenräume sollte der Bauherrschaft und den Raumnutzern (Schüler, Angestellte etc.) generell eine hygienebezogene Gebrauchsanleitung erklärt und ausgehändigt werden. Wie dies auch den Gebäudeplanern lt. EnEV 2016 empfohlen wird, sollten aus hygienischen Gründen, je nach Nutzungsart und Belegungszahl, die Wohn-, Schul- oder Arbeitsräume mit Raumlufthechnischen Anlagen nach DIN EN 13779 und DIN EN 15251 geplant werden. Eine Lüftungsplanung gemäß DIN 1946-6 für freie Lüftung bzw. CO₂ unterstützte Steuerung und gem. VDI 6040 Blatt 1 (für Schulen) sollte vorliegen. Die Raumlufthechnische Qualität und der Lüftungserfolg kann mit Hilfe von CO₂/Temperatur/Luftfeuchte Klimamessgeräten effektiv kontrolliert werden. Auch während der Bauzeit sollten die Klimawerte mit Datenlogger geprüft werden, damit Feuchte- und Schimmelschäden vermieden werden.

Wird mit geprüften und emissionsreduzierten Baustoffen gebaut und werden die empfohlenen Luftwechsel gem. DIN EN ISO 15251 (für alle Gebäude) und ASR A3.6/2013 (Lüftung/Technische Regeln für Arbeitsstätten) eingehalten, können gemäß unserer langjährigen Messerfahrung die behördlich oder vertraglich geforderten Richtwerte sicher eingehalten werden.

Um Verfälschungen der Messwerte zu vermeiden, muss vor Innenraumuntersuchungen eine normengerechte und eine an die Anforderungen im Holzbau angepasste Klima- und Messplanung durchgeführt werden.

Geprüfte und deklarierte Produkte verwenden

Für Formaldehyd, Terpene oder Aldehyde aus Holz oder andere leichtflüchtige Stoffe gilt: je mehr von diesen Emissionen aus Baustoffen, Möbeln, Raumausstattungen und Haushaltschemikalien erwartet werden, desto öfter sollte man während und nach Baufertigstellung lüften. Viele der leichtflüchtigen Emissionen lassen sich durch regelmäßige Querlüftung per Hand oder durch den Einsatz einer Saug-, Gebläse- und Lüftungsanlage vor einer Kontrollmessung wirkungsvoll reduzieren. Bei händischer Lüftung müssen Bewohner jedoch alle 1 – 2 Stunden ans Lüften denken was in der Realität schwer umsetzbar ist, vor allem dann, wenn mehrere Personen im Raum sind oder, wenn tagsüber alle außerhaus sind.

Beim Kauf von Möbeln oder Holzwerkstoffen werden Produkte mit formaldehydfreier Verleimung empfohlen. Man kann die gängigen Emissionslabel anfordern oder die Inhaltsstoffliste der Produkte. Für Produkte, die außerhalb der EU produziert werden, gelten oftmals gar keine Produktprüfungsvorschriften oder nur geringe Anforderungen an die Produktqualität.

Mineralische Baustoffe wirken emissionsreduzierend

Selbst eine nur teilweise Verwendung von mineralischen kalk-, lehm- oder silikathaltigen Oberflächen vermindert Emissionen in Innenräumen von Holzgebäuden und wirkt gut feuchteausgleichend. Alkalisierende und kapillaraktive Kalkoberflächen reduzieren die natürlichen Holzemissionen. Kalk vermindert auch die Gefahr von Schimmelbildung und vermindert Mikrostaubentstehung, weil er elektrostatisch neutral ist. Lehm speichert hervorragend überschüssige Raumluftheuchte und gibt sie bei Bedarf und vor allem zur trockenen Winterzeit wieder an die Raumluftheuchte ab. Neue Gipsfaserbauplatten mit alkalisierenden mineralischen Zuschlägen wirken ebenfalls schadstoffreduzierend.

Verarbeitungsfehler vermeiden

Innenraumschadstoffe können unerwartet zunehmen, wenn Bauprodukte unsachgemäß verarbeitet wurden. Durch zu hohe Schichtstärken, Trocknungsstörungen oder unvorhergesehene chemische Prozesse (Autoxidation³, Lösemittelretention⁴) innerhalb der Farb- oder Oberflächenschichten können außergewöhnlich hohe Emissionen freigesetzt werden. Wasch- und Reinigungsmittel oder andere Haushaltschemikalien sind sorgfältig auszuwählen und dürfen vor Raumluftmessungen nicht angewendet werden. Solche Stoffe können sich sogar in Tapeten, Holz oder Holzwerkstoffplatten anreichern und später wieder ausströmen. Lösungsmittel können natürliche Holzemissionen zusätzlich fördern, sodass man bei Raumluft- oder Materialanalysen falsche Schlussfolgerungen ziehen könnte. Hohe Restbaufeuchte soll vor einer Kontrollmessung vermieden werden, da durch erhöhte Luft- und Materialfeuchtwerte höhere Emissionswerte durch Hydrolyseprozesse falsch positiv gemessen werden können.

3.1. Aussichten

Es besteht aktuell Forschungsbedarf hinsichtlich der hygienischen Einschätzung von natürlichen Terpenen und Aldehyden (nVOCs) aus Holz. Aktuell finden wissenschaftliche Studien statt, die sich zur Aufgabe gestellt haben, die vorsorglichen Richtwerte für natürliche Holzemissionen auf den Prüfstand zu stellen, damit die Richtwerte für nVOCs gesenkt werden können, wodurch derartige Baukonflikte zukünftig vermieden werden könnten. Damit die aktuell einzuhaltenden behördlich oder werkvertraglich geforderten Raumluftrichtwerte⁵ sicher eingehalten werden, wurde für Holzbaubetriebe die Ausbildung zum Qualitätskoordinatoren/-in im Holzbau entwickelt. Das Seminar vermittelt wertvolle Tipps für die Einhaltung der Emissionszielwerte, zu emissionsvermeidenden Produktauswahlkriterien und hinsichtlich einer normgerechter Baustellen- und Messraumvorbereitung.

Gebäudeplanungen sollten zukünftig nicht mehr ohne ein normgerechtes Lüftungskonzept mit RLT-Anlagen ausgeschrieben werden, es sei denn der Bauherr übernimmt schriftlich die Verantwortung für eine ausreichende Fensterlüftung.

³ Autoxidation bezeichnet eine Oxidation durch Luftsauerstoff. Die Autoxidation verläuft sehr langsam und ohne merkliche Wärmeentwicklung oder Flammerscheinung, im Gegensatz zur Verbrennung. Dabei werden aus Kohlenwasserstoffen zunächst Hydroperoxide gebildet, die langsam zu Alkoholen, Aldehyden, Ketonen und Carbonsäuren weiterreagieren können. Die Reaktion wird durch Licht, insbesondere ultraviolettes Licht, und Spuren von Metallen wesentlich beschleunigt. Die Autoxidation ist der Grund für das Altern von Materialien an der Luft. Bei Metallen wird der Prozess meist als Korrosion bezeichnet. Typische Beispiele sind das Ausbleichen von Farben, die Alterung von Kunststoffen, das Ranzigwerden von Speisefett und das (unvollständige) Aushärten oxidativ trocknender Lacke. Vor allem Verarbeitungsfehler (zu geringe Trocknungszeiten, zu hohe Schichtdicken) im Bereich von Wand-, Bodenbelags- oder Möbeloberflächen führen in der Folge zu unangenehmen Gerüchen und einer Erhöhung von TVOC Innenraumbelastungen.

⁴ Kann nicht die Gesamtmenge des im Beschichtungsmittel befindlichen Lösemittels entweichen, verbleibt somit ein Rest, versteht man darunter eine Lösemittelretention.

⁵ gem. DIN EN 15251, Energieeffizienz, Behaglichkeit, Raumklima, Licht, Schall, Temp. etc., Innenraumluft-richtwerte www.uba.de