

# 6 Gebäude und Einrichtung

Innenraumprobleme können in entscheidendem Maße sowohl durch die Gestaltung des Gebäudes als auch durch die Einrichtung der Räume verursacht werden. Neben der Konstruktion und der räumlichen Auslegung sind hier insbesondere die Wahl der Baumaterialien sowie die technische Ausstattung von Bedeutung.

## 6.1 Gebäudeparameter

*N. Kluger, Frankfurt am Main*

Der im Internet verfügbare Ermittlungsbogen S2 ([www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode d6274) zur Gebäudesituation soll Hinweise darauf geben, ob Beschwerden möglicherweise im Zusammenhang mit dem Gebäude und dessen Nutzung stehen. Grundlage ist die Ermittlung zum Arbeitsumfeld mit dem Ermittlungsbogen G2 (siehe Anhang 3, Seite 207), die in jedem Fall im Vorfeld durchzuführen ist. Beide Ermittlungen erfolgen zweckmäßigerweise in Zusammenarbeit mit für den für die Verwaltung und Bewirtschaftung des Gebäudes zuständigen Personen.

Bei gravierenden Mängeln am Gebäude (z. B. Wasserschäden) sind Fachleute hinzuzuziehen, die auch die erforderlichen Beratungen über Sanierungsmaßnahmen

leisten können. Ergänzungen zu diesem Ermittlungsbogen bieten gezielte spezielle Ermittlungen

- zu raumluftechnischen Anlagen (siehe Abschnitt 6.2),
- zur Beleuchtung (siehe Abschnitt 6.3),
- zur baulichen Raumausstattung und deren Zustand (siehe Abschnitt 6.4),
- zu Möbeln und Raumtextilien (siehe Abschnitt 6.4) und
- zum Reinigungsverhalten (siehe Abschnitt 6.4).

## 6 Gebäude und Einrichtung

### 6.2 Raumluftechnische Anlagen

*B. Küter, Wiesbaden*

*G. Franke, Leipzig*

*T. von der Heyden, Sankt Augustin*

Zu den raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) zählen Einrichtungen zum Lüften und Klimatisieren (Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten der Zuluft) von Räumen. Während sich die Aufgabe von Heizungsanlagen darauf beschränkt, die Raumluf im Winter zu erwärmen, sollen Lüftungs- und Klimaanlage den Zustand der Raumluf hinsichtlich Reinheit, Temperatur, Feuchte usw. in bestimmten Grenzen konstant halten. Systeme, die der direkten Raumheizung dienen (z. B. Radiatoren, Konvektoren), zählen definitionsgemäß nicht zu den RLT-Anlagen. Ebenso wie RLT-Anlagen beeinflussen sie jedoch in gewisser Hinsicht den Raumlufzustand und die Raumlufqualität.

Gut geplante und regelmäßig gewartete RLT-Anlagen bestimmen in positiver Weise das Raumklima und die Konzentration luftfremder Stoffe in Innenräumen. Dagegen können insbesondere schlecht oder nicht gewartete RLT-Anlagen zu Beschwerden über das Raumklima und zu Geruchsbelästigungen in Innenräumen beitragen. Hygienisch mangelhaft gewartete oder falsch konzipierte Filter, Erhitzer, Kühler oder Luftbefeuchteinheiten können die Ursache für Belastungen durch biologische Agenzien sein.

#### 6.2.1 Klassifizierung von RLT-Anlagen

Die Raumluftechnik ist ein Teilgebiet der Lufttechnik [1]. Sie wird eingeteilt in

- **Freie Lüftung:**  
Hier erfolgt die Luftförderung durch Druck- und Temperaturunterschiede im und am Gebäude.
- **Maschinelle oder mechanische Lüftung:**  
Hier erfolgt die Luftförderung über Ventilatoren.
- **Hybridlüftung:**  
Die freie Lüftung wird hierbei zeitlich begrenzt durch eine maschinelle Lüftung unterstützt oder ersetzt.

Bei der freien Lüftung unterscheidet man verschiedene Lüftungssysteme (siehe Abbildung 3). Allen gemeinsam ist, dass der Luftwechsel von den Wetterbedingungen, den Temperaturverhältnissen im Gebäude sowie der Außentemperatur abhängig ist. Daher ist bei solchen Systemen eine kontrollierte Lüftung nur eingeschränkt möglich.

Bei maschineller Lüftung können dagegen kontrollierte Raumlufzustände unabhängig von der Wetterlage und den Bedingungen in den Gebäuden aufrechterhalten werden. Je nach der Luftbehandlung spricht man von Lüftungs-, Teilklima- oder Klimaanlage (siehe Tabelle 2).

Abbildung 3:  
Arten freier Lüftungssysteme

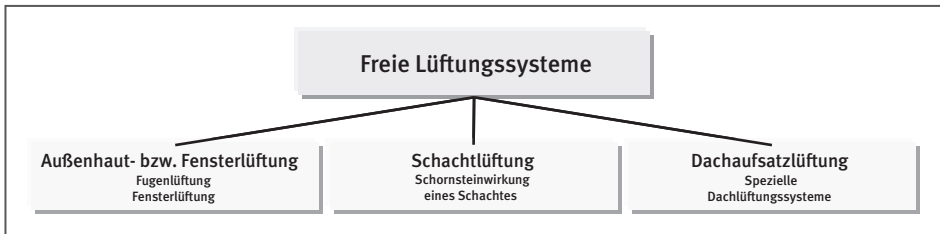


Tabelle 2:  
Einteilung der RLT-Anlagen

Art der RLT-Anlage	Luftbehandlung	Kurzbezeichnung
Abluftanlage	keine	---
Lüftungsanlage	Heizen Kühlen Befeuchten Entfeuchten	H K B E
Teilklimaanlage	Heizen und Kühlen Heizen und Befeuchten Heizen und Entfeuchten Kühlen und Befeuchten Kühlen und Entfeuchten Befeuchten und Entfeuchten	HK HB HE KB KE BE
	Heizen, Kühlen und Befeuchten Heizen, Kühlen und Entfeuchten Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten Heizen, Befeuchten und Entfeuchten	HKB HKE KBE HBE
Klimaanlage	Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten	HKBE

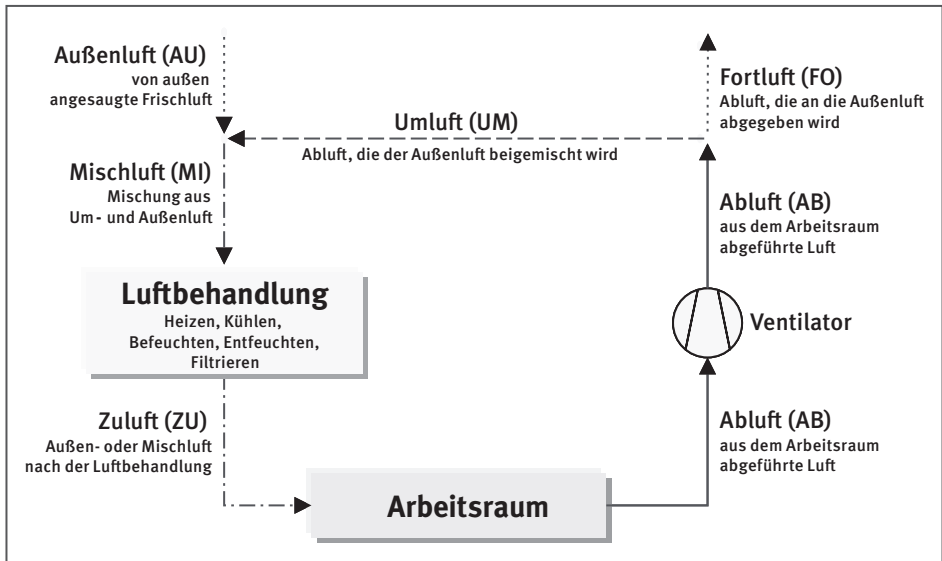
Lüftungs-, Teilklima- und Klimaanlagen werden entweder mit Außenluft (AU) oder zusätzlich zur Außenluft mit einem Anteil von Umluft (UM) im sogenannten Mischluftbetrieb (MI) betrieben (Abbildung 4, siehe Seite 32). In Ausnahmefällen – z. B. in der Aufheizphase außerhalb der Arbeitszeit – können solche Anlagen auch ausschließlich mit Umluft betrieben werden. Man spricht dann von Umluftanlagen.

### 6.2.2 Hinweise zur Ermittlung

Bereits bei den Ermittlungen zum Arbeitsumfeld mit dem Ermittlungsbogen G2 wird abgefragt, ob eine RLT-Anlage vorhanden ist (siehe Kapitel 3). Mit dem im Internet verfügbaren speziellen Ermittlungsbogen S3 ([www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode d6274) sollen soweit wie möglich detaillierte Angaben zur Heizungs- und RLT-Anlage erfasst werden,

## 6 Gebäude und Einrichtung

Abbildung 4:  
Bezeichnung der Luftströme bei RLT-Anlagen (maschinelle Lüftung)



um ihre Rolle bei der Raumluftqualität einzuschätzen und das Auffinden von Fehlerquellen zu ermöglichen. Der Ermittlungsbogen gliedert sich in die Abschnitte

- Teil A:  
Spezielle Angaben zur RLT-Anlage,
- Teil B:  
Spezielle Angaben zu Luftbefeuchtern (soweit vorhanden),
- Teil C:  
Spezielle Angaben zur Heizungsanlage.

In der Regel füllt der Betrieb den Ermittlungsbogen aus. Im Rahmen einer anschließenden Begehung sollten die Angaben überprüft und ggf. korrigiert und ergänzt werden. Hilfe-

stellung zu wesentlichen fachlichen Details geben die Abbildungen 3 und 4, die Tabellen 2 und 3 sowie die unten genannte Literatur.

Die Anforderungen an Planung, Ausführung, Abnahme, Betrieb und Instandhaltung von RLT-Anlagen zur Sicherung eines hygienisch einwandfreien Zustandes sind u. a. in den Normen DIN EN 13779 [5] und DIN EN 12599 [6] sowie in der Richtlinie VDI 6022 Blatt 1 [7] enthalten.

Zur Einhaltung der Hygieneanforderungen und zur Instandhaltung der RLT-Anlagen muss geschultes (Betriebs-)Personal diese in regelmäßigen Zeitabständen kontrollieren. Die Zeitintervalle dieser Hygienekontrollen – z. B. alle sechs Monate die Funktion der

Tabelle 3:  
Klassifizierung von Luftfiltern nach DIN EN 779 [2]  
und DIN EN 1822 [3; 4]

Bezeichnung	Filterklasse
Grobstaubfilter	G1 G2 G3 G4
Mediumfilter	M5 M6
Feinstaubfilter	F7 F8 F9
Schwebstofffilter	E10 E11 E12 H13 H14 U15 U16 U17

Entkeimungsanlage prüfen, alle drei Monate die Luftfilter auf Verschmutzung und Beschädigung (Leckagen) sowie Gerüche prüfen – sind ebenfalls in der Richtlinie VDI 6022 Blatt 1 festgelegt. Die regelmäßigen Hygieneinspektionen der gesamten RLT-Anlage sind bei Anlagen mit Luftbefeuchtung im Abstand von zwei Jahren, bei Anlagen ohne Luftbefeuchtung im Abstand von drei Jahren durch geschultes Personal durchzuführen und zu dokumentieren.

Für eine gute Praxis der Wartung und Instandhaltung von RLT-Anlagen und speziell von Luftbefeuchtern können u. a. auch die Instandhaltungsinformationen der Arbeitsgemeinschaft Instandhaltung Gebäudetechnik (AIG) herangezogen werden [8 bis 10]. Zur Luftbefeuchtung in RLT-Anlagen ist zudem die Informationssammlung „Luftbefeuchtung“ der BG ETEM [11] erhältlich.

### 6.2.3 Hinweise zur Auswertung

Die Praxis hat gezeigt, dass die Begutachtung und Bewertung von RLT-Anlagen in der Regel Spezialwissen erfordert. Daher sollten Experten einbezogen werden. Trotzdem ist es sinnvoll, bei der Ermittlung den ersten optischen Eindruck zu protokollieren.

Ob die hygienischen Anforderungen an Auslegung und Betrieb von RLT-Anlagen nach der Richtlinie VDI 6022 Blatt 1 [7] eingehalten werden, kann man bereits im Vorfeld überprüfen. Das betrifft u. a. die Luftfilter, die Luftbefeuchter und die Instandhaltung (Wartung, Inspektion, Instandsetzung). So liegen über hygienische Überprüfungen, Reinigung und Desinfektion in der Regel Dokumentationen, z. B. ein Wartungsnachweis oder Betriebstagebuch, vor. Erfahrungsgemäß gibt es häufig auch Protokolle über Luftmengen- und Raumklimamessungen. Sind diese bereits mehrere Jahre alt, sind sie meist nicht mehr aussagefähig. Entscheidend für die Hygieneinspektion ist auch, ob das Personal die erforderliche Qualifikation besitzt (Hygieneschulung Kategorie A, B, C oder RLQ).

Für zentrale RLT-Anlagen fordert die Richtlinie VDI 6022 mindestens einen Filter der Klasse F7 (vgl. Tabelle 3). Bei belasteter Außenluft werden höhere Anforderungen an die Filterklassen gestellt. In besonderen Fällen wird empfohlen, zweistufige Filter mit den Filterklassen F7+F9 zu verwenden (siehe VDI 6022 Blatt 3 [12]).

Bei eventueller Lärmbelastigung durch die RLT-Anlage sind je nach Art des Raumes Richtwerte zwischen 35 und 45 dB(A) (siehe Richtlinie VDI 2081 [13]) zu beachten.

## 6 Gebäude und Einrichtung

Zur Einhaltung der vorgesehenen Klimaparameter (u. a. mittlere Luftgeschwindigkeit am Arbeitsplatz  $< 0,15$  m/s, siehe auch ASR A3.6 „Lüftung“ [14]) wird auf Kapitel 9 „Raumklima“ verwiesen.

Luftbefeuchter sind mit Wasser von Trinkwasserqualität zu betreiben. Im Befeuchterwasser sollte die Gesamtkeimzahl 1000 KBE/ml (KBE: Kolonie bildende Einheiten) nicht überschreiten. Bei Legionellen darf die Gesamtkoloniezahl den Wert von 100 KBE/100 ml nicht übersteigen [7].

### 6.2.4 Literatur

- [1] DIN EN 12792: Lüftung von Gebäuden – Symbole, Terminologie und graphische Symbole (01.04). Beuth, Berlin 2004
- [2] DIN EN 779: Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik – Bestimmung der Filterleistung (10.12). Beuth, Berlin 2012
- [3] DIN EN 1822 Blatt 1: Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) – Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung (01.11). Beuth, Berlin 2011
- [4] Schwebstofffilter neu genormt – DIN EN 1822. VDMA Luftfilterinformation 06/2011. Hrsg.: Verband Deutsche Maschinen- und Anlagenbau (VDMA), Frankfurt am Main 2011
- [5] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlagen und Raumkühlsysteme (09.07). Beuth, Berlin 2007
- [6] DIN EN 12599: Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen (01.13). Beuth, Berlin 2013
- [7] VDI 6022 Blatt 1: Raumluftechnik, Raumlufqualität – Hygieneanforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte (VDI Lüftungsregeln) (07.11). Beuth, Berlin 2011
- [8] AIG-Information Nr. 4: Luftbefeuchter in raumluftechnischen Anlagen. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Instandhaltung Gebäudetechnik (AIG) der Fachgemeinschaft Allgemeine Lufttechnik im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA), Frankfurt am Main 2004
- [9] AIG-Information Nr. 6: Wartungsschwerpunkte bei Lüftungs- und Klimaanlagen. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Instandhaltung Gebäudetechnik (AIG) der Fachgemeinschaft Allgemeine Lufttechnik im Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA), Frankfurt 2001
- [10] AIG-Information Nr. 7: Hygieneanforderungen in der Raumluftechnik. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Instandhaltung Gebäudetechnik (AIG) der Fachgemeinschaft Allgemeine Lufttechnik im Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA), Frankfurt am Main 2001
- [11] Informationen zur Luftbefeuchtung (03.12). Hrsg.: Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), Köln 2012

- [12] VDI 6022 Blatt 3: Raumluftechnik, Raumlufqualität – Beurteilung der Raumlufqualität (07.11). Beuth, Berlin 2011
- [13] VDI 2081 Blatt 1: Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen (07.01). Beuth, Berlin 2001
- [14] Technische Regeln für Arbeitsstätten: Lüftung (ASR A3.6). GMBI. (2012) Nr. 6, S. 92-97, geänd. GMBI. (2013) Nr. 16, S. 359

## 6 Gebäude und Einrichtung

### 6.3 Beleuchtung in Büroräumen

S. Neumann, Hamburg

#### 6.3.1 Allgemeine Hinweise

Anforderungen zur Gestaltung der Beleuchtung in Arbeitsstätten enthalten die Arbeitsstättenverordnung [1] und die Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4 „Beleuchtung“ [2]. Konkretisierungen und Empfehlungen zur Beleuchtung von Büroarbeitsplätzen enthält die BGI 856 „Beleuchtung im Büro“ [3].

Dieser Abschnitt stellt eine Zusammenfassung der wichtigsten Anforderungen der ASR A3.4 und Empfehlungen der BGI 856 dar. Darüber hinaus enthält er Hinweise zur Überprüfung von Beleuchtungsanlagen (siehe Abschnitt 6.3.5). Unterstützend kann auch der im Internet verfügbare spezielle Ermittlungsbogen S4 ([www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode d6274) herangezogen werden.

#### 6.3.2 Tageslicht

Das Tageslicht nimmt bei der Beleuchtung von Innenräumen einen hohen Stellenwert ein. Ein ausreichender Tageslichteinfall in Zusammenhang mit einer möglichst ungehinderten Sichtverbindung nach außen, durch die die Mitarbeiter die äußere Umgebung unverzerrt und unverfälscht wahrnehmen können, wirkt sich positiv auf ihr Wohlbefinden und somit auf ihre Motivation und Produktivität aus.

Büroräume sollen daher über ausreichend große Fensterflächen verfügen. Dies ist der Fall, wenn

- die Fläche der durchsichtigen Fensterflächen mindestens ein Zehntel der Raumgrundfläche beträgt oder
- an den Arbeitsplätzen ein Tageslichtquotient<sup>1</sup> von mindestens 2 % erreicht wird.

Außerdem sind günstige Proportionen und Brüstungshöhen zu beachten, damit die Mitarbeiter möglichst ungehindert nach außen schauen können. Aus diesem Grund sollten die Arbeitsplätze nach Möglichkeit nicht in der Raumtiefe, sondern zur Fensterfront hin angeordnet sein.

Gleichzeitig müssen zur Begrenzung der Blendung und hoher Beleuchtungsstärken<sup>2</sup> durch Tageslicht am Bildschirm geeignete und verstellbare Sonnenschutzvorrichtungen an den Fenstern angebracht sein (siehe BGI 827 „Sonnenschutz im Büro“ [4]).

Da die Güte Merkmale der Beleuchtung – insbesondere ein ausreichendes Beleuchtungsniveau – auch an tageslichtorientierten Arbeitsplätzen in unmittelbarer Fensternähe nicht während der gesamten Arbeitszeit und zu jeder Jahreszeit durch Tageslicht gewähr-

<sup>1</sup> Der Tageslichtquotient ist das Verhältnis der Beleuchtungsstärke an einem Punkt im Innenraum zur Beleuchtungsstärke im Freien ohne Verbauung bei bedecktem Himmel [2].

<sup>2</sup> Die Beleuchtungsstärke ist ein Maß für das auf eine Fläche auftreffende Licht und wird in Lux (lx) gemessen [2].



leistet werden kann, ist eine künstliche Beleuchtung erforderlich. Die nachfolgend beschriebenen Gütemerkmale beziehen sich auf die künstliche Beleuchtung, sind aber hinsichtlich ihres Schutzzieles auch auf das Tageslicht anwendbar. Aufgrund der positiven Wirkung des Tageslichts bei gleichzeitiger Sichtverbindung nach außen akzeptieren die Mitarbeiter allerdings auch extremere Ausprägungen des natürlichen Lichtes, z. B. hinsichtlich der Blendung, der Leuchtdichtunterschiede und der Lichtfarbe, und empfinden diese als angenehm.

### 6.3.3 Gütemerkmale der Beleuchtung

Die Qualität der Beleuchtung wirkt sich einerseits auf das visuelle Leistungsvermögen des Menschen aus. Sie ist entscheidend dafür, wie genau und wie schnell Details, Farben und Formen erkannt werden. Andererseits beeinflusst die Beleuchtung das Aktivitätsniveau und die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Bei schlechter Beleuchtung kann es zu visuellen Überbeanspruchungen kommen, die sich durch Kopfschmerzen, tränende und brennende Augen sowie Flimmern vor den Augen bemerkbar machen können.

Um angemessene Lichtverhältnisse für die Sehauflagen am Bildschirmarbeitsplatz zu erzielen, müssen besonders die folgenden lichttechnischen Gütemerkmale beachtet werden:

- Beleuchtungsniveau
- Leuchtdichteverteilung
- Begrenzung der Direktblendung
- Begrenzung der Reflexblendung auf dem Bildschirm und auf anderen Arbeitsmitteln
- Begrenzung der Blendung durch Tageslicht
- Lichtrichtung und Schattigkeit
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe sowie
- Flimmerfreiheit

Werden diese Gütemerkmale umgesetzt, dann werden Fehlbeanspruchungen der Beschäftigten weitgehend vermieden. Hierbei ist deren Sehvermögen zu berücksichtigen.

#### *Beleuchtungsniveau*

Die künstliche Beleuchtung muss ein ausreichendes Beleuchtungsniveau erbringen. Dies erfordert im Arbeitsbereich „Bildschirm- und Büroarbeit“ eine horizontale Beleuchtungsstärke<sup>1</sup> von mindestens 500 lx. Dieser Wert gilt auch für den Arbeitsbereich „Besprechung“. Im Umgebungsbereich ist eine horizontale Beleuchtungsstärke von mindestens 300 lx notwendig.

---

<sup>1</sup> Die horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  ist die Beleuchtungsstärke auf einer horizontalen Fläche, z. B. auf einer Arbeitsfläche [2].

## 6 Gebäude und Einrichtung

Das Beleuchtungsniveau wird neben den horizontalen Beleuchtungsstärken auch von den vertikalen Beleuchtungsstärken<sup>1</sup> sowie der gleichmäßigen Verteilung der Beleuchtungsstärke auf der jeweiligen Bewertungsfläche bestimmt.

Die Anforderungen an die Beleuchtungsstärken sind Mindestwerte. Dies bedeutet, dass die Beleuchtungsanlage bereits beim Erreichen des vorgegebenen Mindestwertes gewartet werden muss (siehe auch Abschnitt 6.3.4 „Instandhaltung“).

### *Leuchtdichteverteilung*

Die Leuchtdichte ist die lichttechnische Kenngröße für die Helligkeit. Zur Erreichung einwandfreier Sehbedingungen ist ein ausgewogenes Leuchtdichteverhältnis im Gesichtsfeld erforderlich. Dies liegt vor, wenn ein Verhältnis der Leuchtdichten

- zwischen Arbeitsfeld (z. B. Papier) und näherem Umfeld (z. B. Arbeitstisch), in der Größenordnung von 3 : 1 sowie
- zwischen ausgedehnten Flächen der Arbeitsumgebung (z. B. Wänden) und dem Arbeitsfeld (z. B. Bildschirm) in der Größenordnung von 10 : 1

erreicht wird. Zu geringe Leuchtdichteunterschiede sind zu vermeiden, da sie einen monotonen Raumeindruck bewirken.

Die Raumbegrenzungsflächen sind ausreichend aufgehellt, wenn durch entsprechende Farbgestaltung die Reflexionsgrade

- der Decke im Bereich von 0,7 bis 0,9,
- der Wände im Bereich von 0,5 bis 0,8 und
- des Bodens im Bereich von 0,2 bis 0,4

liegen. Für Arbeitsflächen, Einrichtungen und Geräte werden Reflexionsgrade im Bereich von 0,2 bis 0,7 sowie Glanzgrade von matt bis seidenmatt (60°-Reflektometerwert  $\leq 20$ ) empfohlen.

### *Begrenzung der Direktblendung*

Störende Direktblendung kann durch helle Flächen wie z. B. durch Leuchten, Fenster oder beleuchtete Flächen im Raum oder im Gesichtsfeld auftreten und muss begrenzt werden. Die psychologische Blendung durch Leuchten wird nach dem UGR-(Unified Glare Rating)-Verfahren [5] bewertet. Je niedriger der UGR-Wert, desto geringer ist die Blendung. In Räumen mit Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen darf der UGR-Wert unabhängig vom Beleuchtungsniveau nicht größer als 19 sein.

### *Begrenzung der Reflexblendung*

Reflexblendung entsteht durch Spiegelungen hoher Leuchtdichten auf glänzenden Flächen und muss begrenzt werden. Daher sollen an Bildschirmarbeitsplätzen nur gut entspiegelte LCD-Bildschirme eingesetzt werden. Die Reflexblendung auf anderen Arbeitsmitteln wird vermieden, wenn die empfohlenen Glanzgrade (siehe „Leuchtdichteverteilung“) eingehalten werden. Darüber hinaus sollten Papierdokumente und Prospekthüllen matt

<sup>1</sup> Die vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  ist die Beleuchtungsstärke auf einer vertikalen Fläche [2].

sein. Außerdem können die Beleuchtungsart (siehe „Beleuchtungsart“) und eine entsprechende Anordnung der Leuchten dazu beitragen, Reflexblendung zu vermeiden.

### *Begrenzung der Blendung durch Tageslicht*

Um weitgehend Direkt- und Reflexblendung durch Tageslicht zu vermeiden, sollen die Arbeitsplätze möglichst mit Blickrichtung parallel zur Hauptfensterfront angeordnet sein. Eine Aufstellung von Bildschirmen vor den Fenstern kann durch große Leuchtdichteunterschiede zwischen Bildschirm und Arbeitsumgebung zur Direktblendung führen. Nahe gelegene Fenster im Rücken der Benutzer können die Leserlichkeit der Bildschirmanzeige verschlechtern.

Weiterhin müssen zur Begrenzung der Blendung sowie zur Begrenzung zu hoher Beleuchtungsstärken durch Tageslicht geeignete verstellbare Sonnenschutzvorrichtungen an den Fenstern angebracht sein.

### *Lichtrichtung und Schattigkeit*

Am Arbeitsplatz ist eine ausgewogene Schattigkeit anzustreben. Die Beleuchtung soll nicht zu schattenarm sein, da sonst die räumliche Wahrnehmung beeinträchtigt wird. Andererseits ist auch stark gerichtetes Licht, das scharfe sowie lange Schatten bewirkt, zu vermeiden.

### *Lichtfarbe und Farbwiedergabe*

Für die Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen sollten Lampen der Lichtfarben warmweiß oder neutralweiß eingesetzt werden. Lampen mit tageslichtweißer Lichtfarbe sollten erst bei relativ hohen Beleuch-

tungsstärken ( $\geq 1000$  lx) zur Anwendung kommen.

Für eine gute Farbwiedergabe ist darauf zu achten, dass die Lampen mindestens einen Farbwiedergabeindex  $R_a$  von 80 aufweisen.

### *Flimmerfreiheit*

Bei künstlicher Beleuchtung können störende Flimmererscheinungen auftreten, die zu Sehstörungen und Ermüdungen führen. Dies wird durch den Einsatz von elektronischen Vorschaltgeräten verhindert.

### **6.3.4 Instandhaltung**

Die Beleuchtungsanlage muss regelmäßig gewartet und gegebenenfalls instand gesetzt werden. Für jede Beleuchtungsanlage sollte daher durch den sachkundigen Planer ein Wartungsplan erstellt werden. Der Wartungsplan legt die zeitlichen Intervalle für die Reinigung und den Austausch von Lampen, die Reinigung der Leuchten und die Renovierung der Raumbooberflächen fest. Der Wartungsplan muss beim Betrieb der Anlage eingehalten werden, damit die Beleuchtungsstärken nicht unter den Wartungswert fallen.

Werden die geforderten Mindestwerte der Beleuchtungsstärke unterschritten, muss die Beleuchtungsanlage gewartet werden. Die Beleuchtungsstärke geht im Verlauf des Betriebs einer Beleuchtungsanlage aufgrund der Alterung und Verschmutzung von Lampen und Leuchten sowie des Raumes zurück. Daher muss bei der Planung der Beleuchtungsanlage von einem höheren mittleren Beleuchtungsstärkewert (Planungswert) ausgegangen werden.

## 6 Gebäude und Einrichtung

### 6.3.5 Überprüfung von Beleuchtungsanlagen

Es ist sinnvoll, bereits in der Planungsphase anhand der Planungs- und Berechnungsunterlagen zu prüfen, ob die Anforderungen an die Güteermerekmale der Beleuchtung eingehalten werden. Änderungen an einer bereits installierten Beleuchtungsanlage sind fast immer sehr aufwendig.

Außerdem sollten der vom Planer aufgestellte Wartungsplan eingehalten und die Lampen und Leuchten dementsprechend gereinigt, die Lampen ausgetauscht und die Räume renoviert werden (siehe Abschnitt 6.3.4 „Instandhaltung“). Damit wird erreicht, dass die vorgegebenen Wartungswerte der Beleuchtungsstärken nicht unterschritten werden.

Überprüfungen von bestehenden Beleuchtungsanlagen können dennoch notwendig sein, z. B.

- um unspezifische gesundheitlichen Beeinträchtigungen einzugrenzen,
- wenn die Beschäftigten über Beschwerden klagen, die auf eine unzureichende Beleuchtung zurückgeführt werden können,
- wenn Befürchtungen bestehen, dass die Anforderungen an die Güteermerekmale der Beleuchtung für die Beleuchtungsanlage nicht umgesetzt worden sind, oder
- wenn die im Wartungsplan festgelegten Intervalle verlängert werden sollen.

Die Einhaltung der Anforderungen an die Beleuchtungsstärken können in den Unter-

nehmen durch Sachkundige (z. B. Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Betriebsärzte, Technische Aufsichtspersonen) orientierend überprüft und ermittelt werden.

Soll genau beurteilt werden, ob die Anforderungen an die lichttechnischen Güteermerekmale eingehalten sind, sollte ein Sachverständiger mit Messungen nach DIN 5035-6 „Beleuchtung mit künstlichem Licht – Messung und Bewertung“ [6] beauftragt werden. Ebenso wird empfohlen, einen Sachverständigen einzuschalten und ggf. Messungen vornehmen zu lassen, wenn die Beleuchtungsanlage z. B. gegenüber dem Planer oder Errichter der Beleuchtungsanlage oder gegenüber dem Vermieter beanstandet werden soll.

#### *Orientierende Überprüfung der Beleuchtungsstärken*

Die Beleuchtungsstärken werden in einem möglichst gleichmäßigen Messrasterabstand von circa 20 bis 50 cm je nach Größe des Raum- oder Arbeitsbereichs mit einem Beleuchtungsstärkemessgerät mindestens der Klasse C (für orientierende Messungen) gemessen.

Die Messebenen liegen

- für die horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  in einer Höhe von 0,75 m und
- für die mittlere vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  in einer Höhe von 1,20 m.

Aus den einzelnen Messwerten ist der Mittelwert der jeweiligen Beleuchtungsstärke zu berechnen. Die mittlere vertikale Beleuchtungsstärke kann mit einem zylindrischen

Sensor gemessen oder durch Messung und Mittelung von vertikalen Beleuchtungsstärken (z. B. in vier Richtungen, die jeweils um 90° versetzt sind) an einem Punkt ermittelt werden.

Bei der Messung der Beleuchtungsstärken ist zu beachten, dass

- Fremdlicht möglichst ausgeschaltet sein muss, d. h., die Messungen ohne Tageslicht in den Dunkelstunden mit geschlossenen Sonnenschutzvorrichtungen vorgenommen werden,
- der Sensor des Messgerätes nicht abgeschattet wird, z. B. durch die messende Person oder höhere Möbel und Einrichtungsgegenstände im Raum,
- die Lampen einen stabilen Betriebszustand erreicht haben, d. h., die Beleuchtungsanlage mindestens 20 Minuten vor der Messung eingeschaltet war,
- übliche Lufttemperaturen vorherrschen, z. B. für Büroräume 20 bis 26 °C, und
- die Betriebsspannung möglichst der Nennspannung entspricht.

### *Beachtung der Lichtfarbe und Farbwiedergabe*

Beim Austausch der Lampen muss darauf geachtet werden, dass neben der Leistungsaufnahme auch die Lichtfarbe und die Farbwiedergabe der Lampen wie in der Planung vorgesehen bleiben. Lichtfarbe und Farbwiedergabe der eingesetzten Leuchtstofflampen gibt ein dreiziffriger Lampencode an, den der

Hersteller auf den Lampen aufbringt. In diesem Code kennzeichnen die erste Ziffer die Farbwiedergabeeigenschaft, die zweite und dritte Ziffer die Lichtfarbe.

### 6.3.6 Literatur

- [1] Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) vom 12. August 2004. BGBl. I (2004), S. 2179-2189; zul. geänd. BGBl. I (2010), S. 960-967
- [2] Technische Regeln für Arbeitsstätten: Beleuchtung (ASR A3.4). GMBL. (2011) Nr. 16, S. 303-317
- [3] Berufsgenossenschaftliche Informationen: Beleuchtung im Büro – Hilfen für die Planung von Beleuchtungsanlagen von Räumen mit Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen (BGI 856). Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Hamburg 2009
- [4] Berufsgenossenschaftliche Informationen: Sonnenschutz im Büro – Hilfen für die Auswahl von geeigneten Blend- und Wärmeschutzvorrichtungen an Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen (BGI 827). Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Hamburg 2005
- [5] DIN EN 12464-1: Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen (08.11). Beuth, Berlin 2011
- [6] DIN 5035-6: Beleuchtung mit künstlichem Licht – Teil 6: Messung und Bewertung (11.06). Beuth, Berlin 2006

## 6 Gebäude und Einrichtung

### 6.4 Materialien

*N. Kluger, Frankfurt am Main*

Die Qualität der Luft in Innenräumen kann wesentlich durch die verwendeten Materialien, die Möblierung und die Anwendung von Reinigungs- und Pflegemitteln beeinflusst werden, da diese gas- oder staubförmige Substanzen freisetzen können. Die bekanntesten Beispiele sind Formaldehyd, der hauptsächlich aus Spanplatten emittiert wird, sowie die zur Holzbehandlung eingesetzten Holzschutzmittel.

Eine Zuordnung von gesundheitlichen Beschwerden zu Schadstoffen in der Raumluft ist in der Regel schwierig, da die Informationen über die eingesetzten Materialien und Produkte nur dürftig sind oder sogar vollständig fehlen. Vor diesem Hintergrund verfolgt dieser Abschnitt der Vorgehensempfehlung zwei Ziele:

- Zum einen sollen Hinweise darauf gegeben werden, welche Substanzen aus bestimmten Materialien (Holzbauplatten, Kleber, Teppichböden, Reinigungsmittel etc.) als staub- oder gasförmige Emissionen freigesetzt werden können. Diese für die genannten Materialien typischen Emissionen können dann mit den möglicherweise bereits in der Raumluft nachgewiesenen Stoffen in Bezug gesetzt werden und zur Identifizierung der Quellen bzw. zur Beseitigung der Ursachen beitragen. Allerdings wird eine Zuordnung von Beschwerden zu einer bestimmten Quelle im Allgemeinen nicht ohne weitere Untersuchungen möglich sein.

- Zum anderen soll dieser Abschnitt dabei helfen, möglichen späteren Beschwerden bereits frühzeitig während der Bauphase und der Einrichtung von Gebäuden effektiv entgegenzuwirken und entsprechende Vermeidungsstrategien zu entwickeln. Um Befindlichkeitsstörungen zu vermeiden, sollte direkt an der Quelle angesetzt werden. Die Belastung der Raumluft mit einer Vielzahl flüchtiger organischer Verbindungen resultiert zu einem nicht unerheblichen Teil aus kontinuierlich emittierenden Quellen mit großer Oberfläche wie Möbeln, Bauteilen, Teppichen etc. Je weniger Schadstoffe die Materialien an die Raumluft abgeben, desto höher wird die Qualität der Innenraumluft sein. Der Auswahl der einzubauenden oder zu verarbeitenden Materialien kommt demnach besondere Bedeutung zu. Emissionsarme Produkte auszuwählen und zu erkennen, ist jedoch nicht immer einfach. In dieser Situation will der vorliegende Abschnitt Hilfestellung geben.

#### 6.4.1 Allgemeine Hinweise

Bei Neubau- und Umbaumaßnahmen sowie im Falle einer Sanierung sollten zur Vermeidung späterer gesundheitlicher Beschwerden der Nutzer von vornherein nur solche Bauchemikalien (Teppichbodenkleber, Farben, Lacke etc.) verwendet werden, von denen eine möglichst geringe Belastung der Innenraumluft ausgeht. Treten dennoch Ausdünstungen in solchen Bereichen auf, kann es hilfreich sein, zu heizen und viel

zu lüften. In vielen Fällen ist die Emissionsrate nach wenigen Monaten nur noch sehr niedrig. Einige Materialien, wie z. B. Spanplatten, können allerdings über diesen Zeitraum hinaus bis hin zu mehreren Jahren Stoffe in relevanten Mengen emittieren.

Maßnahmen und Vorgehensweisen zur Verbesserung der Innenraumluftqualität durch Auswahl entsprechender Materialien ziehen nicht immer gleichzeitig eine Verbesserung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes der Verarbeiter von Baustoffen nach sich. So muss beispielsweise aus Gründen des Arbeitsschutzes Parkett- und Bodenlegern empfohlen werden, anstelle der stark lösungsmittelhaltigen, leicht flüchtigen Klebstoffe möglichst lösungsmittelarme oder noch besser lösungsmittelfreie Produkte zu verwenden. Zahlreiche Unfälle mit Schwerstbrandverletzten untermauern diese Forderung. In lösungsmittelarmen Produkten sind aber häufig höher siedende Lösungsmittel (z. B. Glykolether) enthalten. Wegen des geringen Dampfdruckes dieser Substanzen werden aus diesen Produkten kontinuierlich geringe Mengen höher siedender Lösungsmittel an die Innenraumluft abgegeben und belasten diese langfristig.

Um einerseits den Unternehmen der Bauwirtschaft bei der Umsetzung der vielfältigen Vorschriften eine Hilfestellung zu geben, haben die Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft das Gefahrstoff-Informationssystem GISBAU aufgebaut [1]. Ziel und Aufgabe von GISBAU ist es u. a., Auskunft über die Gefährdungen durch Bauchemikalien und geeignete Schutzmaßnahmen zu geben. So hat GISBAU in Zusammenarbeit mit Herstellern für unterschiedliche Produktgruppen (z. B. Verlegewerkstoffe, Epoxidharz-

Beschichtungsstoffe, Oberflächenbehandlungsmittel für Parkett) das Codierungssystem GISCODE entwickelt, mit dem eine Auswahl emissionsarmer Produkte – unabhängig vom Hersteller/Vereiler – möglich ist. Die Produkte werden dazu in Gruppen eingeteilt, die die Gefährdung im Hinblick auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz widerspiegeln. Den GISCODE geben die Hersteller in Preislisten, Sicherheitsdatenblättern, Technischen Merkblättern und auf Gebinden an.

Andererseits hat der Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) eine Vorgehensweise zur gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten herausgegeben [2]. Basierend darauf werden Emissionen aus Bauprodukten mithilfe von Emissionsprüfkammern untersucht. Für Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen erfolgen z. B. entsprechende Kammeruntersuchungen insbesondere im Rahmen der Vergabe des Umweltzeichens „Emissionsarme Möbel und Lattenroste aus Holz und Holzwerkstoffen“ RAL-UZ 38 (siehe Abschnitt 6.4.3) [3]. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen können sowohl zur Ermittlung der zu erwartenden relevanten Gefahrstoffe in der Raumluft als auch zur Auswahl emissionsarmer Bauprodukte herangezogen werden.

Der erste wesentliche Schritt zur Identifizierung einer Emissionsquelle ist ein Überblick über die in den Innenbereich eingebrachten Materialien und Produkte. Hierbei sollten auch verdeckte Quellen (z. B. Bodenbelagskleber unter Teppichboden) oder nur temporäre Emittenten (z. B. Reinigungsmittel zur regelmäßigen täglichen oder wöchentlichen

## 6 Gebäude und Einrichtung

Reinigung der Arbeitsräume) bedacht werden. Zur Ermittlung stehen im Internet ([www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode d6274) spezielle Ermittlungsbögen zu den Themen

- Gebäudegestaltung und Raumausstattung (S5) sowie
- Gebäudereinigung (S6)

zur Verfügung.

Existieren Informationen über entsprechende Label (GISCODE, EMICODE, RAL-Gütezeichen u. Ä.) für die eingesetzten Materialien und Erzeugnisse, so sollten diese immer in den Ermittlungsbögen angegeben werden, da sie meist Informationen zur Emission liefern können. Häufig sind diese Angaben auch bei der Vorauswahl geeigneter Materialien und Erzeugnisse bei der Erstellung neuer Gebäude und Arbeitsräume hilfreich. Es ist davon auszugehen, dass die Qualität dieser Aussagen in Zukunft zunehmen wird und der Einsatz klassifizierter Materialien zu deutlich geringeren Emissionen führt.

### 6.4.2 Baustoffe und Bauchemikalien

Die Bauwirtschaft verwendet in großem Umfang Produkte der Bauchemie. Bauchemikalien wie Lacke, Klebstoffe oder Reinigungsprodukte werden eingesetzt, um Arbeiten einfacher, schneller und wirkungsvoller durchzuführen. Viele Bau-, Renovierungs-

und Reinigungsarbeiten sind ohne den Einsatz chemischer Produkte kaum möglich. Für die Herstellung von Bauchemikalien werden oft gefährliche Stoffe eingesetzt, auf deren Verwendung man nicht verzichten kann. Daher zählen Bauchemikalien zu den großflächig im Innenraum vorkommenden potenziellen Quellen für Emissionen von Schadstoffen.

Baustoffe und Bauchemikalien, von denen primär ein Einfluss auf die Innenraumluftqualität erwartet wird, können entsprechend Tabelle 4 in Gruppen eingeteilt werden.

Zu den Bauchemikalien im weiteren Sinne zählen auch Produkte, die im Bereich der Gebäudereinigung eingesetzt werden.

Rückstände von Reinigungsmitteln können die Innenraumluft über längere Zeit durch Verdampfen oder Ausgasen der in ihnen enthaltenen Stoffe belasten. Dies sind oftmals Konservierungsstoffe und Desinfektionsmittel (z. B. Aldehyde) sowie Lösungsmittel (z. B. Glykole, Isopropanol), organische Säuren und Treibgase.

Tabelle 5 (siehe Seite 46) gibt anhand ausgewählter Beispiele erste Hinweise darauf, welche Substanzklassen bei der Verwendung von Bauchemikalien emittiert werden können. In Anhang V findet sich darüber hinaus eine Tabelle, in der Einzelsubstanzen möglichen Quellen zugeordnet werden.



Tabelle 4:  
Einteilung von Baustoffen und Bauchemikalien

Gruppe	Materialien
Dämmstoffe	Mineralwolle-Dämmstoffe Organische Dämmstoffe (z. B. Cellulosedämmstoffe) Schaumkunststoffe (z. B. Polyurethane) Sonstige
Holzwerkstoffe	Massivholz Brettschichtholz Plattenförmige Holzwerkstoffe Korkprodukte Anorganische gebundene Rohwerkstoffe Sonstige
Fußbodenbeläge	Glatte Beläge (z. B. PVC, Linoleum, Gummi) Parkett, Laminat Teppiche, Teppichböden Sonstige
Tapeten	Papiertapeten Vinyltapeten Glas- oder Textilfasertapeten Sonstige
Beschichtungs- und Dichtungssysteme	Holzschutzmittel und Beizen Wand- und Deckenfarben Lacke Putz und Spachtelmassen Klebstoffsysteme Dichtungsstoffe Sonstige
Reinigungsmittel	Grundreiniger Unterhaltsreiniger Sanitärreiniger Desinfektionsreiniger Pfleagemittel Sonstige
Schädlingsbekämpfungsmittel	Insektizide Fungizide

## 6 Gebäude und Einrichtung

Tabelle 5:  
Übersicht über Substanzklassen, die bei der Verwendung von Bauchemikalien freigesetzt werden können

Anwendungsbereiche	Stoffgruppen
Beschichtungsarbeiten	Acetate, Alkohole, Amine (z. B. aus Epoxidharzen), Glykole/Glykolether, Ketone, Kohlenwasserstoffe, Phenole
Bodenverlegearbeiten	Acetate, Aldehyde, Alkohole, Pyrrolidone, Isocyanate, Kohlenwasserstoffe, Amine (z. B. aus Epoxidharzen)
Fliesenlegearbeiten	Alkohole, Kohlenwasserstoffe, Amine (z. B. aus Epoxidharzen), Acrylate, Isocyanate
Gebäudereinigung	Aldehyde, Alkohole, Biozide, Fluorverbindungen, Glykole/Glykolether, Tenside, Kohlenwasserstoffe
Holzleime	Acetate, Aldehyde, Alkohole, Ketone, Phenole, Pyrrolidone
Holzschutzmittel	Chromate, Fluorverbindungen, Biozide, Kohlenwasserstoffe
Montageschäume	Ether, Isocyanate, Kohlenwasserstoffe

### 6.4.3 Möbel

Gerade bei neuen Möbeln ist mit Emissionen zu rechnen. Um das Emissionsverhalten von Möbelbauteilen, kompletten Möbeln und anderen beschichteten Hölzern und Holzwerkstoffen zu untersuchen, stehen heute Prüfkammerverfahren zur Verfügung. Auf einem solchen Verfahren beruht u. a. auch die Vergabegrundlage für das Umweltzeichen RAL-UZ 38 [3]. Die geprüften Produkte

dürfen dabei vorgegebene Emissionswerte für Formaldehyd, für die Gesamtemission organischer Verbindungen im Siedebereich 50 bis 250 °C (entspricht der Summe flüchtiger organischer Verbindungen – TVOC, total volatile organic compounds) sowie für die Gesamtemission organischer Verbindungen im Siedebereich oberhalb von 250 °C nicht überschreiten (Tabelle 6). Beim Einsatz solcher Produkte ist mit wesentlich verringerten Emissionen in den Innenraum zu rechnen.

Tabelle 6:  
Maximale Emissionswerte für emissionsarme Möbel und Lattenroste aus Holz und Holzwerkstoffen gemäß RAL-UZ 38 (Stand: Januar 2013) [5]

Verbindung oder Substanz	Emissionswert (3. Tag)	Endwert (28. Tag)
Formaldehyd	–	≤ 0,05 ppm
Summe der organischen Verbindungen im Retentionsbereich C <sub>6</sub> bis C <sub>16</sub> (TVOC)	≤ 3,0 mg/m <sup>3</sup>	≤ 0,4 mg/m <sup>3</sup>
Summe der organischen Verbindungen im Retentionsbereich > C <sub>16</sub> bis C <sub>22</sub> (TSVOC)	–	≤ 0,1 mg/m <sup>3</sup>

Als Werk- und Hilfsstoffe für die Möbelherstellung lassen sich vier Werkstoffgruppen unterscheiden:

- Holzwerkstoffe
- Klebstoffe
- flüssige Beschichtungsstoffe für Holz und Holzwerkstoffe
- feste Beschichtungsmaterialien (z. B. Folien, Furniere)

Ihr Beitrag zu den Emissionen in die Innenraumluft wird im Folgenden erläutert. Darüber hinaus können Hölzer auch mit Holzschutzmittel imprägniert sein. Nähere Ausführungen hierzu finden sich im Abschnitt 12.4.9 dieser Vorgehensempfehlung.

### Holzwerkstoffe

Unter Holzwerkstoffen versteht man alle von Holz abgeleiteten plattenförmigen Werkstoffe. Am häufigsten werden Spanplatten für die Möbelherstellung und den Innenausbau verwendet. Weitere Holzwerkstoffe sind Sperrholz, Hartfaserplatten und MDF-Platten (Medium Density Fiberboard, mittelharte Faserplatte).

Bei der Spanplattenproduktion werden als Kleber v. a. Harnstoff-Formaldehyd-Harze (UF), Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-Harze (MUF), Phenol-Formaldehyd-Harze (PF) und „polymeres“ Diphenylmethandiisocyanat (PMDI) eingesetzt. Diese können allein, in Kombinationsverleimung (z. B. Deckschicht PF, Mittelschicht PMDI) und Mischharzverleimung (Mischung verschiedener Harztypen) verwendet werden.

Da zumeist nur geringe Anforderungen an die Feuchtigkeitsbeständigkeit von Spanplatten für den Möbel- und Innenausbau gestellt werden, werden fast ausschließlich mit Harnstoff-Formaldehyd-Harz (UF) gebundene Platten verwendet. Die restlichen Klebstoffe finden zu etwa je 5 % Verwendung. Phenol-Formaldehyd-Harze oder Isocyanate werden bei höheren Anforderungen an die Feuchtigkeitsbeständigkeit eingesetzt (Bauzwecke) oder wenn großer Wert auf extrem niedrige Formaldehydemissionen gelegt wird.

Unter dem Gesichtspunkt der Innenraumluftqualität standen Holzwerkstoffe – vor allem Spanplatten – in den 1980er-Jahren wegen ihrer Formaldehydemission verstärkt im öffentlichen Interesse. Um die Formaldehydemission aus Holzwerkstoffen bewertbar zu machen, wurden Emissionsklassen eingeführt (siehe Tabelle 7). Die Einteilung ist abhängig von der vom Werkstoff unter bestimmten Bedingungen in einen definierten Prüfraum abgegebenen Formaldehydmenge.

Tabelle 7: Emissionsklassen zur Beurteilung der Formaldehydemission aus Werkstoffen

Emissionsklasse	Emittierte Menge an Formaldehyd in ppm
E1	< 0,1
E2	0,1 bis 1,0
E3	1,0 bis 1,4

Bis Mitte der 1980er-Jahre wurden Platten der Klassen E2 und E3 verbaut. Mit der Emission von Formaldehyd aus diesen Spanplatten muss auch noch nach Jahren gerechnet werden. Mittlerweile dürfen in Deutschland

## 6 Gebäude und Einrichtung

nur noch Produkte mit der Emissionsklasse E1 vertrieben und für den Innenausbau verwendet werden. In Europa sieht dies anders aus, hier dürfen auch Produkte der Emissionsklasse E2 vertrieben werden. Bei ausländischen Herstellern ist daher gezielt auf die Emissionsklasse zu achten.

Im Handel sind darüber hinaus „E0“-Platten erhältlich, die als formaldehydfrei bezeichnet werden. Als Bindemittel werden in solchen Platten Zement, Magnesit oder Gips verwendet. Da jedoch auch der Naturrohstoff Holz geringe Mengen Formaldehyd enthält, dürfte den Bemühungen zur Herstellung „formaldehydfreier“ Holzwerkstoffe eine Grenze gesetzt sein [4].

*Diller* [5] geht davon aus, dass bei ausschließlicher Verwendung von Spanplatten der Klasse E1 und besser sowie dem Fehlen anderer relevanter Formaldehydquellen der Beurteilungswert für Formaldehyd von  $0,1 \text{ ml/m}^3$  (ppm) eingehalten werden kann. Bei größeren Spanplattenflächen und geringem Luftwechsel muss ggf. von einer Überschreitung dieses Beurteilungswertes ausgegangen werden.

### *Klebstoffe*

Bei Möbeln und Bauteilen für den Innenausbau finden aufgrund technischer und ökonomischer Vorteile hauptsächlich Klebstoffe auf der Basis von Ethylen-Vinylacetat und Aminoplasten Verwendung. Schmelzklebstoffe auf der Basis von Ethylen-Vinylacetat werden in der Kantenverleimung eingesetzt. Daneben werden für spezielle Zwecke, z. B. zum Verkleben von Glas oder Metall, geringe Mengen weiterer Klebstoffe verwendet. Polyvinylacetat-Dispersionskleb-

stoffe (PVAC-Klebstoffe) stellen mit Abstand die wichtigsten Klebstoffe für den Möbel- und Innenausbau dar. Dies liegt wohl vor allem an ihren anwendungstechnischen Vorteilen, z. B. dem Aushärten ohne Einwirkung von Wärme.

### *Flüssige Beschichtungsstoffe für Holz und Holzwerkstoffe*

Die prozentuale Verteilung der eingesetzten Holzlacktechnologien zur flüssigen Beschichtung von Holzwerkstoffen schwankt in den europäischen Staaten stark. Neben ein- und zweikomponentigen Polyurethanlacken (1K- und 2K-PUR-Lacke) und säurehärtenden Lacken (SH-Lacke) sind Nitrocelluloselacke (NC-Lacke) mengenmäßig noch immer ein wichtiges flüssiges Beschichtungssystem in der Möbelindustrie. Darüber hinaus werden UV-härtende ungesättigte Polyester- bzw. Acrylatlacke eingesetzt. Es gibt jedoch einen eindeutigen Trend – forciert durch die Richtlinie 1999/13/EG über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel entstehen [6], und die Richtlinie 2004/42/EG über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aufgrund der Verwendung organischer Lösungsmittel in bestimmten Farben und Lacken [7]: weg von den stark lösungsmittelhaltigen Lacken hin zu festkörperreichen Lacken (Medium Solids/High Solids). Dabei werden die stark lösungsmittelhaltigen Holzlacke wie NC-Lacke, SH-Lacke und 1K-/2K-PUR-Lacke schrittweise durch UV-, Wasserlacke und moderne Beschichtungsverfahren ersetzt. Eine Übersicht über die Zusammensetzung einiger Lacksorten bietet Tabelle 8.

Tabelle 8:  
Beispielhafte Zusammensetzung von Lacken für Möbelbeschichtungen (nach [8])

Art des Lackes	Lösungsmittelanteil in %	Zusammensetzung des Lösungsmittels
Nitrocelluloselacke	70 bis 80	30 bis 50 % Ester 20 bis 25 % Aromaten 10 bis 20 % Alkohole 10 bis 15 % Ketone 10 % Alkane
Polyurethan-Stammlacke	70	60 % Ester 20 % Aromaten 20 % Ketone
Polyurethan-Härter	62	90 % Ester 10 % Aromaten
UV-härtende ungesättigte Polyesterlacke	40	98 bis 100 % Aromaten 1 bis 2 % Alkohole 0,5 % Ester
Wasserlacke	11	64 % Alkohole 18 % Aromaten 18 % Ketone

Die Ausgasung der noch im Werkstoff vorhandenen Restmengen an Lösungsmitteln verläuft je nach Stoffgruppe unterschiedlich. So gasen Aromaten in der Anfangsphase etwa doppelt so schnell aus wie Alkohole. Bei Lösungsmittelgemischen, wie sie in den meisten Lacken verwendet werden, kommt es daher zu Verschiebungen zwischen dem relativen Anteil einzelner Substanzen im Rohlack und in der Innenraumluft. Der Anteil der Aromaten beträgt bei vielen Lacken rund 20 %, ihr Anteil an der Gesamtmenge aller leicht flüchtigen organischen Verbindungen in der Innenraumluft aber nur 2 bis 10 %. Der Anteil der Ester und Alkohole in der Luft ist im Gegensatz dazu in der Regel höher als deren Anteil im Lack.

#### *Feste Beschichtungsmaterialien*

Um die Möbeloberflächen zu schützen und zur Gestaltung, werden neben flüssigen Beschichtungsstoffen auch feste Beschichtungsmaterialien wie Furniere, Folien und Dekorpapiere eingesetzt. Je nach Art und Technologie der eingesetzten Materialien können hierdurch ebenfalls Lösungsmittel, flüchtige organische Verbindungen (VOC) etc. in die Raumluft entweichen.

#### **6.4.4 Teppichböden**

Auch Teppichböden müssen als Träger von Stoffen, die zur Belastung von Innenräumen beitragen können, berücksichtigt werden. Dabei steht die Emission von VOC im Vordergrund.

## 6 Gebäude und Einrichtung

Die „Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V.“ (GuT) prüft Teppichböden und Teppiche auf gesundheitliche und ökologische Aspekte [9]. Halten die geprüften Bodenbeläge die GuT-Verwendungsverbote z. B. für schwermetallhaltige Farbstoffe ein und erfüllen sie die GuT-Kriterien im Rahmen der Schadstoffprüfung auf gesundheitsgefährdende Stoffe wie z. B. Formaldehyd, Benzol und flüchtige organische Verbindungen, so wird ihnen das GuT-Siegel (Abbildung 5) verliehen.

Abbildung 5:  
GuT-Siegel



### Teppichkleber

Insbesondere bei der Anwendung von Teppichklebern können Beeinträchtigungen der Raumluftqualität in Innenräumen auftreten. Um dem vorzubeugen, haben Unternehmen der deutschen Klebstoffindustrie die „Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe“ (GEV) gegründet. Erklärtes Ziel der Gemeinschaft ist es, in Zusam-

menarbeit mit der Rohstoffindustrie eine neue Produktgeneration „sehr emissionsarmer“ Verlegewerkstoffe zu schaffen, die dem Verbraucher im Hinblick auf den Gesundheitsschutz gewisse Sicherheiten bieten soll.

Darüber hinaus wurde ein gemeinsames Klassifizierungssystem zur Emissionsbewertung erarbeitet, das dem Verbraucher die benötigten Informationen für eine geeignete Produktauswahl liefert. Dem so entstandenen Produktkennzeichnungssystem EMICODE® liegen eine exakt definierte Prüfkammeruntersuchung und strenge Einstufungskriterien zugrunde. Die einheitliche Verwendung von EMICODE® durch die GEV-Mitglieder gibt allen Branchenpartnern Sicherheit bei der Auswahl von Verlegewerkstoffen. Nach EMICODE® werden die Produkte in drei Klassen eingeteilt (Tabelle 9) [10].

Alle nach EMICODE® gekennzeichneten Werkstoffe (Abbildung 6) gelten als emissionskontrollierte Werkstoffe und werden grundsätzlich ohne Zusatz von Lösungsmitteln hergestellt. Krebs erzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Stoffe oder Stoffe, die im Verdacht einer solchen Wirkung stehen, dürfen in emissionskontrollierten Werkstoffen nicht eingesetzt werden.

Tabelle 9:  
Übersicht über die EMICODE®-Klassen

Klasse	Emittierte Menge flüchtiger organischer Verbindungen in µg/m³	
	TVOC nach drei Tagen	TVOC/TSVOC nach 28 Tagen
EMICODE EC 1 <sup>PLUS</sup> sehr emissionsarm *)	≤ 750	≤ 60/40
EMICODE EC 1 sehr emissionsarm	≤ 1 000	≤ 100/50
EMICODE EC 2 emissionsarm	≤ 3 000	≤ 300/100

\*) Produkte, die nach EMICODE EC 1<sup>PLUS</sup> bewertet werden, müssen darüber hinaus weitere Anforderungen erfüllen.

TVOC (total volatile organic compounds): Summe der flüchtigen organischen Verbindungen mit einem Siedebereich von 60 bis 250 °C

TSVOC (total semi volatile organic compounds): Summe der flüchtigen organischen Verbindungen mit einem Siedebereich oberhalb von 250 °C

Abbildung 6:  
EMICODE®-Siegel



#### 6.4.5 Literatur

- [1] WINGIS Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft. CD-ROM. BC-Verlag, Wiesbaden (jährliche Aktualisierung)
- [2] Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten. Hrsg.: Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB), Berlin, aktuellste Fassung
- [3] Grundlage für Umweltzeichenvergabe – Emissionsarme Möbel und Lattenroste aus Holz und Holzwerkstoffen (RAL-UZ 38) (01.13). Hrsg.: RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung, Sankt Augustin 2013

## 6 Gebäude und Einrichtung

- [4] *Roffael, E.*: Die Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Holzwerkstoffen. DRW, Leinfelden 1982
- [5] *Diller, W.*: Messtechnik und Bewertung von Formaldehyd und Isocyanaten in Innenräumen. In: Schadstoffbelastung in Innenräumen, Bd. 19. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Düsseldorf 1992
- [6] Richtlinie 1999/13/EG des Rates vom 11. März 1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel entstehen. ABl. EG (1999) Nr. L 85, S. 1-22; zul. geändert. Richtlinie 2008/112/EG, ABl. EG (2008) Nr. L 345, S. 68-74
- [7] Richtlinie 2004/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. April 2004 über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aufgrund der Verwendung organischer Lösungsmittel in bestimmten Farben und Lacken und in Produkten der Fahrzeugreparaturlackierung sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/13/EG. ABl. EG (2004) Nr. L 143, S. 87-96; zul. geändert. Richtlinie 2010/79/EU, ABl. EU (2010) Nr. L 304, S. 18-19
- [8] *Fischer, M.; Böhm, E.*: Erkennung und Bewertung von Schadstoffemissionen aus Möbellacken. Erich Schmidt, Berlin 1994
- [9] Verantwortung für die Umwelt. Hrsg.: Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden, Aachen  
<http://license.gut-ev.de>
- [10] EMICODE. Hrsg.: GEV – Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe, Klebstoffe und Bauprodukte, Düsseldorf  
<http://www.emicode.com/>

### Weiterführende Literatur

*Rühl, R.; Kluger, N.*: Handbuch Bau-Chemikalien. Ecomed, Landsberg 2006 – Losebl.-Ausg.

Ökologisches Bauen: Energiesparend, emissionsarm und zukunftsfähig? Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springe-Eldagsen 1999

*Fischer, M.*: Bauprodukte als Schadstoffquelle im Innenraum. *Gesundh.-Ing.* 121 (2000) Nr. 5, S. 246-248

*Bischoff, W.; Dompke, M.; Schmidt, W.*: Sick Building Syndrome. C. F. Müller, Karlsruhe 1993

European Collaboration Action: Evaluation of VOC Emissions from Building Products. Report No 18. EC. Hrsg.: Joint Research Centre, Ispra 1997

Innenraumbelastungen: Erkennen, Bewerten, Sanieren. Bauverlag, Berlin 1993



Kontrolle von Schadstoffemissionen aus Baumaterialien und anderen im Innenraumbereich eingesetzten Produkten. Umwelt (1993) Nr. 5, S. 206

*Tomforde, B.; Kruse, H.:* Bewertung der Luftverunreinigung in Innenräumen unter besonderer Berücksichtigung der Baumaterialien. Schriftenreihe des Instituts für Toxikologie der Universität Kiel, Heft 22, Kiel 1992

Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetzes (Chemikalien-Verbotsverordnung – ChemVerbotsV) vom 13. Juni 2003. BGBl. I (2003) S. 867-884; zul. geänd. BGBl. I (2010), S. 1648-1692