



# **Gütesiegel für die Innenraumlufthqualität von Gebäuden**

Praxisarbeit zur Praxisphase 3 im WS 2009/10

Studiengang: Bauen im Bestand, Hochschule 21

Name: Susanne Gehrmann

Matrikelnr: 20808

Abgabe: April 2010

Betreuer: Architekt Prof. Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Peter,  
Architekt Dipl.-Ing. Thomas Schulz

Praxisbetrieb: Sentinel-Haus Institut GmbH, Freiburg

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Definition Innenraumlufthygiene und -qualität</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Rechtliche Aspekte der Innenraumluftqualität</b> .....	<b>7</b>
<b>4 Gütesiegel</b> .....	<b>9</b>
4.1 Deutschland .....	9
4.1.1 Sentinel-Haus Institut Gesundheitspass .....	9
4.1.2 Toxproof .....	10
4.1.3 Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) .....	12
4.1.4 ALLÖKH .....	14
4.2 Schweiz und Österreich .....	15
4.2.1 Minergie-Eco .....	15
4.2.2 GI Gutes Innenraumklima .....	16
4.2.3 Total Quality Building (TQB) .....	18
4.3 Empfehlungen für die Raumlufthqualität .....	18
4.3.1 Umweltbundesamt (UBA) .....	18
4.3.2 Weltgesundheitsorganisation (WHO) .....	19
4.3.3 Nationaler Gesundheitsrat Frankreich (HCSP) .....	20
<b>5 Vergleich der Gütesiegel und Empfehlungen</b> .....	<b>21</b>
<b>6 Fazit und Ausblick</b> .....	<b>25</b>
<b>7 Zusammenfassung</b> .....	<b>26</b>
<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>27</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>30</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>31</b>

---

## Abkürzungen

AGÖF	Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V.
ALLÖKH	Allergiker-gerechtes Öko-Haus
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
DGNB	Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen
EnEV	Energieeinsparverordnung
HCSP	le Haut Conseil de la Santé publique
n	Luftwechselrate
KBE	koloniebildende Einheit
PM	Particulate Matter
POM	Particulate Organic Matter
SBS	Sick Building Syndrom
SHI	Sentinel-Haus Institut
SVOC	Semivolatile Organic Compounds
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TQB	Total Quality Building
TVOC	Total Volatile Organic Compounds
UBA	Umweltbundesamt
VOC	Volatile Organic Compounds
VVOC	Very Volatile Organic Compounds
WHO	World Health Organisation

# 1 Einleitung

In Deutschland sind zwar die Anforderungen an die Außenluft geregelt (TA Luft 2002), für die Innenluft existieren jedoch keine allgemeingültigen Anforderungen. Dies führt zu Unsicherheiten und einem erhöhten Haftungsrisiko für Architekten, Bauunternehmer und Handwerker bei Schadstoffen und Gerüchen aus Bauprodukten. Dieses erhöhte Haftungsrisiko beruht auf der mangelnden Beschreibung der Beschaffenheit, das heißt der geschuldeten Raumluftqualität. Um dieses Risiko zu minimieren, wird empfohlen die Beschaffenheit der Raumluftqualität vertraglich zu vereinbaren. Hilfreich können hier verschiedene Gütesiegel sein, die die Innenraumlufthygiene berücksichtigen und eine Definition der Beschaffenheit ermöglichen. Weiterhin ermöglichen diese Gütesiegel einen Mehrwert von Immobilien. Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung und der Vergleich üblicher Gütesiegel in Deutschland und im deutschsprachigen Ausland.

Die Gütesiegel, die in dieser Arbeit betrachtet werden, beziehen sich jeweils auf das fertige Gebäude. Im Gegensatz hierzu gibt es eine Vielzahl von Baustofflabels, welche die einzelnen Produkte zertifizieren. Beispiele für diese Label sind natureplus, eco-Institut-Label oder Blauer Engel, diese Siegel werden im Weiteren nicht untersucht.

Die Innenraumluftqualität spielt bei der Planung von Aufenthaltsräumen eine steigende Rolle. Gute Wärmedämmung und Luftdichtigkeit moderner Gebäuden führen zu deutlich geringeren Luftwechselraten (EnEV 2009 und DIN 4108-7 2009). Der verminderte Austausch der Raumluft verursacht die Anreicherung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) in Innenräumen. VOC stammen u.a. aus Bauprodukten, Einrichtungsgegenständen, Reinigungsmitteln und Raumsprays und können z.B. Schleimhautreizungen und Müdigkeit hervorrufen, sowie einen unangenehmen Geruch bewirken. Eine daraus resultierende Krankheit, deren Grund nicht eindeutig identifiziert werden kann, wird als „Sick-Building-Syndrom (SBS)“ bezeichnet (Hodgson 2002). Außerdem kann die Innenraumluft durch Feinstaub, Bakterien und Schimmelsporen verunreinigt sein, sowie bei unzureichender Frischluftzufuhr durch hohe CO<sub>2</sub>-Konzentrationen eine schlechte Raumluftqualität aufweisen.

Für die Gesundheit des Menschen spielt die Innenraumluftqualität eine entscheidende Rolle. Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer in Innenräumen beträgt 90 %. Dabei ist die Hygiene der Luft von besonderer Bedeutung, denn der Mensch atmet pro Tag 10 bis 20 Kubikmeter Luft ein, dies entspricht einer Masse von 12 bis 24 kg Luft (UBA 2010). Der Qualität des „Lebensmittels“ Luft sollte aus diesem Grund bei der Planung und beim Kauf eines Gebäudes eine große Aufmerksamkeit zukommen.

## 2 Definition Innenraumlufthygiene und -qualität

In Anlehnung an die Festlegung des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU, 1987), die VDI 4300 Blatt 1 (1995) und die EN ISO 16000-1 (2006) werden als Innenräume definiert:

- private Wohn- und Aufenthaltsräume wie Wohn-, Schlaf- und Badezimmer, Küche, Bastel-, Sport- und Kellerräume,
- Räume in öffentlichen Gebäuden (z. B. Schulen, Kindergärten, Jugendhäuser, Krankenhäuser, Sporthallen, Bibliotheken, Gaststätten, und andere Veranstaltungsräume),
- Arbeitsräume und Arbeitsplätze in Gebäuden, die nicht im Hinblick auf Luftschadstoffe den Regelungen des Gefahrstoffrechtes (insbesondere zu Arbeitsplatzgrenzwerten) unterliegen,
- Fahrgasträume von Kraftfahrzeugen und öffentlichen Verkehrsmitteln.

Hygiene wird nach der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (2010) als die „Lehre von der Verhütung der Krankheiten und der Erhaltung und Festigung der Gesundheit“ bezeichnet. Die Innenraumlufthygiene beschäftigt sich demnach mit der Verhütung von Krankheiten durch Luft in Innenräumen, also mit der Vorbeugung und Minimierung von Schadstoffen in Innenräumen (APUG 2005).

Der Begriff Qualität stammt vom lateinischen „qualitas“ und bedeutet Beschaffenheit. Als Qualität wird „die Gesamtheit der Eigenschaften und Merkmale bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“ (DIN EN ISO 8402) bezeichnet. Die Innenraumluftqualität beschreibt somit ob und wie weit bestimmte Eigenschaften bezüglich der Raumluft eingehalten werden.

Merkmale der Innenraumluftqualität sind vor allem das Raumklima und Schadstoffe. Das Raumklima umfasst die Eigenschaften Lufttemperatur, Temperatur von Strahlungsflächen, Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit (APUG 2005). Schadstoffe in der Raumluft sind insbesondere flüchtige organische Verbindungen, diese werden abhängig von ihrem Siedepunkt als VVOC (very volatile organic compounds), VOC (volatile organic compounds), SVOC (semi volatile organic compounds) und POM (particulate organic matter) unterschieden (s. Tabelle 1) (WHO 1989). Weiterhin kann die Innenraumluft durch verschiedene biologische Schadstoffe verunreinigt werden wie Bakterien, Thermoactinomyzeten und Schimmelpilze. Ebenfalls zu den Schadstoffen in Innenräumen werden Feinstaub und anorganische Gase wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO) sowie Radonbelastung gezählt (UBA 2005).

Tabelle 1: Klassifizierung flüchtiger organischer Luftschadstoffe (WHO 1989)

Kategorie	Beschreibung	Abkürzung	Siedebereich (°C) <sup>a</sup>	Sammelmedium
1	Very Volatile Organic Compounds	VVOC	< 0 bis 50 - 100 °C	Adsorption auf Aktivkohle
2	Volatile Organic Compounds	VOC	50 - 100 bis 240 - 260 °C	Adsorption auf Tenax TA, graphisiertem Kohlenstoff oder Aktivkohle
3	Semi Volatile Organic Compounds	SVOC	240 - 260 bis 380 - 400 °C	Polyurethanschaum oder XAD-2
4	Organic Compounds associated with particulate matter or particulate organic matter	POM	> 380 °C	Sammlung auf Filtern

1: sehr flüchtige organische Verbindungen

2: flüchtige organische Verbindungen

3: schwerflüchtige organische Verbindungen

4: staubförmige oder staubgebundenen schwerflüchtige organische Verbindungen

### 3 Rechtliche Aspekte der Innenraumluftqualität

Es gibt in Deutschland keine gesetzlichen oder behördlichen Grenzwerte für die Innenraumluft in Wohngebäuden. In der Gefahrstoffverordnung sind ausschließlich Schadstoffbelastungen in Arbeitsstätten geregelt. Die einzige Beschreibung der gesetzlich geforderten Innenraumluftqualität befindet sich in Teil 1, § 3, Abs. 5 der Musterbauordnung:

„Bauprodukte und Bauarten, [...], dürfen verwendet oder angewendet werden, wenn das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit gleichermaßen dauerhaft erreicht wird“.

Es handelt sich somit um eine sehr vage Beschreibung der geschuldeten Qualität. Zur Bewertung und Beurteilung der Innenraumluftqualität wurden von der „Ad-hoc-Arbeitsgruppe“, welche sich aus Mitgliedern der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) beim Umweltbundesamt sowie der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) zusammensetzt, Richtwerte für einige Schadstoffe festgelegt. Es ist somit möglich die Qualität zu beurteilen, nur sind die einzuhaltenden Werte nicht gesetzlich definiert. In verschiedenen Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes werden Empfehlungen für die Innenraumluftqualität formuliert, beispielsweise im „Leitfaden für die Innenraumluftthygiene in Schulgebäuden“ (2008). Es handelt sich hier um Empfehlungswerte, die weder den Status eines Gesetzes noch einer Verordnung haben. Mangels behördlicher Richtwerte werden diese jedoch in Gerichtsverfahren über gesundheitliche Beeinträchtigungen in Wohngebäuden durch Schadstoffe oder Gerüche üblicherweise als Grundlage für Gutachten verwendet. Eine Nichteinhaltung dieser Empfehlungswerte führt somit zu einem erhöhten Haftungsrisiko, sowohl für den Planer als auch den Handwerker. Hier sind nicht nur die Kosten für Material- und Lohn beim Austausch der Produkte zu berücksichtigen, sondern auch Gutachterkosten sowie möglicherweise Schadenersatzforderungen, wenn beispielsweise durch die Nichtnutzung andere Gebäude angemietet werden müssen. Dies gilt auch, wenn der Handwerker, Bauunternehmer oder Planer keine Kenntnis über die Schadstoffbelastung bzw. das Emissionspotential hat.

Der Anspruch auf die Innenraumluftqualität beruht auf dem § 633 „Sach- und Rechtsmangel“ des BGB:

„(1) Der Unternehmer hat dem Besteller das Werk frei von Sach- und Rechtsmängeln zu verschaffen.

(2) Das Werk ist frei von Sachmängeln, wenn es die vereinbarte Beschaffenheit hat. Soweit die Beschaffenheit nicht vereinbart ist, ist das Werk frei von Sachmängeln,

1. wenn es sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, sonst
2. für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werks erwarten kann.

Einem Sachmangel steht es gleich, wenn der Unternehmer ein anderes als das bestellte Werk oder das Werk in zu geringer Menge herstellt.

- (3) Das Werk ist frei von Rechtsmängeln, wenn Dritte in Bezug auf das Werk keine oder nur die im Vertrag übernommenen Rechte gegen den Besteller geltend machen können“.

Üblicherweise ist die Beschaffenheit der Innenraumluftqualität in Bauverträgen nicht definiert, bei Beschwerden und daraus resultierenden Klagen muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die Gutachter sich auf die Empfehlungswerte des Bundesumweltamtes berufen. Diese nicht eindeutige Rechtssituation und das damit verbundene erhöhte Haftungsrisiko kann durch eine Beschaffenheitsvereinbarung im Werkvertrag minimiert werden (Wirth 2010). Hier bieten sich eine Vielzahl von Gütesiegeln an, die die Kriterien für die geschuldete Innenraumluftqualität, zumindest mehr oder weniger eindeutig, definieren.

## 4 Gütesiegel

Im folgenden Abschnitt werden die üblichen Gütesiegel für Deutschland und den deutschsprachigen Raum, die die Raumluftqualität von Wohngebäuden umfassen, beschrieben und die Kriterien dargestellt. Außerdem wird eine Auswahl behördlicher Empfehlungswerte vorgestellt.

### 4.1 Deutschland

Es existieren mehrere Gütesiegel für die Innenraumluftqualität von Wohngebäuden, die ihren Ursprung in Deutschland haben. Marktrelevant sind die Label Sentinel-Haus Institut Gesundheitspass, Toxproof, DGNB (Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen) und ALLÖKH, diese werden im Weiteren näher untersucht.

#### 4.1.1 Sentinel-Haus Institut Gesundheitspass

Der Sentinel-Haus Institut Gesundheitspass (SHI Gesundheitspass) ist ein vorwiegend für Einfamilienhäuser konzipiertes Gütesiegel. Es wird vom Sentinel-Haus Institut vergeben (s. Abbildung 1). Schwerpunkt ist die so genannte Wohngesundheit, die Gesundheit des Bewohners. Das Konzept beruht auf mehreren Säulen: der Schulung der Handwerker und Planer, der definierten Bauteilbeschreibung und Produktlisten sowie Auswahl wissenschaftlich geprüfter emissionsarmer Bauprodukte, einer kontinuierlichen Baubegleitung mit Baustellentagebuch sowie einer obligatorischen Abschlussmessung der Innenraumluft bei jedem Gebäude.



Abbildung 1: Sentinel-Haus Institut Gesundheitspass

Das Ziel wohngesunde Lebensräume zu schaffen, wird vor allem durch strenge Kriterien an die Innenraumluft umgesetzt. Die Abschlussmessung findet 30 bis 100 Tage nach Fertigstellung statt. Der Gesundheitspass fordert die Messung von Formaldehyd, VOCs und SVOCs. Die Formaldehydkonzentration in der Raumluft darf  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , die Konzentration der TVOCs  $1000 \text{ mg}/\text{m}^3$  nicht überschreiten. Zusätzlich

werden die Einzelstoffkonzentrationen betrachtet und bewertet, bei den SVOCs werden ebenfalls die Einzelstoffkonzentrationen analysiert und beurteilt. Geplant ist weiterhin eine Bewertung des Geruchs, diese wird voraussichtlich im Gesundheitspass aufgenommen, wenn die Bewertungssystematik der AGÖF (Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V.) veröffentlicht ist.

In den Gebäuden dürfen bei üblicher Nutzung maximale CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 1500 ppm auftreten. Dies ist in der Planungsphase mit mathematischen Berechnungstools abzuschätzen und für das Zertifikat mit der örtlich gemessenen Luftwechselrate, ebenfalls rechnerisch, zu belegen. Nur bei ausdrücklichem Bauherrenwunsch darf auf Lüftungsanlagen verzichtet werden, der hygienische Luftwechsel ist in diesen Fällen durch den Nutzer zu gewährleisten. Mögliche Verunreinigungen der Innenraumluft durch Lüftungsanlagen sind durch Raumluftuntersuchungen auszuschließen. Dabei wird die Innenraumluft auf Feinstaub sowie Schimmelpilze untersucht. Der Feinstaubgehalt PM<sub>2,5</sub><sup>1</sup> muss kleiner als 25 µg/m<sup>3</sup> sein, Schimmelpilze werden im Verhältnis zur Außenluft bewertet. Es sind keine Messungen von Thermoactinomyceten und Bakterien vorgesehen. Alle Raumluftmessungen sind durch unabhängige Prüfer durchzuführen und von akkreditierten Analyselaboren auszuwerten.

Der SHI-Gesundheitspass fordert abschließende Blowerdoor-Tests mit n<sub>50</sub>-Werten < 1,0 h<sup>-1</sup>. Es werden keine weiteren Anforderungen an den Energiebedarf und Wärmeschutz gestellt.

Als weiterer Faktor der Wohngesundheit ist das Radongefährdungspotential durch Radonkarten des Bundesamtes für Strahlenschutz (BFR) abzuschätzen. Bei Bedarf sind eine Radonmessung durchzuführen, ggf. Abschirmmaßnahmen zu ergreifen und eine überprüfende Abschlussmessung auszuführen. Untersuchungen zum Elektromog sind nicht zwingender Bestandteil des Kriterienkataloges und werden bei Bedarf gemacht. Bei Wohngebäuden gibt es keine besonderen Anforderungen an den Lärm- und Schallschutz (vgl. SHI 2010).

Die Kriterien des Labels sind öffentlich. Als Besonderheit des Zertifikats sind die Handwerkerschulungen und Baustoffbewertungen zu nennen

#### 4.1.2 Toxproof

Das Toxproof-Zertifikat wird vom TÜV Rheinland vergeben. Es handelt sich um ein Schwerpunktzertifikat für die Fertighausindustrie. Dabei wird unterschieden in ein Zertifikat für Wohn- und Fertighäuser sowie für Allergikerhäuser.

---

<sup>1</sup> Als PM<sub>2,5</sub> (Particulate Matter) wird die Staubfraktion bezeichnet, deren Zusammensetzung zu 50 % aus Teilchen mit einem Durchmesser von 2,5 µm sowie einem höheren Anteil kleinerer und einem niedrigen Anteil größerer Teilchen besteht. Diese Fraktion kann bis in die Lungenbläschen gelangen (WHO 2005).

#### 4.1.2.1 Wohn- und Fertighäuser

Der TÜV Rheinland vergibt das TOXPROOF-Zeichen bzw. das TÜV Rheinland Signet „schadstoffgeprüft“. Grundlage sind zum einen Prüfkriterien zur Bewertung von Baumaterialien, zum anderen Prüfkriterien zur Bewertung von Schadstoffkonzentrationen in der Raumluft.

Es werden alle Informationen zu Baumaterialien, die hinsichtlich der Schadstoffabgabe in die Raumluft ein Gefährdungspotential enthalten, ausgewertet und repräsentative, schadstoffrelevante Materialproben auf mögliche Emissionen im Prüfkammerv erfahren untersucht.

Die Raumluft in Gebäuden wird bei einer repräsentativen Anzahl von Raumluftuntersuchungen analysiert. Dabei müssen die Gehalte von Schadstoffen deutlich geringer als erfahrungsgemäße Raumluftkonzentrationen in Wohnräumen neuer Gebäude sein.

Die Raumluftuntersuchung erfolgt an einem Mustergebäude sowie stichprobenartig während der jährlichen Marktüberwachung bei Gebäuden der laufenden Produktion. Diese Messungen erfolgen frühestens 30 Tage nach Fertigstellung. Die Raumluft wird auf Formaldehyd, Acetaldehyd und VOC untersucht. Die Gehalte an Formaldehyd und Acetaldehyd dürfen jeweils  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschreiten. Der TVOC-Wert muss unter  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein, eine Zeichenvergabe ist bei erhöhten Terpenkonzentrationen auch möglich, wenn diese Gehalte durch Reinigungsmittel verursacht wurden und andere Quellen sicher ausgeschlossen werden können. Zusätzlich zum TVOC-Wert werden auch verschiedene Stoffgruppen der VOCs betrachtet, für diese gelten ebenfalls Richt- bzw. Grenzwerte.

Es werden keine Anforderungen an Raumluftanlagen und die Luftaufbereitung gestellt. Ebenso werden die Parameter Feinstaub, Bakterien, Thermoactinomyceten, Schimmelpilze und  $\text{CO}_2$  nicht untersucht. Das Zertifikat berücksichtigt die Parameter Radon und Elektrosmog nicht, auch an den Wärme-, Lärm- und Schallschutz werden keine Anforderungen gestellt.

Die Kriterien für das Label schadstoffgeprüfte Wohn- und Fertighäuser sind nicht öffentlich und auf Nachfrage erhältlich.

#### 4.1.2.2 Allergikerhäuser

Ebenfalls vom TÜV Rheinland wird das TÜV Rheinland Signet „schadstoffgeprüft“ und „für Allergiker geeignet“ vergeben. In diesen Gebäuden gelten besondere Anforderungen an Schadstoffe, Staub und Keime in der Raumluft, auch Kontaktallergene werden minimiert.

Die in einem Gebäude eingesetzten Produkte, die ein Gefährdungspotential für die Raumluft bergen, werden bewertet und bei unzureichender Datenlage oder Verdachtsfällen auf Schadstoffe im Material und im Prüfkammerv erfahren auf

Emissionen untersucht. Es sind Baumaterialien zu wählen, die keine allergieauslösenden Stoffe enthalten.

Zur Gewährleistung geringer Schadstoffkonzentrationen fordert das Zertifikat die Durchführung einer repräsentativen Anzahl von Raumlufuntersuchungen auf VOC, Partikel und Keime im Wohn- bzw. Fertighaus. Nach erfolgter Zeichenvergabe erfolgt eine jährliche Marktüberwachung, im Rahmen dieser werden Raumlufuntersuchungen und ggf. Stichprobenkontrollen der Materialien durchgeführt.

Die Raumlufmessung erfolgt frühestens 30 Tage nach Fertigstellung des Gebäudes, die raumluftechnische Anlage muss während der Messung in Betrieb sein. Es erfolgt eine Untersuchung auf Formaldehyd, Acetaldehyd sowie VOCs, auch der Geruch wird bewertet. Die Gehalte von Formaldehyd und Acetaldehyd dürfen jeweils  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschreiten. Für den TVOC-Wert gilt als Grenzwert  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Weiterhin werden die Einzelstoffverbindungen der VOCs analysiert und bewertet. Es darf maximal ein schwach produkttypischer Geruch festgestellt werden, es dürfen keine Hinweise auf verwendete Duftstoffe festgestellt werden.

Das Signet fordert den Einbau einer raumluftechnischen Anlage. Diese hat zwingend die Anforderungen der VDI 6022 Blatt 1 (2006) zu erfüllen. Die Anlage ist mindestens mit einem Filter der Klasse F7 nach DIN EN 13779 (2007) oder einem Filtersystem gleicher Qualitätsanforderungen auszustatten. Zeitgleich zur Raumlufmessung auf flüchtige organische Verbindungen erfolgt eine Untersuchung der Raumluf auf Keime und Staub. Die Keimbelastung wird im Verhältnis zur Außenluft bewertet und darf den Wert von  $1000 \text{ KBE}/\text{m}^3$  (koloniebildende Einheit) nicht überschreiten. Als Staub wird die Fraktion zwischen  $0,3$  und  $0,5 \mu\text{m}$ , wiederum im Verhältnis zur Außenluft, betrachtet. Die Innenraumlufqualität muss bezüglich des Staubes um mindestens 30 % besser als die Außenluftqualität sein. Das Label fordert keine Messungen der Raumluf auf Bakterien und Thermoactinomyceten sowie  $\text{CO}_2$ . Die Parameter Radon, Elektrosmog, Wärme-, Lärm- und Schallschutz werden für das Signet nicht betrachtet.

Der Zertifikatgeber hebt im Kriterienkatalog hervor, dass die Anforderungen nicht zu einem umfassenden Schutz bei allen Allergierarten führen und dies vom Zeichennutzer anzugeben ist. Die Kriterien für das Label „Allergikergerechte Wohn- und Fertighäuser“ sind nicht öffentlich.

#### **4.1.3 Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB)**

Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen vergibt ein Zertifikat für nachhaltige Bauwerke. Das Zertifikat ist für große Projekte ausgelegt, beispielsweise für Büro- und Verwaltungsbauten, Bildungsbauten, Hotels oder Industriebauten. Ziel des nachhaltigen Bauens ist die Qualität. Die Gebäude sollen wirtschaftlich effizient, umweltfreundlich und ressourcensparend sein sowie für den Nutzer behaglich und gesund und sich optimal in das sozio-kulturelle Umfeld einpassen. Das System baut auf dem Lebenszyklusgedanken auf und berücksichtigt somit nicht nur die ökologischen Aspekte des „green building“, sondern auch ökonomische und sozio-

kulturelle Themen (s. Abbildung 2) (vgl. DGNB 2010). Im Rahmen dieses Vergleichs werden nur die Anforderungen an die Innenraumluftqualität berücksichtigt, diese befinden sich im Kriterienkatalog der DGNB bei den Anforderungen an die soziokulturelle und funktionale Qualität.



**Abbildung 2: Themenfelder bei der Gebäudebewertung der DGNB (DGNB 2009b)**

Gemäß den öffentlichen Kriterien der DGNB wird die Grundlage für Innenräume mit niedrigen Emissionskonzentrationen flüchtiger und geruchsaktiver Stoffe durch die Auswahl geruchs- und emissionsarmer Bauprodukte in der Planungsphase geschaffen, näher ist diese Auswahl nicht definiert. Zur Überprüfung des Planungserfolges wird spätestens 4 Wochen nach Fertigstellung eine Raumluftmessung zur Bestimmung der TVOC-Konzentration durchgeführt, einzuhaltende Werte sind nicht aufgeführt (DGNB 2009a).

Nach nicht öffentlichen Kriterien gilt für die TVOC-Konzentration ein Leitwert von  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ein Gehalt von  $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  führt als KO-Kriterium zur Zertifikatsablehnung. Für Formaldehyd ist für eine maximale Punktzahl ein Raumluftegehalt von  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu unterschreiten, eine mehrfache und deutliche Überschreitung des Richtwertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  führt ebenfalls zur Zertifikatsablehnung. Neben der TVOC-Konzentrationen werden auch die Einzelstoffe der VOC beurteilt unter Heranziehung der Richtwertempfehlungen der Adhoc AG IRK/AOLG (2010). Deutliche Überschreitungen der empfohlenen Einzelstoffkonzentrationen führen nicht zur Ablehnung eines Gebäudes, sondern erfordern einen Hinweis im Prüfbericht auf die Quelle des Schadstoffeintrags und eine Aussage zum Abklingverhalten.

Die mikrobiologische Situation soll in Gebäuden ebenfalls untersucht werden, die Ergebnisse werden jedoch nicht bewertet, da die wissenschaftliche Methodik noch fehlt. Es gibt nach Aussage der DGNB noch keine unumstrittenen Richtwerte und Methoden zur mikrobiologischen Charakterisierung. Die Messung findet spätestens 4

Wochen nach Baufertigstellung statt, gemessen werden die keimfähigen Einheiten, weiterhin ist eine visuelle und sensorische Inspektion empfohlen.

Geplant ist weiterhin eine Bewertung der empfundenen Luftqualität. Diese kann jedoch mangels einer wissenschaftlichen Methodik noch nicht durchgeführt werden (vgl. DGNB 2008). Das Zertifikat schreibt den Einbau raumluftechnischer Anlagen nicht vor. Es sind ebenfalls keine Anforderungen bezüglich Bakterien, Thermoactinomyces, Feinstaub und CO<sub>2</sub> definiert. Radon und Elektromagnetische Felder werden bei der Analyse des Standortes berücksichtigt, Anforderungen an eine elektromagnetische Installation im Gebäude werden jedoch im Kriterienkatalog nicht berücksichtigt.

Da die DGNB-Zertifizierung sehr umfassend ist, ist eine Vielzahl von weiteren Kriterien definiert. Für die Innenraumluftqualität bedeutend sind Anforderungen bezüglich des Wärmeschutzes, sowie des thermischen Komforts im Sommer und Winter. So ist beispielsweise eine erhöhte Luftdichtigkeit durch einen Blower-Door Test nachzuweisen, gefordert wird ein  $n_{50}$ -Wert von  $1,0 \text{ h}^{-1}$ , bei raumluftechnischen Anlagen von  $0,8 \text{ h}^{-1}$ . Weiterhin sind beispielsweise Kriterien bezüglich des Lärm- und Schallschutzes definiert.

#### 4.1.4 ALLÖKH

Das Gütesiegel „Allergiker-gerechtes Öko-Haus“, kurz ALLÖKH<sup>®</sup>, wurde vom Institut für Umwelt und Gesundheit (IUG) in Fulda in Zusammenarbeit mit dem Allergie-Verein in Europa (AVE) entwickelt. Es ist sowohl für einzelne Gebäude als auch für Typenhäuser von Bauträgersgesellschaften oder Fertighausanbieter konzipiert.

Das Haus muss neben einem Allergiker-Check verschiedenste Anforderungen an Energieeinsparung, Ressourcenschonung und Sozialverträglichkeit erfüllen. Abschließend wird eine Schadstoffmessung durchgeführt, diese wird in Anlehnung an die Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF 2008) bewertet. Weiterhin wird ein „Allergen-Check in Anlehnung an den Entwurf von REACH entsprechend dem Beschluss von AVE-KEAC in Heerlen (Niederlande) von November 2005“ durchgeführt (IUG 2005).

Das Gütesiegel fordert u.a. Raumlufmessungen für Innenraumschadstoffe wie Formaldehyd und VOC, sowie Schimmelpilze. Ebenfalls werden der Luftwechsel und die Lüftungsanlage sowie Filtersysteme und Pollenfilter im Gebäudepass aufgenommen. Auch die elektromagnetische Strahlenbelastung außen und die Art der Installation innen sowie Radon sind im Anforderungskatalog berücksichtigt. Die detaillierten Kriterien für das Gütesiegel sind öffentlich jedoch nicht zugänglich.

Anforderungen bezüglich CO<sub>2</sub>, Feinstaub, Bakterien und Thermoactinomyces sind im Prüfkonzept nicht erwähnt. Auch der Schallschutz wird nicht aufgelistet, bei der Analyse der Lage wird jedoch Lärm berücksichtigt, der Wärmeschutz ist in der Übersicht ebenfalls erfasst (IUG 2009).

## 4.2 Schweiz und Österreich

Auch im deutschsprachigen Ausland in der Schweiz und in Österreich sind verschiedene Gütesiegel bezüglich der Innenraumluftqualität zu finden. In dieser Arbeit werden die Zertifikate Minergie-Eco und Gutes Innenraumklima für die Schweiz sowie Total Quality Building für Österreich untersucht.

### 4.2.1 Minergie-Eco

Das Gütezeichen Minergie-Eco ist eine Ergänzung zum Minergie®- bzw. Minergie-P®-Standard. Als Minergie wird der wichtigste Energiestandard in der Schweiz für Niedrigenergiehäuser bezeichnet. Das Zertifikat Minergie-P ist für Häuser mit einem besonders geringen Primärenergieverbrauch und ist mit dem deutschen Passivhaus vergleichbar. Zuständig sind die kantonalen Energiefachstellen bzw. spezielle Minergie-Zertifizierungsstellen. Mit dem Label Minergie-Eco ausgezeichnete Gebäude erfüllen neben den Anforderungen an Komfort und Energieeffizienz auch Kriterien an eine gesunde und ökologische Bauweise. Das Nachweisverfahren ist sowohl für Verwaltungsbauten, Schulen und Mehrfamilienhäuser wie auch für Einfamilienhäuser anwendbar (Minergie 2009a).

Anträge für Minergie-Eco werden in der Planungsphase gestellt, es gibt ein Vorzertifikat sowie ein Endzertifikat. Eine Vielzahl der Kriterien wird durch die entsprechende Planung erfüllt, diese werden durch umfangreiche Fragenkataloge abgefragt. Bezüglich der Innenraumlufthygiene fordert das Label eine geringe Schadstoffbelastung der Raumluft durch Emissionen von Bauprodukten (s. Abbildung 3) (Minergie 2009b). Die Gebäude müssen nach Fertigstellung 30 Tage ausgelüftet werden, hierbei ist eine gute Durchlüftung der Räume zu gewährleisten. Abschließende Raumluftmessungen sind nicht für alle Gebäudekategorien verpflichtend vorgeschrieben. Bei Ein- und Mehrfamilienhäusern sind passive Raumluftmessungen durchzuführen, bei allen übrigen Gebäudekategorien werden Messungen nur stichprobenartig durchgeführt. Freiwillige Raumluftmessungen mit guten Ergebnissen können jedoch Zusatzpunkte bei der Zertifikatsvergabe geben. Einzuhalten sind hier TVOC-Konzentrationen unter  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und Formaldehyd-Konzentrationen unter  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,05 ppm). Es sind keine gesonderten Anforderungen an Einzelstoffe der VOC formuliert, auch der Geruch wird nicht bewertet.

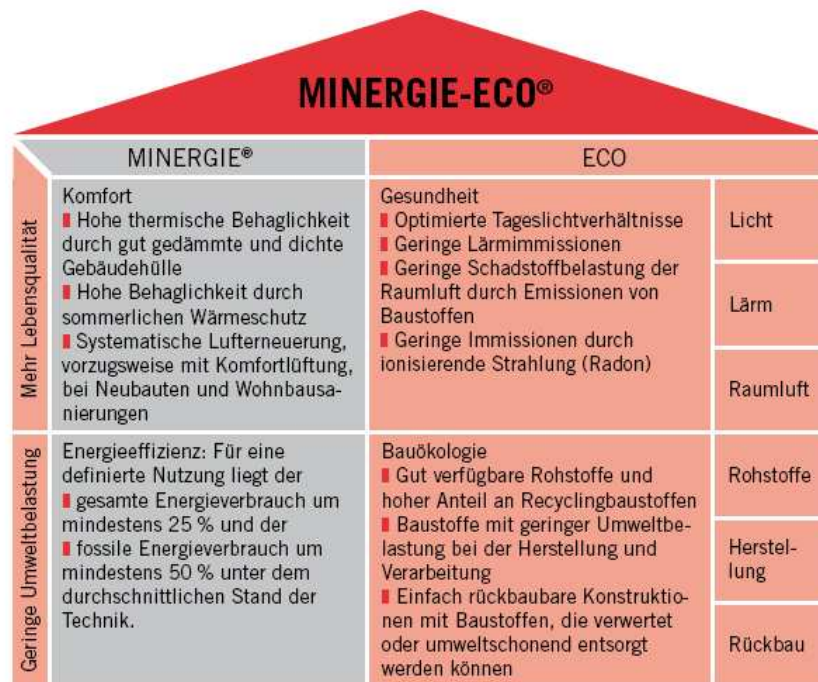


Abbildung 3: Anforderungen an Minergie-Eco (Minergie 2009b)

Der Nachweis von CO<sub>2</sub>-Konzentrationen < 1000 ppm durch Raumlufte-messungen führt zu Zusatzpunkten, ist jedoch nicht verpflichtend. Das Gütesiegel beinhaltet weiterhin Kriterien bezüglich der Radonbelastung. Das Gefährdungspotential ist auf den Radonkarten zu prüfen, Maßnahmen sind in Absprache mit den kantonalen Radonfachstellen zu ergreifen, um Konzentrationen in den bewohnten Räumen < 100 Bq zu gewährleisten. Die Berücksichtigung elektrosmogarmer Installation ist nicht verpflichtend, bei Umsetzung der Empfehlungen des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich werden Zusatzpunkte vergeben.

Mechanische Lüftungsanlagen sind für die Vergabe des Minergie-Eco Zertifikats obligatorisch. Untersuchungen auf Feinstaub, Schimmel, Thermoactinomyceten und Bakterien sind nicht vorgesehen, es sind jedoch Maßnahmen zur Sicherstellung der Hygiene der Anlage zu treffen.

Weiterhin umfasst der Kriterienkatalog u.a. Anforderungen bezüglich des Schall- und Wärmeschutzes. Als Besonderheit ist hervorzuheben, dass der Preis des Gebäudes den von konventionellen Gütern maximal um 10 % überschreiten darf (vgl. Minergie-Eco 2008, Minergie 2009a und Minergie 2009b). Die Kriterien von Minergie-Eco sind öffentlich zugänglich.

#### 4.2.2 GI Gutes Innenraumklima

Das Label „Gutes Innenraumklima“ ist ein unabhängiges Gütesiegel für die Raumluftequalität bei Neu- und Umbauten und Gebäuden im Bestand. Für den Zertifizierungsprozess verantwortlich ist die Schweizerische Zertifizierungsstelle S-Cert AG (S-Cert 2010a). Das Zertifikat ist vor allem für größere Projekte konzipiert,

beispielsweise Bürogebäude und größere Wohnprojekte. Es werden zwei verschiedene Label für den Neubau und den Bestand vergeben, auch die Kriterien unterscheiden sich teilweise. Beide Label beziehen sich ausschließlich auf die chemische Innenraumlufthausqualität.

#### 4.2.2.1 GI Neu- und Umbauten

Das Zertifikat GI Gutes Innenraumklima fordert die Einhaltung von Anforderungen an Schadstoffe in der Raumlufthaus und bei Lüftungsanlage zusätzlich an Keime und Feinstaub. Es werden grundsätzlich für die Zertifikatsvergabe Raumlufthausmessungen nach 30 bis 100 Tagen Auslüftzeit in unmöblierten Räumen durchgeführt. Zur Messung der Luftschadstoffe werden Formaldehyd, der TVOC-Gehalt sowie Einzelstoffkonzentrationen bestimmt. Die Konzentration von Formaldehyd darf  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , der TVOC  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschreiten, für Einzelstoffe und Stoffgruppen sind weitere Zertifikatswerte einzuhalten. Wenn raumlufthaus technische Anlagen vorhanden sind, werden zusätzlich Bakterien, Thermoactinomycceten und Schimmelpilze sowie Feinstäube gemessen, die Messung erfolgt in der Zuluft. Die Anzahl der Koloniebildenden Einheiten darf zur Zertifikatserfüllung für Bakterien  $190 \text{ KBE}/\text{m}^3$ , für Thermoactinomycceten  $0 \text{ KBE}/\text{m}^3$  und für Schimmelpilze  $129 \text{ KBE}/\text{m}^3$  nicht überschreiten. Feinstaubpartikel mit einem aerodynamischen Durchmesser  $< 2 \mu\text{m}$  sollten  $10 \text{ Partikel}/\text{Liter}$  und bei einem aerodynamischen Durchmesser  $> 0,8 \mu\text{m}$   $150 \text{ Partikel}/\text{Liter}$  unterschreiten (S-Cert 2009). Weitere Anforderungen sind nicht berücksichtigt.

#### 4.2.2.2 GI für Gebäude im Bestand

Das Zertifikat GI für Gebäude im Bestand fordert zwingend die Erfüllung von Anforderungen im Bereich chemische Schadstoffe und Kohlendioxid in der Innenraumlufthaus, bei raumlufthaus technischen Anlagen ebenfalls für Keime und Feinstaubpartikel in der Zuluft. Die chemische Raumlufthausmessung wird für Formaldehyd, TVOC und Einzelstoffe der VOC durchgeführt. Die Formaldehyd-Konzentration darf  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , die TVOC-Konzentration  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschreiten. Weiterhin wird eine Vielzahl von Einzelverbindungen und Stoffgruppen der VOC anhand von Zertifikatswerten beurteilt. Zusätzlich zum Zertifikat für den Neu- und Umbau wird im Bestand auch die Kohlendioxidkonzentration gemessen, der Wert soll in Wohnbauten, Büro-, Industrie-, Verwaltungs- und Schulbauten bei Lüftungsanlagen maximal zwischen  $1000$  und  $1500 \text{ ppm}$  liegen, ohne Lüftungsanlagen höchstens bei  $1500$  bis  $2000 \text{ ppm}$ . Hierbei darf der Spitzenwert von  $1500 \text{ ppm}$  bei Lüftungsanlagen und  $2000 \text{ ppm}$  ohne Lüftungsanlagen zu keinem Zeitpunkt überschritten werden.

Bei installierten raumlufthaus technischen Anlagen wird zusätzlich die Qualität der Luftaufbereitung durch die Messung von Bakterien, Thermoactinomycceten, Schimmelpilzen und verschiedenen Feinstaubfraktionen in der Zuluft überprüft. Dabei gelten dem Neubau entsprechende Anforderungen. Als Grenzwerte gelten für die koloniebildenden Einheiten bei Bakterien  $190 \text{ KBE}/\text{m}^3$ , bei Thermoactinomycceten

0 KBE/m<sup>3</sup> und bei Schimmelpilzen 150 KBE/m<sup>3</sup>. Es werden zwei verschiedene Feinstaubfraktionen untersucht, die höchstzulässige Partikelanzahl beträgt für Feinstaub < 2 µm 10 Partikel je Liter und für Feinstaub > 0,8 µm 150 Partikel/Liter.

Weiterhin fordert der Zertifikatgeber eine Begehung des Gebäudes. Bei Verdacht auf Schadstoffe wie Asbest oder PCB durch visuelle Befunde werden repräsentative Raumlufmessungen durchgeführt. Hier sind für Asbest Werte < 1000 lungengänglichen Asbestfasern/m<sup>3</sup> und für PCB < 2000 ng/m<sup>3</sup> bei 24 Stunden Aufenthalt und < 6000 ng/m<sup>3</sup> bei acht Stunden Aufenthalt einzuhalten (S-Cert 2009b). Das Zertifikat betrachtet keine weiteren Parameter.

### 4.2.3 Total Quality Building (TQB)

Das österreichische Gütesiegel TQB ist aus der Fusion der Label TQ des Österreichischen Ökologie-Instituts und dem IBO Ökopass des Österreichischen Instituts für Baubiologie und -ökologie hervorgegangen, weiterhin soll es kompatibel mit dem Label klima:aktiv sein (TQ Building 2010). Die aktuellen Kriterien für das neue Label befinden sich zurzeit noch in der Überarbeitung und sollen Ende April 2010 erstmals veröffentlicht werden. Aus diesem Grund sind die Anforderungen in diesem Vergleich noch nicht enthalten.

## 4.3 Empfehlungen für die Raumlufqualität

Neben der Vielzahl an Gütesiegeln und deren jeweiligen Zertifikatsanforderungen sind von verschiedenen staatlichen Umweltorganisationen Empfehlungen zur Innenraumlufqualität formuliert worden. Im Folgenden werden einige dieser Empfehlungen vorgestellt:

### 4.3.1 Umweltbundesamt (UBA)

Das Umweltbundesamt wurde 1974 gegründet und ist die zentrale Umweltbehörde Deutschlands. Dort angesiedelt ist im Bereich Gesundheit und Umwelthygiene beispielsweise die Kommission Innenraumlufthygiene, die den Präsidenten des Amtes sachkundig zu Fragen der Innenraumlufthygiene berät (UBA 2010). Das Umweltbundesamt veröffentlicht in Zusammenarbeit mit der Innenraumhygienekommission verschiedene Leitfäden, in denen Empfehlungen zur Innenraumlufqualität definiert werden, beispielsweise den Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden (UBA 2008). In diesem Leitfaden ist eine Vielzahl von Empfehlungswerten enthalten, hervorzuheben ist das Stufenkonzept für TVOC-Konzentrationen (s. Tabelle 2). Hier werden 5 Stufen für die Qualität von Innenraumluft unterteilt und jeweils Handlungsempfehlungen formuliert. Diese Stufen leiten sich ausschließlich aus dem TVOC-Wert ab. Es kann somit nicht ausgeschlossen werden, dass auch bei Stufe 1 oder 2 Problem auftreten, dies ist insbesondere durch Verbindungen mit geringen Geruchsschwellen bzw. hoher Reizwirkung zu erklären.

Daher empfiehlt das Bundesumweltamt zusätzlich eine Einzelstoffbewertung, die Innenraumlufthygienekommission veröffentlicht regelmäßig Richtwerte für die Innenraumluft für verschiedene Stoffe. Für Formaldehyd wird ein Richtwert von 0,1 ppm (120 µg/m<sup>3</sup>) empfohlen, bei SVOCs wird eine Einzelstoffbewertung empfohlen.

Auch für anorganische Gase sind im Schulleitfaden Empfehlungswerte veröffentlicht. Für Kohlendioxid wurden analog zu den TVOC-Stufen drei Qualitäten definiert. Als hygienisch unbedenklich gelten Konzentrationen < 1000 ppm, Gehalte zwischen 1000 und 2000 ppm werden als hygienisch auffällig bezeichnet, Konzentrationen > 2000 ppm sind hygienisch inakzeptabel und erfordern weitgehende Maßnahmen.

Stäube werden als schwierig zu bewerten dargestellt und sollten so gering wie möglich sein. Zur Minimierung der Strahlenbelastung sollten bei Radonkonzentrationen über 100 Bq/m<sup>3</sup> unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit Maßnahmen durchgeführt werden. Für die Bewertung von Schimmelpilzen wurde 2005 ein Schimmelpilz-Sanierungsleitfaden (UBA 2005) herausgegeben und ist sehr umfassend.

**Tabelle 2: Stufenkonzept zur Bewertung der Innenraumluftqualität (UBA 2008)**

Stufe	Konzentrationsbereich in mg/m <sup>3</sup>	Bewertung
1	≤ 0,3	Hygienisch unbedenklich, in der Regel keine Beschwerden. "Zielwert", der mit ausreichend zeitlichem Abstand nach Neubau oder Renovierungsmaßnahmen in Räumen anzustreben bzw. nach Möglichkeit zu unterschreiten ist.
2	> 0,3 - 1,0	Hygienisch noch unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen. In Einzelfällen Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z.B. nach kleineren Renovierungsmaßnahmen oder Neumöblierungen in den letzten Wochen. Wert zeigt die Notwendigkeit verstärkten Lüftens an.
3	> 1,0 - 3,0	Hygienisch auffällig. Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel (< 12 Monate). Innerhalb von ca. 6 Monaten sollte TVOC-Konzentratione deutlich unter den anfangs gemessenen TVOC-Wert abgesenkt werden. Fälle mit Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z.B. nach größeren Renovierungsarbeiten. Eine toxikologische Einzelbewertung zumindest der Stoffe mit den höchsten Konzentrationen wird empfohlen.
4	> 3,0 - 10,0	Hygienisch bedenklich. Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel (< 1 Monat). Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter 3 mg/m <sup>3</sup> abgesenkt werden. Fälle mit Häufung von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z.B. nach größeren Renovierungsarbeiten. Es ist eine toxikologische Einzelstoff- bzw. Stoffgruppenbewertung vorzunehmen.
5	> 10,0	Hygienisch inakzeptabel. Raumnutzung möglichst vermeiden, Ein Aufenthalt ist allenfalls pro Tag stundenweise/zeitlich befristet zulässig. Bei Werten oberhalb von 25 mg/m <sup>3</sup> ist eine Raumnutzung zu unterlassen. Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter 3 mg/m <sup>3</sup> abgesenkt werden. In der Regel Beschwerden und Geruchswahrnehmungen z.B. nach Fehlanwendungen, Unfällen. Vorübergehender Aufenthalt nur bei Durchführung verstärkter regelmäßiger Lüftungsmaßnahmen zumutbar.

#### 4.3.2 Weltgesundheitsorganisation (WHO)

Die Weltgesundheitsorganisation ist die Koordinierungsbehörde für die Gesundheit innerhalb der Vereinten Nationen (WHO 2010). Sie veröffentlicht ähnlich dem Umweltbundesamt, jedoch international, Empfehlungen für die Luftqualität (WHO 2005). Vergleichend wird hier nur der Empfehlungswert für Formaldehyd genannt. Die Konzentration sollte bei Dauerexposition 63 µg/m<sup>3</sup> (0,05 ppm) nicht überschreiten, bei

kurzer Exposition bis zu 30 Minuten werden maximale Gehalte von  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,083 ppm) empfohlen.

### 4.3.3 Nationaler Gesundheitsrat Frankreich (HCSP)

Der nationale Gesundheitsrat wird hier aufgrund der hohen Anforderungen an Formaldehyd genannt. Er fordert für Gebäude in Frankreich Formaldehydkonzentrationen  $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ab 2012 sogar  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Neubauten und ab Ende 2019 auch für den Bestand. Damit werden die Empfehlungen des Umweltbundesamtes und der Weltgesundheitsorganisation um ein Vielfaches unterschritten.

## 5 Vergleich der Gütesiegel und Empfehlungen

In Folgenden sollen die in Kapitel 4 Gütesiegel dargestellten Label für die Innenraumlufthqualität gegenübergestellt und verglichen werden. Alle genannten Zertifikate fordern mindestens als Teilaspekt eine gute Innenraumlufthqualität. Trotzdem unterscheiden sich sowohl die geforderten Kriterien, die Messmethoden als auch die Anforderungen deutlich voneinander. Dies ist sowohl durch unterschiedliche Gedankenansätze als auch durch die teilweise noch nicht ausreichend fundierten Methoden zu erklären, welche zurzeit in der Fachliteratur und auf Fachtagungen umfangreich diskutiert werden. Daher ist ein objektiver Vergleich unmöglich, einen Überblick über die Gütesiegel geben Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5.

Als Beispiel für die wissenschaftlichen Diskussionen ist die Messmethodik für Schimmelpilze zu nennen: Bei Neubauten findet der Eintrag von Schimmelpilzen üblicherweise durch nicht fachmännisch installierte raumlufthtechnische Anlagen statt. Aus diesem Grund fordern einige Label die Untersuchung der Zuluft. Problematisch ist hier jedoch, dass die Probenahmeapparatur in den Zuluftstrom plaziert werden muss und somit einen Widerstand darstellt, der dazu führt, dass die Luft um die Messstelle geführt wird und gar nicht in die Apparatur gelangt. Dies kann verhindert werden, indem die Apparatur die Zuluft entsprechend der Einblasgeschwindigkeit ansaugt. Hierzu muss jedoch die Zuluftgeschwindigkeit gemessen werden und dies an jeder Probenahmestelle, so dass die Messung sehr aufwendig wird. Als Alternative wird von vielen Fachleuten eine Raumlufthuntersuchung auf Schimmelpilze empfohlen. Dies kann jedoch zu Ergebnisverfälschungen führen, da die Probenehmer durch Kleidung viele Schimmelsporen aus der Außenluft in den Raum hineintragen können. Weiterhin unterscheiden sich bei den verschiedenen Gütesiegeln die Beurteilungen der Ergebnisse wesentlich. Einige Zertifikate fordern absolute Grenzwerte, andere beurteilen die Konzentration der koloniebildenden Einheiten im Vergleich zu Außenluft, da diese insbesondere im Verlauf der Jahreszeiten sehr stark schwankt. Verfechter dieser Methodik halten die Messung der Zuluft für nicht aussagefähig. Es ist somit unmöglich mit dem heutigen Kenntnisstand Aussagen über gute und schlechte Messmethoden zu treffen.

Die Innenraumlufth kann schon durch wenige Faktoren sehr stark negativ beeinflusst werden kann. Aus diesem Grund sind Label zu empfehlen, die Gebäude nicht nur aufgrund der Planung zertifizieren, sondern auf abschließenden Raumlufthmessungen fundieren. Denn erst diese weisen nach, dass tatsächlich nur sehr wenige Schadstoffe in der Innenraumlufth vorhanden sind.

Tabelle 3: Vergleich der Gütesiegel - Teil 1: flüchtige Verbindungen

Name		flüchtige Verbindungen					
		Formaldehyd	VOC	SVOC	Geruch	verpflichtende Abschlussmessung	Zeitpunkt
TQB	AT	Kriterien noch nicht veröffentlicht					
Minergie-ECO	CH	Zusatzpunkte, wenn Messwerte vorh. und < 62 µg/m <sup>3</sup>	Zusatzpunkte, wenn Messwerte vorh. und < 1000 µg/m <sup>3</sup>	k.A.	k.A.	ja, bei Nutzungs-klasse I und II passiv, sonst stichprobenartig <sup>3</sup> , Messung gibt Bonuspunkte	30 Tage Auslüftungszeit nach Abschluss der Arbeiten
GI	CH	≤ 60 µg/m <sup>3</sup>	≤ 1000 µg/m <sup>3</sup> und Einzelstoff-betrachtung	k.A.	k.A.	ja, über auditierte Probenahme-stellen	30 bis 100 Tage nach Bauende
GI-Bestand	CH	≤ max. 60 µg/m <sup>3</sup>	≤ 500 µg/m <sup>3</sup> und Einzelstoff-betrachtung	k.A.	k.A.	ja	k.A.
SHI	D	max. 60 µg/m <sup>3</sup>	≤ 1000 µg/m <sup>3</sup> und Einzelstoff-betrachtung	Einzelstoff-betrachtung	geplant <sup>4</sup>	ja, über zertifizierte Labore	30 bis 100 Tage nach Bauende
Toxproof Wohn- und Fertighäuser <sup>1</sup>	D	max. 60 µg/m <sup>3</sup>	≤ 1000 µg/m <sup>3</sup> , Einzelstoff-, und Stoffgruppen-betrachtung	k.A.	k.A.	nein, Messung an Mustergebäude und Stichproben	frühestens 30 Tage nach Fertigstellung
Toxproof-Allergikerhaus <sup>1</sup>	D	max. 60 µg/m <sup>3</sup>	≤ 1000 µg/m <sup>3</sup> , Einzelstoff-, und Stoffgruppen-betrachtung	k.A.	k.A.	nein, Messung an Mustergebäude und Stichproben, Messung bei laufender Lüftungsanlage	frühestens 30 Tage nach Fertigstellung
DGNB <sup>2</sup> (Stand 2008)	D	Leitwert 60 µg/m <sup>3</sup> , > 120 µg/m <sup>3</sup> KO-Kriterium	Leitwert 500 µg/m <sup>3</sup> , > 3000 µg/m <sup>3</sup> KO-Kriterium, Einzelstoff-bewertung	k.A.	keine negativen Geruchs-eindrücke	ja	spätestens 4 Wochen nach Fertigstellung
ALLÖKH	D	wird gemessen	wird gemessen	wird gemessen	k.A.	ja	k.A.
UBA	D	< 0,1 ppm (= 120 µg/m <sup>3</sup> )	Stufenkonzept, < 1 mg/m <sup>3</sup> hygienisch noch unbedenklich, mit Einzelstoff-bewertung	Einzelstoff-bewertung			
nationaler Gesundheits-rat (HCSP)	F	< 30 µg/m <sup>3</sup> (ab 2012 10 µg/m <sup>3</sup> für Neubau, ab Ende 2019 auch für Bestand)					
WHO	Welt	< 0,05 ppm (= 63 µg/m <sup>3</sup> )					

1) Schwerpunktzertifikat für die Fertighausindustrie

2) Schwerpunktzertifikat für Büro- und Verwaltungsgebäude

3) bei Nutzungsklasse 1 + 2 passive Raumluftmessung

4) wird aufgenommen, wenn die Bewertungssystematik der AGOEF publiziert ist

Tabelle 4: Vergleich der Gütesiegel - Teil 2: Luftaufbereitung

Name		Luftaufbereitung						
		mech. Luftaufbereitung verpflichtend	Feinstaubuntersuchung	Untersuchung auf Bakterien	Untersuchung auf Thermactinomyceten	Untersuchung auf Schimmelpilze	CO <sub>2</sub> -Gehalt	Überprüfung
TQB	AT	Kriterien noch nicht veröffentlicht						
Minergie-ECO	CH	ja	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	Zusatzpunkte, wenn Messwerte vorhanden und < 1000 ppm	ja <sup>6</sup>
GI	CH	nein	> 2 µg: ≤ 10 Partikel/Einheit > 0,8 µm: ≤ 150 Partikel/Einheit	≤ 190 KBE/m <sup>3</sup> (koloniebildende Einzeit)	0 KBE/m <sup>3</sup>	≤ 120 KBE/m <sup>3</sup>	k.A.	ja, bei Lüftungsanlage
GI-Bestand	CH	nein	> 2 µg: ≤ 10 Partikel/Einheit > 0,8 µm: ≤ 150 Partikel/Einheit <sup>4</sup>	≤ 190 KBE/m <sup>3</sup> (koloniebildende Einzeit)	0 KBE/m <sup>3</sup>	≤ 120 KBE/m <sup>3</sup>	mit LA: ≤ 1000 - 1500 ppm ohne LA: ≤ 1500-2000 ppm	ja, bei Lüftungsanlage
SHI	D	ja <sup>3</sup>	PM <sub>2,5</sub> ≤ 25 µg/m <sup>3</sup>	nein, da keine einheitliche Methode vorhanden	nein	ja, bei Lüftungsanlagen, bezogen auf Aussenluft	bei öffentlichen Gebäuden ≤ 1500 ppm <sup>5</sup>	ja, bei Lüftungsanlage
Toxproof Wohn- und Fertighäuser <sup>1</sup>	D	nein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	nein
Toxproof-Allergikerhaus <sup>1</sup>	D	ja	0,3 - 0,5 µm Partikelgröße: Innenraumluftqualität besser als Außenluftqualität, Partikelanzahl um 30 % reduziert	≤ 1000 KBE/m <sup>3</sup> , Innenraumluftqualität besser als Außenluftqualität	k.A.	k.A.	k.A.	ja
DGNB <sup>2</sup> (Stand 2008)	D	k.A.	k.A.	Messung der keimfähigen Einheiten, visuelle und sensorische Inspektion empfohlen	k.A.	k.A.	k.A.	ja
ALLÖKH	D							
UBA	D		so gering wie möglich, schwer zu bewerten				< 1000 ppm	
nationaler Gesundheitsrat (HCSP)	F							
WHO	Weit							

1) Schwerpunktzertifikat für die Fertighausindustrie

2) Schwerpunktzertifikat für Büro- und Verwaltungsgebäude

3) bei ausdrücklichem Bauherrenwunsch kann unter schriftlicher Kenntnisnahme der daraus resultierenden Risiken auf mech. Lüftungsanlagen verzichtet werden

4) Asbest < 1000 lungengängige Asbestfasern/m<sup>3</sup>, PCB < 2000 ng/m<sup>3</sup> bei 24 h Aufenthalt, < 6000 ng/m<sup>3</sup> bei 8 h Aufenthalt

5) Nutzungsbedingungen durch mathematische Berechnung simuliert

6) Maßnahmen zur Sicherstellung der Hygiene der Lüftungsanlagen

Tabelle 5: Vergleich der Gütesiegel - Teil 3

Name		Radioaktivität und Strahlung		Energie / Wärmeschutz	Kriterien öffentlich?	Handwerker-schulung?	Messung für jedes Objekt?	Sonstiges	
		Radon	Elektrosmog	Luftdichtung				Lärm	
TQB	AT	Kriterien noch nicht veröffentlicht							
Minergie-ECO	CH	ja	Zusatzpunkte, wenn Empfehlungen des Amts für Hochbauten der Stadt Zürich eingehalten		ja	nein	nein	Schallschutz-nachweis gem. aktueller SIA-Norm 181	Preis max. 10 % über vergleichbaren, konventionellen Gütern
GI	CH	k.A.	k.A.	k.A.	ja	nein	ja	k.A.	
GI-Bestand	CH	k.A.	k.A.	k.A.	ja	nein	ja	k.A.	
SHI	D	ja <sup>3</sup>	im Bedarfsfall	$n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$	ja	ja	ja	bei öffentl. Gebäuden Anforderungen an Lärm und Akustik geplant	obligatorische Handwerks-schulungen und Baustoff-bewertungen <sup>5</sup>
Toxproof Wohn- und Fertighäuser <sup>1</sup>	D	nein	nein	k.A.	auf Nachfrage	nein	nein (Stichprobe)	k.A.	Baustoff-bewertungen <sup>6</sup>
Toxproof-Allergikerhaus <sup>1</sup>	D	k.A.	k.A.	k.A.	nein	nein	nein (Stichprobe)	k.A.	
DGNB <sup>2</sup> (Stand 2008)	D			$n_{50}$ muß gemessen werden, Zielwert ohne rlt. Anlage $< 1,0 \text{ h}^{-1}$ , mit rlt. Anlage $< 0,8 \text{ h}^{-1}$		nein	ja	mind. Schallschutz nach DIN 4109 Beiblatt 2 <sup>4</sup> , Nachhaltigkeit gemäß DIN 18041 und VDI 2569	ökonomische, soziokulturelle und funktionale Qualität, Vielzahl weiterer Kriterien
ALLÖKH	D	ja	ja	keine Detailangaben	ohne Details	nein	ja	k.A.	
UBA	D								
nationaler Gesundheitsrat (HCSP)	F								
WHO	Welt								

- 1) Schwerpunktzertifikat für die Fertighausindustrie
- 2) Schwerpunktzertifikat für Büro- und Verwaltungsgebäude
- 3) verpflichtende Einsicht der Radonkarte, ggf. Maßnahmen
- 4) weitere Maßnahmen führen zu besserer Bewertung

- 5) Materialfreigaben über Bauteilbeschreibungen und Produktlisten von Handwerkern, Dokumentation über Baustellentagebücher
- 6) Bewertung der Baumaterialien anhand von Produkt- und Materiallisten, Materialfreigaben

## 6 Fazit und Ausblick

Die Innenraumluftqualität von Gebäuden wird zukünftig, auch aus rechtlichen Gründen, eine immer größere Bedeutung erlangen. Die Planung und Umsetzung einer guten Innenraumluftqualität erfordert jedoch umfangreiches Wissen über Baustoffe. Aufgrund der Komplexität des Themas ist es für Planer und Investoren kaum möglich die Qualität der Innenraumluft zu bewerten. Hilfreich können hier Gütesiegel sein, die für eine gute Innenraumluftqualität stehen.

Es gibt heute eine Vielzahl von Labels, die sich in ihren Kriterien und Anforderungsniveaus und damit der Aussagefähigkeit stark unterscheiden. Trotz der großen Unterschiede der Labels sind jedoch Themenschwerpunkte zu erkennen, die bei allen Zertifikaten von Bedeutung sind.

Es ist zu befürchten, dass die Anzahl der Labels, ähnlich den „Öko-Siegeln“, noch weiter ansteigt. Dies würde vermutlich für Endverbraucher, d.h. private Bauherren und Investoren, und Baufachleute zu Irritationen über „gut“ und „schlecht“ führen und eine Vergleichbarkeit der Gütesiegel unmöglich machen.

## 7 Zusammenfassung

Die Luftdichtigkeit moderner Gebäude führt dazu, dass ein hygienischer Luftwechsel nicht mehr autodynamisch gewährleistet ist. Schadstoffe aus beispielsweise Bauprodukten können sich in der Raumluft ansammeln und zu unangenehmen Gerüchen und gesundheitlichen Reaktionen wie Schleimhautreizungen oder Kopfschmerzen führen.

Als Möglichkeit die Qualität der Innenraumluft zu beschreiben werden häufig Gütesiegel verwendet. In der vorliegenden Arbeit werden die unterschiedlichen Kriterien und Anforderungen untersucht und untereinander sowie mit behördlichen Empfehlungen verglichen.

Die Gütesiegel weisen große Unterschiede in Umfang und Anforderungsniveau auf und sind somit nur teilweise vergleichbar. Objektive Bewertungen zur Qualität der Label und der damit verbundenen Anforderungen sind noch nicht endgültig möglich, da die wissenschaftliche Diskussion bezüglich der Messmethoden noch nicht abgeschlossen ist.

## Quellenverzeichnis

- Adhoc AG IRK/AOLG (2010) – Richtwerte für die Innenraumluft. Innenraumlufthygiene-Kommission des Bundesumweltamtes, <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheits/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm>, Abruf am 15.02.2010
- AGÖF (2008) – AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft. [http://agoef.de/agoef/oewerte/photoarchiv/pdfs/AGOEF\\_Orientwerte](http://agoef.de/agoef/oewerte/photoarchiv/pdfs/AGOEF_Orientwerte), Abruf am 24.02.2010
- APUG (2005) – Gesünder wohnen – aber wie? Praktische Tipps für den Alltag. Hrsg: Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung und Umweltbundesamt als Beitrag zum Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit (APUG). 63 Seiten
- DGNB (2008) – Kriteriensteckbrief Innenraumhygiene. Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude Version 2008. Kriterien für die Verwendung in der Kommentierungsphase NB 2008
- DGHM (2010) – Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie, [www.dghm.org](http://www.dghm.org), Abruf am 29.01.2010
- DGNB (2009a) – Das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen: Aufbau – Anwendung – Kriterien. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V., 2. Auflage 3/2009, [http://www.dgnb.de/fileadmin/downloads/DGNBSystembeschreibung\\_de\\_44S\\_20091217\\_ohneblatt.pdf](http://www.dgnb.de/fileadmin/downloads/DGNBSystembeschreibung_de_44S_20091217_ohneblatt.pdf), Abruf am 29.01.2010
- DGNB (2009b) – Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen. Vortrag vom 28.01.2010 in Stuttgart,
- DGNB (2010) – <http://www.dgnb.de/>, letzter Abruf am 12.04.2010
- DIN EN 13779 (2007-09) – Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlagen und Raumkühlsysteme. Beuth Verlag, Berlin
- DIN 4108-7 (2009-01) – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtigkeit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele, 34 Seiten. Beuth Verlag, Berlin
- EnEV (2009) – Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29. April 2009, nichtamtliche Lesefassung, 76 Seiten
- EN 16000-1 (2006-6) – Innenraumluftverunreinigungen – Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie. Beuth Verlag, Berlin
- Hodgson, M. (2002) – Indoor environmental exposures and symptoms. Environmental Health Perspectives. 2002 Aug; Volume 110 Supplement 4, pp. 663-667

- IUG (2005) - Neue Generation von Allergiker-Häuser – ALLÖKH® II, <http://www.iug-umwelt-gesundheit.de/printversion.php?SessionID=aktuelles#alloekh2>, Abruf am 24.02.2010
- IUG (2009) – Angebot für Prüfkonzepte für gesundes Bauen und Wohnen. Institut für Umwelt und Gesundheit, 12/2009
- Minergie (2009a) – Das wichtigste in Kürze. <http://www.minergie.ch/minergie-eco.html#minergie-ecominiergie-p-eco40>. Abruf am 21.12.2009
- Minergie (2009b) – Nachhaltig Bauen mit MINERGIE-ECO. [http://www.minergie.ch/tl\\_files/download/Faltblatt\\_minergie\\_eco\\_d.pdf](http://www.minergie.ch/tl_files/download/Faltblatt_minergie_eco_d.pdf). Abruf am 21.12.2009
- Minergie-Eco (2008) – Fragenkatalog MINERGIE-ECO für kleine Wohnbauten. <http://www.minergie.ch/minergie-ecop-eco.html>. Abruf am 21.12.2010
- S-Cert (2009a) – GI-Zertifikatsanforderungen. [http://www.s-cert.ch/images/stories/zertifikatsanforderung\\_2009.pdf](http://www.s-cert.ch/images/stories/zertifikatsanforderung_2009.pdf). Abruf am 21.12.2009
- S-Cert (2009b) – Label für ein Gutes Innenraumklima. [http://www.s-cert.ch/index.php?option=com\\_content&task=view&id=16&Itemid=20](http://www.s-cert.ch/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=20). Abruf am 02.02.2010
- S-Cert (2010b) – GI-Zertifikatsanforderungen für Gebäude im Bestand. <http://www.s-cert.ch/images/stories/za%20bestand%2009.pdf>. Abruf am 02.02.2010
- SHI (2010) – Kriterien für das Sentinel-Haus Institut Zertifikat. Überarbeitete Fassung, Stand März 2010
- SRU (1987) – Luftverunreinigungen in Innenräumen. Sondergutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen, Mai 1987. Bundestags-Drucksache 11/613. Kohlhammer, Stuttgart
- TA Luft (2002) – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 24. Juli 2002
- TQ-Building (2010) – TQ und IBO Ökopass fusionieren: Weg frei für das Österreichische Gütesiegel für nachhaltiges Bauen. <http://www.tq-building.org/>. letzter Abruf am 18.04.2010
- Umweltbundesamt (2005) – Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheits/publikationen/index.htm#schimmel>. Abruf am 12.03.2010
- Umweltbundesamt (2008) – Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden, Umwelt & Gesundheit, 142 Seiten, Bearbeiter: Moriske, H.-J.; Szewzyk, R.
- Umweltbundesamt (2009) – Gesundheit und Umwelthygiene, Richtwerte für die Innenraumluft. <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheits/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm>, Abruf am 12.02.2010

- Umweltbundesamt (2010) – Kommission Innenraumlufthygiene. <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/irk.htm>. Abruf am 18.04.2010
- VDI 4300 Blatt 1 (1995) – Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Allgemeine Aspekte der Messstrategie. Ausgabe 1995-12. Beuth Verlag, Berlin
- VDI 6022-1 (2006-04) – Hygiene-Anforderungen an raumluftechnische Anlagen und Geräte
- Wirth (2010) – Fachsymposium „Rechtsaspekte des gesunden Bauens“ am 28.01.2010 in Darmstadt, mündliche Aussage
- WHO (1989) – Indoor Air Quality: organic pollutants. EURO Reports and Studies No. 111. World Health Organization, p. 4
- WHO (2005) – Air Quality Guidelines, Global Updates 2005 – Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. <http://www.euro.who.int/Document/E90038.pdf?language=German>, Abruf am 14.04.2010
- WHO (2010) – About WHO. <http://www.who.int/about/en/>. Abruf am 18.04.2010

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sentinel-Haus Institut Gesundheitspass .....	9
Abbildung 2: Themenfelder bei der Gebäudebewertung der DGNB (DGNB 2009b) ....	13
Abbildung 3: Anforderungen an Minergie-Eco (Minergie 2009b) .....	16

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierung flüchtiger organischer Luftschadstoffe (WHO 1989) .....	6
Tabelle 2: Stufenkonzept zur Bewertung der Innenraumluftqualität (UBA 2008).....	19
Tabelle 3: Vergleich der Gütesiegel - Teil 1: flüchtige Verbindungen.....	22
Tabelle 4: Vergleich der Gütesiegel - Teil 2: Luftaufbereitung .....	23
Tabelle 5: Vergleich der Gütesiegel - Teil 3.....	24