



Wohngesundes Bauen

Praxisarbeit zur Praxisphase 1 im WS 2008/09

Studiengang: Bauen im Bestand, Hochschule 21

Name: Susanne Gehrman

Matrikelnummer: 20808

Abgabedatum: 24.04.2009

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. H. Marquardt, Axel Stöckmann

Praxisbetrieb: Meyer Holzbau GmbH, 21441 Garstedt

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Hintergrund	2
2.1	Definition Wohngesundheit	2
2.2	Emissionen	3
2.3	Das Sentinel-Haus-Institut	8
3	Umsetzung des wohngesunden Bauens in die Praxis	9
3.1	Anforderungen an die Planung	9
3.2	Beispiel einer wohngesunden Planung	11
3.3	Anforderungen an den Bauablauf	11
3.4	Meine Aufgaben während der Praxisphase	12
4	Schlussfolgerungen und Ausblick	15
5	Zusammenfassung	16
	Quellenverzeichnis	iii
	Abbildungsverzeichnis	v
	Tabellenverzeichnis	v
	Anhang	vi

Abkürzungen

AgBB	Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten
ALARA	as low as reasonable achievable
C	Raumluftkonzentration
DIN	Deutsches Institut für Normung
EnEV	Energieeinsparverordnung
ISO	International Standard Organisation
ISO/FDIS	ISO/Final Draft International Standard
kWh	Kilowattstunde
MAK	maximale Arbeitsplatzkonzentration
MCS	Multiple Chemical Sensitivity
n	Luftwechselrate
NIK	Niedrigst interessierende Konzentration
SBS	Sick Building Syndrom
TVOC	Total Volatile Organic Compounds
VOC	Volatile Organic Compounds
WHO	World Health Organisation

1 Einleitung

Das Raumklima in Wohn-, Schlaf- und Arbeitsräumen ist mit entscheidend für das Wohlbefinden und die Gesundheit, da sich Menschen durchschnittlich mehr als 22 Stunden in geschlossenen Räumen aufhalten. Es wird im Wesentlichen durch die Parameter Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur, Luftbewegung, Schadstoffgehalt, Elektrosmog und Schallschutz beeinflusst.

Schon 1858 schrieb Max Josef von Pettenkofer: „eine Luft kann in zweifacher Beziehung unrein seyn: 1) sie kann fremdartige Stoffe enthalten, welche durch ihre Qualität uns nachtheilig sind, oder 2) sie kann die normalen Bestandtheile in einem abnormen Mischungsverhältnisse enthalten. [...] Wir verfahren viel rationeller, wenn wir von vornherein die Mittheilung solcher Stoffe an die Luft unserer Wohnräume verhüten, als wenn wir die Folgen einer zugelassenen Verunreinigung hintennach durch kräftige Ventilation wieder möglichst zu beseitigen streben.“

Schadstoffe in Innenräumen sind zum einen Feinstäube, zum anderen flüchtige Verbindungen in der Luft. Diese so genannten VOCs (Volatile Organic Compounds) können aufgrund ihres hohen Dampfdruckes schon bei niedrigen Temperaturen als Gas vorliegen. Eine Anreicherung in Innenräumen, dazu werden unter anderem Wohnungen und Arbeitsräume gezählt, kann zu allergischen Reaktionen, allgemeinem Unwohlsein, Müdigkeit, Geruchsbelästigungen und Schleimhautreizungen führen. Es wird auch vom „Sick-Building-Syndrom (SBS)“ gesprochen, insbesondere dann, wenn der Grund für Krankheiten nicht eindeutig identifiziert werden kann. Flüchtige organische Verbindungen können beispielsweise aus Bauprodukten, Einrichtungsgegenständen, Tabakrauch, Reinigungsmitteln und Raumsprays stammen.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den gesetzlichen Grundlagen zur Innenraumhygiene und den Anforderungen an Planung, Baustoffe und Bauablauf, um wohngesunde Häuser zu errichten.

2 Hintergrund

Bei Betrachtung des Themas stellt sich natürlich die Frage, aus welchen Gründen die Wohngesundheit, in diesem Fall gleichbedeutend mit der Innenraumluftqualität, in den letzten Jahren eine zunehmende Bedeutung erlangt hat. Dafür gibt es mehrere Gründe: Ganz entscheidend ist die Luftdichtheit der Gebäude, die aufgrund der Energieeinsparverordnung (EnEV 2007) gefordert wird. Diese Luftdichtheit wird durch fugendichte Fenster und dampfdiffusionsdichte Wandaufbauten erzielt, um den Wärmeenergiebedarf von Gebäuden zu senken. Die notwendige Luftwechselrate von 0,45 bis 0,7 h⁻¹ für wohngesundes Raumklima wird bei modernen Häusern nicht mehr autodynamisch gewährleistet und muss durch eine Lüftungsanlage oder regelmäßiges und ausreichendes aktives Lüften erreicht werden. Ein nicht angepasstes Lüftungsverhalten führt zu einer verminderten Lüftungsrate und damit zur Anreicherung flüchtiger organischer Verbindungen. Zum anderen werden moderne Häuser in immer kürzeren Bauzeiten erstellt und die Bauprodukte just in time zur Baustelle geliefert. Es ist jedoch allgemein bekannt, dass kürzlich produzierte bzw. oberflächenbehandelte Produkte stärker riechen und somit stärker emittieren als ältere abgelagerte Baustoffe.

Ich habe dieses Thema gewählt, weil die Wohngesundheit ein sehr aktuelles Thema ist, welches die gesamte Baubranche betrifft bzw. betreffen sollte. So veröffentlichte beispielsweise Xella für die Unternehmenssparte Fermacell eine Broschüre über Wohngesundes leben (Xella, 2009). Und auch Klaus Fritzen wies in der Februar Ausgabe 2009 der „Bauen mit Holz“ darauf hin, dass „die Wohngesundheit [...] vom allgemeinen nun auch zum beständigen Bauthema“ wird. Während meiner Praxisphase bei der Meyer Holzbau GmbH hatte ich die Möglichkeit die Planungsphase für zwei wohngesunde Häuser zu begleiten. Diese Gebäude sollen nach den Anforderungen für Wohngesundheit des Sentinel-Haus-Instituts erstellt werden.

2.1 Definition Wohngesundheit

Wohngesundheit wird gekennzeichnet durch Behaglichkeitsfaktoren wie Hitzeschutz, Oberflächentemperatur und Schall, physikalische Faktoren, darunter Elektromog, Diffusionsverhalten und Feuchteregulierung, chemische Faktoren wie VVOC, VOC, SVOC und biologische Faktoren, beispielsweise MVOC, Sporen und Bakterien, sowie Stäube und Ästhetik (vgl. Sentinel 2008). Die wesentlichen Einflüsse auf das Wohlbefinden in Innenräumen sind Temperatur, Feuchte, Zugluft und Gerüche sowie Schadstoffe (Dena 2004). Als wohngesund wird ein Innenraumklima bezeichnet, das die genannten Parameter möglichst optimal einhält. Die Einhaltung gewisser Anforderungen, um die Faktoren Temperatur, Feuchte und Zugluft bestmöglich zu

erfüllen, sind unter anderem durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Gerüche und Schadstoffe werden im Allgemeinen noch nicht betrachtet.

Der Begriff Wohngesundheit ist deutlich abzugrenzen von ökologisch und gesund. Zur Erzielung eines wohngesunden Raumklimas sind ausschließlich die Einflüsse der Baustoffe auf den Bewohner zu betrachten, insbesondere die ausgehenden Emissionen. Ob es sich um ein ökologisches Produkt handelt, spielt keine primäre Rolle. So ist beispielsweise eine „Naturfarbe“ aus natürlichen Rohstoffen hergestellt, birgt jedoch aufgrund der natürlichen Terpene, die in Zitrus- und Orangenölen enthalten sind, ein sehr großes Allergiepotehtial. Ebenso ist der Lebenszyklusgedanke, der neben den ökologischen Aspekten des „green building“ auch ökonomische und sozio-kulturelle Themen einbezieht (vgl. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 2009) nur von untergeordneter Bedeutung für die Erstellung eines wohngesunden Hauses. Höchste Priorität hat ausschließlich die Gesundheit des Bewohners. Ein wohngesundes Haus darf auch nicht als gesund bezeichnet werden, da es keine heilende Wirkung hat, sondern „nur“ die äußeren Einflüsse auf den Bewohner minimiert und das Immunsystem nicht übermäßig belastet.

2.2 Emissionen

Als Emissionen werden gasförmige, flüssige oder staubförmige Austräge bezeichnet (Wikipedia, 2009). Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) differenziert organische Raumluftverbindungen nach ihrem Siedebereich in vier verschiedene Verbindungsklassen (siehe Tabelle 1) (1989). Analytisch ist diese Definition nicht sinnvoll anwendbar, daher werden als VOCs alle Produkte bezeichnet, die auf einer unpolaren Säule im analytischen Fenster zwischen n-Hexan und n-Hexadecan eluieren. Nach ISO 16000 Teil 6:2003 gilt das Integral der Fläche zwischen diesen Produkten, über Toluol-Äquivalente quantifiziert, als TVOC-Wert (Total Volatile Organic Compounds). Die Definition von VOCs kann folglich nach unterschiedlichen Systemen erfolgen, abhängig vom betrachteten Kriterium.

Tabelle 1: Klassifizierung flüchtiger organischer Luftschadstoffe (WHO 1989)

Kategorie	Beschreibung	Abkürzung	Siedebereich (°C) ^a	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

In Deutschland gibt es zurzeit noch keine gesetzlichen Grenzwerte für VOC-Emissionen. Bauprodukte benötigen in Deutschland eine bauaufsichtliche Zulassung. Im Rahmen dieser soll zukünftig zusätzlich der Emissionscharakter überprüft werden. Dazu hat der Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) ein ausführliches Schema (AgBB-Schema) zur Bewertung von Produktemissionen entwickelt. Dieses Schema befindet sich noch in der Einführungsphase und findet seit Oktober 2004 für brandgeschützte Bodenbeläge für die Verwendung in Aufenthaltsräumen Anwendung.

Es handelt sich um ein Schema, welches sowohl eine Summenbewertung als auch eine zusätzliche Einzelstoffbewertung verlangt. Die Untersuchung der Baustoffe erfolgt im Prüfkammerverfahren. Dieses Verfahren stellt nach Jann et al. (1999) eine geeignete Methode dar, um das Emissionsverhalten auf flüchtige organische Verbindungen zu untersuchen. Danach findet jeweils eine Messung nach drei und 28 Tagen statt. Der TVOC₃ (TVOC-Wert nach 3 Tagen) darf maximal 10 mg/m³ betragen, der TVOC₂₈ 1 mg/m³. Es gilt jedoch das ALARA-Prinzip (as low as reasonable achievable), angestrebt sind deutlich niedrigere Raumluftkonzentrationen. Der ECA (European Collaborative Action) Report Nr. 18 empfiehlt, dass die VOC-Konzentrationen in Innenräumen so niedrig wie möglich gehalten werden sollten (1997). Die Bewertung der Einzelstoffe erfolgt mit Hilfe von NIK-Werten (Niedrigste interessierende Konzentration). Diese Werte werden von einem Gremium des AgBB unter Beteiligung von Industrie und Herstellerverbänden auf Grundlage bestehender Grenzwerte, zum Beispiel MAK-Werten (maximale Arbeitsplatzkonzentration), festgelegt. Sie berücksichtigen die Dauerexposition gegenüber Arbeitsplatzrichtwerten, die Existenz von Risikogruppen und eine fehlende messtechnische Überwachung und sind daher mit einem Sicherheitsfaktor belegt. Im AgBB-Schema wird die Stoffkonzentration der Einzelsubstanz C_i ins Verhältnis zum NIK-Wert gesetzt und die Summe dieser Verhältnisse darf 1 nicht überschreiten: $R = \sum R_i = \sum \frac{C_i}{\text{NIK}_i} \leq 1$.

Zusätzlich gelten Grenzwerte für kanzerogene Stoffe nach drei Tagen, sowie für nicht bewertbare Stoffe nach 28 Tagen. Geplant ist ferner eine sensorische Prüfung sowohl nach drei als auch nach 28 Tagen, diese ist mangels eines abgestimmten und allgemein anerkannten Verfahrens noch nicht durchführbar.

Das AgBB-Schema beinhaltet somit zwei grundlegend unterschiedliche Bewertungsansätze: die Summenbewertung und die Einzelstoffbewertung. Als Summenwert der VOC Emissionen dient der TVOC-Wert. Dieser betrachtet, unabhängig von der Toxizität der Verbindung, die Summe aller flüchtigen organischen Verbindungen im analytischen Fenster zwischen n-Hexan und n-Hexadecan.

Exkurs: Detektion von VOCs

Zur Detektion der Verbindungen können direkt anzeigende Instrumente wie Flammenionisationsdetektoren (FID) und Photoionisationsdetektoren (PID) ebenso verwendet werden, wie Trennungsinstrumente mit anschließenden Detektoren, die zusätzlich eine Bestimmung der Einzelsubstanzen ermöglichen. Ein Beispiel für ein solches Trennungssystem ist eine Kombination aus Gaschromatographie und Massenspektroskopie. Der Vorteil der direktlesenden Detektoren ist die einfache Handhabung und der flexible Einsatz, so können schnelle Konzentrationsschwankungen problemlos dargestellt werden. Dagegen kann keine Aussage über die qualitative Zusammensetzung der Verbindungsmischung gemacht werden. Die Trennung der Substanzen ist hingegen sehr aufwendig, insbesondere wenn die Quantifizierung über eine Einzelstoffkalibrierung erfolgt. Entscheidender Vorteil dieser Methode ist die quantitative Bestimmung der Einzelverbindungen (Mølhav 1999).

Weltweit gibt es verschiedenste Organisationen, die unterschiedliche Emissionsgrenzwerte festlegen, um die Emissionen von Produkten zu deklarieren. Üblicherweise sind diese strenger als die Bewertung nach dem AgBB. Beispiele in Deutschland sind „Der blaue Engel RAL-UZ 76“ (2006) oder „Natureplus“ (2008). Es handelt sich um freiwillige Label, die dem Image und dem Marketing eines Produktes dienen und dem Kunden eine Beurteilung und Unterscheidung ermöglichen sollen. Die VOC-Emissionsprüfung des Natureplus Bewertungsschemas betrachtet beispielsweise die Emissionen eines Produktes am 1. und 28. Tag der Prüfkammerbeladung. Nach 24 Stunden sollen die Kurzzeitemissionen untersucht werden. KMR-Stoffe¹ dürfen nicht nachweisbar sein, der Richtwert für die TVOC-Konzentration beträgt 5 mg/m³. Nach 28 Tagen findet eine Bestimmung der Langzeitemission statt. Hier darf unter anderem der TVOC-Wert 0,3 mg/m³ nicht überschreiten. Es gibt jedoch neben den Anforderungen an einzelne Bauprodukte auch Empfehlungen für die vorhandenen TVOC-Werte in Gebäuden. Das Umweltbundesamt (UBA) veröffentlichte 2007 im Bundesgesundheitsblatt Beurteilungskriterien für Innenraumluftkontaminationen mittels

¹ Stoffe oder Stoffgemische, die nach Gefahrstoffverordnung als kanzerogen, mutagen oder reproduktionstoxisch eingestuft werden (GefStoffV 2004).

Referenz- und Richtwerten sowie 2008 einen Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden. In beiden Veröffentlichungen wurden für die TVOC-Konzentration 5 Stufen mit Handlungsempfehlungen formuliert (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Bewertung der Innenraumluftqualität (UBA 2007, 2008)

Stufe	Konzentrationsbereich in mg/m ³	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 ³ 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 ³ ist eine Raumnutzung zu unterlassen. Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter 3 mg/m ³ abgesenkt werden. In der Regel Beschwerden und Geruchswahrnehmungen z.B. nach Fehlanwendungen, Unfällen. Vorübergehender Aufenthalt nur bei Durchführung verstärkter regelmäßiger Lüftungsmaßnahmen zumutbar.

Eine Studie über die Luftqualität in Wohnräumen in der Schweiz (Coutadiles 2008) zeigt, dass die tatsächlich gemessenen Werte (s. Abbildung 1) zum Großteil bedenklich sind. Die Buchstaben A bis T stellen in der Abbildung die verschiedenen Häuser dar, Index 1 steht für eine Messung nach Ende des Rohbaus, Index 2 stellt den TVOC-Wert nach Beendigung des Innenausbaus dar und Index 3 die Lösemittelkonzentration in der Nutzungsphase. Es ist deutlich ersichtlich, dass die TVOC-Werte überwiegend im hygienisch auffälligen Bereich liegen und nach den Empfehlungen des Umweltbundesamtes eine Nutzung als Wohnraum nur befristet akzeptabel ist. Die Ergebnisse zeigen, dass die Emissionen bei den verschiedenen Häusern zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten und deuten darauf hin, dass sie sowohl durch den Rohbau, den Innenausbau als auch die Einrichtung entstehen.

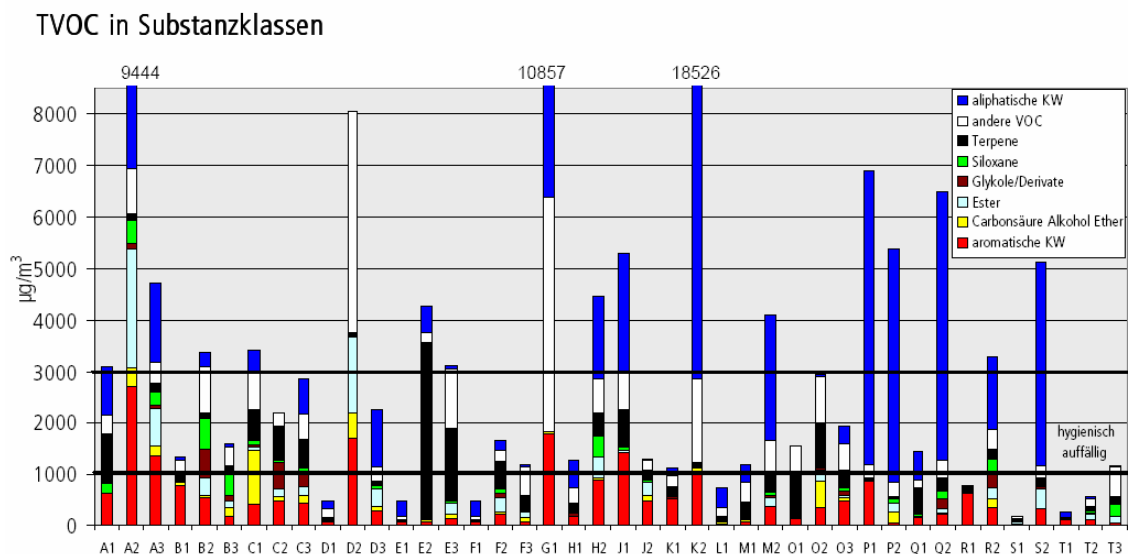


Abbildung 1: Übersicht verschiedener Lösemittelkonzentrationen in verschiedenen Bauphasen (aus Livotew-Abschlussbericht, Coutadiles 2008)

Verschiedene Beispielprojekte zeigen jedoch, dass das Bauen von Häusern mit geringen Raumluftkonzentrationen möglich ist und bei Umsetzung der Planung eine wichtige Rolle zukommen muss (Hissnauer et al. 1999, Hallenberger 2006, Ökotest 2007).

Die reine Bestimmung der VOCs in Innenräumen macht noch keine Aussage über ihre toxikologische Wirkung beziehungsweise die Auswirkungen von Stoffgemischen. Nach Oppl, Höder und Lange (2000) sind erhöhte TVOC-Werte in Innenräumen lediglich ein Anzeichen für kritische Raumbelastungen. Erst nach Ermittlung der Art und Konzentration der Einzelverbindungen kann ein daraus resultierendes Gefährdungspotential eingeschätzt werden (Seifert 1999). Aus diesem Grund beinhaltet das AgBB-Schema zusätzlich eine Einzelstoffbewertung, die durch den R-Wert ausgedrückt wird. In diesem wird die toxikologische Wirkung, abgeleitet aus Arbeitsplatzrichtwerten, einbezogen.

Es sollte jedoch weiterhin bedacht werden, dass sich VOC Emissionen wiederum in primäre und sekundäre Emissionen unterteilen lassen. Als primäre Emittenten werden Substanzen bezeichnet, die sich ohne Umwandlungsprozesse aufgrund ihres Dampfdruckes aus einem Material verflüchtigen und in der Umgebungsluft nachzuweisen sind. Hierzu werden aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Ketone, Ester und Glykole gezählt (Salthammer 2000). Nach Salthammer, Schwarz und Fuhrmann (1999) beschäftigten sich die meisten Studien zur Innenraumluft mit den möglichen Emissionsquellen und Analysemethoden dieser Primäremissionen. VOCs werden als Sekundäremissionen bezeichnet, wenn sie aus reaktiven Komponenten gebildet werden. Als Edukte werden ungesättigte Kohlenwasserstoffe, Terpene, Aldehyde, organische Säuren, Acrylatmonomere und

Diisocyanatmonomere genannt (Salthammer 2000). Die Bildung kann unter anderem durch Einfluss von Sauerstoff, Radikalen, Wasser, Temperatur oder elektromagnetischer Strahlung induziert werden (Salthammer, Schwarz und Fuhrmann 1999). Es gibt eine Vielzahl von Reaktionsmechanismen zur Entstehung sekundärer Emissionen.

Eine gute Innenraumluftqualität in Wohngebäuden kann durch den Einsatz emissionsarmer Bauprodukte erreicht werden, die sowohl auf ihren Summenwert als auch auf Einzelstoffe untersucht wurden. Es bleibt jedoch zu berücksichtigen, dass die flüchtigen Verbindungen der Bauprodukte wiederum miteinander reagieren können und möglicherweise Verbindungen entstehen, die geringere NIK-Werte haben bzw. eine geringere Geruchsschwelle. Die Forschung zur Untersuchung dieser möglichen, heute noch unbekanntem Reaktionen steht jedoch erst am Anfang.

2.3 Das Sentinel-Haus-Institut

Sentinel-Haus - ausgehend vom englischen Begriff Sentinel "der Wächter" - bedeutet ein wissenschaftliches Umsetzungskonzept zur Überwachung einer optimierten Gebäudeerstellung im Hinblick auf Wohngesundheit, Emissionsarmut und Nachhaltigkeit, sowohl bei Planung, Produktauswahl, als auch bei der baulichen Umsetzung.

Ziel des Sentinel-Haus-Instituts ist gesunde Lebensräume zu einem bezahlbaren Standard zu machen, bei welchem Verbraucher und Nutzer aktiv über die gesundheitliche Qualität ihrer Lebensräume entscheiden können und auch für sensitive Menschen Lebensräume errichten zu können, welche Behaglichkeit und gesundheitliche Sicherheit gewährleisten. Diese Ziele sollen durch Setzen von Standards, Verfügbarmachen dieser Standards, Sicherung der Standards und Bedienung von Netzwerken erreicht werden.

Diese gesunden Lebensräume werden durch die Vermeidung von Emissionen, verursacht durch Baustoffe und bauhandwerkliche Tätigkeiten in der Bauphase erreicht. Ein besonderer Schwerpunkt ist dabei die Minimierung von VOC Emissionen welche sehr oft auch aus natürlichen Bauprodukten austreten können und teilweise ein gesundheitsgefährdendes, meist aber zumindest ein allergenes Potential aufweisen. Ebenso wird hoher Wert auf die Minimierung elektromagnetischer Strahlenbelastungen gelegt.

Erreicht wird das Ziel emissionsarmer Gebäude durch intensive Kooperation und Qualifizierung aller an der Wertschöpfungskette Bau Beteiligten (Hersteller, Handel, Planer, Handwerker) sowie eine streng wissenschaftliche Produktauswahl ausnahmslos emissionsgeprüfter und volldeklarerter Baustoffe (vgl. Sentinel Haus, 2009).

3 Umsetzung des wohngesunden Bauens in die Praxis

Um wohngesunde Gebäude zu erstellen, gilt es eine Vielzahl von Besonderheiten zu berücksichtigen und zu planen. Im Folgenden Abschnitt werden die allgemeinen Anforderungen an wohngesunde Gebäude am Beispiel eines Hauses nach dem Sentinel Haus Konzept beschrieben, sowie meine Aufgaben während der Praxisphase bezüglich dieses Projektes dargestellt.

3.1 Anforderungen an die Planung

Die Ansprüche eines wohngesunden Hauses sind vielfältig. Die Planung erfordert spezielles Wissen bezüglich der Wohngesundheit. Dieses Wissen können Planer durch eine dreitägige Schulung beim Sentinel-Haus-Institut erlangen, das so genannte Modul 3.

Prinzipiell beginnt die Planung eines wohngesunden Gebäudes schon bei der Grundstücksauswahl. Neben Ausrichtung des Grundstückes und Lichtexposition ist auf Lärm ebenso zu achten, wie auf eventuelle Funktürme oder Hochspannungsleitungen, die Elektromog verursachen. Weiterhin spielt auch die Umgebung eine entscheidende Rolle. Schimmelpfandliche Menschen sollten nicht in der Nähe von Mooren oder Feuchtgebieten wohnen aufgrund der dort ubiquitär vorkommenden Sporen. Bei Pollenallergikern ist auf die umliegenden Bäume zu achten.

Wenn ein Projekt wohngesund geplant werden soll, werden als erster Schritt der Bedarf und eventuelle spezielle Anforderungen erfragt; dazu gehören beispielsweise Allergien wie Heuschnupfen oder Asthma, der Wunsch nach besonderer Abschirmung gegen Elektromog oder auch die ärztliche Begleitung des Projektes bei an MCS (Multiple Chemical Sensitivity) erkrankten Personen. Bei der Konzeption des Hauses wird unter anderem darauf geachtet, dass beim Eingang eine Art Schleuse entsteht, die beispielsweise Pollenallergikern ermöglicht zu duschen und sich umzuziehen, um die Pollen nicht in den Wohnbereich zu übertragen. Ebenfalls sollte darauf geachtet werden, dass die Küche getrennt vom Wohnbereich ist und eine gute Abluft verhindert, dass die beim Kochen entstehenden VOCs, dies sind insbesondere kurzkettige Aldehyde, in der Raumluft angereichert werden. Von großer Bedeutung ist ebenfalls, dass der Hausmüll entweder von vornherein draußen oder zumindest an einem kühlen Ort gelagert und täglich entleert wird, da dort sehr schnell Schimmel entsteht. Weiterhin sollten Wäscheabwurfschächte vorhanden sein und möglichst die Kleidung nicht unmittelbar im Schlafzimmer gelagert werden, da diese ebenfalls leicht Schimmelsporen freisetzen kann. Heizungsräume sollten nur von außen zugänglich geplant werden, damit die unvermeidbaren Verbrennungsgase nicht in den Wohnraum

gelangen. Ferner sollte darauf geachtet werden, dass der Hauseingang und insbesondere ein eventuell vorhandener Nebeneingang nicht unmittelbar neben dem Parkplatz liegen, da die Abgase in dem Fall leicht in den Wohnraum gelangen.

Dass die Planung eine gute Wärmedämmung und ein angenehmes Wohnklima erfordert, ist selbstverständlich. Empfohlen werden aufgrund der angenehmen Oberflächentemperaturen Flächenheizungen, insbesondere Wandheizungen, da diese im Gegensatz zu Fußbodenheizungen weniger Staub bilden. Lüftungsanlagen sollten zur Regulierung der Luftwechselrate eingesetzt werden, je nach Verlangen können hier sowohl zentrale als auch dezentrale Anlagen eingesetzt werden. Bei sensitiven Menschen werden dezentrale Anlagen befürwortet, da die Sauberkeit der Anlagen besser zu kontrollieren, die Anlagen aufgrund der kurzen Wege einfacher zu reinigen und die Reinigungsmittel für zentrale Anlagen sehr reizend sind. Grundsätzlich sind diese Anlagen mit Pollenfiltern auszustatten, bei Allergikern empfiehlt sich zusätzlich Pollengaze in den Schlafzimmern. Insbesondere bei Hausstauballergien sollten zentrale Absauganlagen installiert werden, da diese den Staubanteil im Wohnraum deutlich reduzieren. Sinnvoll ist ebenfalls die Planung einer Sauna, da dort beispielsweise Bettdecken bei hohen Temperaturen desinfiziert werden können.

Wenn die Planung der Grundrisse nach den angegebenen Kriterien abgeschlossen ist, folgt die Baustoffauswahl. An alle raumluftrelevanten Baustoffe werden hohe Anforderungen gestellt, um später ein emissionsarmes Raumklima zu erlangen. Es werden nur Baustoffe eingesetzt, die ein umfassendes Emissionsprüfzeugnis vorweisen können. So dürfen sämtliche Natureplus geprüfte Baustoffe eingesetzt werden, da diese eine maximale Raumlufkonzentration C bei Prüfkammertests von $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aufweisen. Es können jedoch nicht alle Produkte ein Natureplus-Siegel erhalten, da dieses Label unter anderem fordert, dass die Produkte zu mindestens 85 % aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. unbegrenzt verfügbaren mineralischen Rohstoffen bestehen. Dieses Kriterium ist zwar für ökologische Produkte von großer Bedeutung, jedoch nicht zwingend für wohngesunde. Ihre Eignung zum Einsatz in einem Haus nach dem Sentinel Haus Konzept können die Baustoffe jedoch auch bei verschiedenen Prüfinstituten nachweisen. Ein wohngesundes Haus kann sowohl als massives Steinhaus als auch als Holzrahmenhaus erstellt werden. Wichtig ist jedoch, dass sämtliche eingesetzten raumluftrelevanten Produkte eine vollständige Produktdeklaration aufweisen und die Anforderungen an die Emissionsgrenzwerte einhalten. Wegen der Schimmelgefahr ist eine elementierte Bauweise vorzuziehen, da durch die kurze offene Bauzeit der Feuchteintrag deutlich reduziert werden kann.

Ein wohngesundes Haus sollte jedoch nicht nur aus emissionsarmen Bauprodukten bestehen und höchste Ansprüche an das Wohnraumklima stellen. Ein weiteres wichtiges Thema ist die Vermeidung von Elektromog. So sollten abgeschirmte Leitungen und Dosen verwendet und speziell im Schlafzimmer eine Netzfreeschaltung installiert werden. Bei Bedarf, wenn etwa ein Funkturm in der Nähe ist, sollte auch auf die Elektromog abschirmende Wirkung der Wände und insbesondere der Fenster und

Fensterrahmen geachtet werden. Weiterhin ist vom Einsatz von Natursteinen aufgrund ihrer zum Teil radioaktiven Strahlung abzuraten.

Grundsätzlich sind bei der Planung wohngesunder Häuser zwei Kundengruppen zu unterscheiden: Gesunde Menschen, die gesund bleiben möchten und Wert auf ein gutes Innenraumklima legen und gesundheitlich belastete Menschen. Im zweiten Fall sind eine gesundheitliche Anamnese der Bewohner und die individuelle Berücksichtigung der gesundheitlichen Ansprüche in Abstimmung mit einem Umweltmediziner erforderlich. Dies kann bei MCS-kranken Menschen sogar dazu führen, dass sämtliche Baustoffe bemustert werden müssen und im Konfrontationstest, der bis zu zwei Wochen dauert, eventuelle allergische Reaktionen abgewartet werden. Zusätzlich kann eine Blutuntersuchung bei einem Umweltmediziner bei jedem Baustoff erforderlich sein, bei dem gezielt nach potentiellen Antikörpern gesucht wird. Daher ist die Realisierung eines Projektes für gesundheitlich belastete Menschen deutlich schwieriger und komplexer.

3.2 Beispiel einer wohngesunden Planung

In Anhang sind Grundrisszeichnungen von einer Planung für ein wohngesundes Haus abgebildet. Die Schleuse im Eingangsbereich ist klar ersichtlich, ausgestattet mit Dusche und großzügiger Garderobe. Deutlich erkennbar sind ebenfalls der ausschließlich von außen zugängliche Heizungsraum, die Planung einer Sauna sowie die mit Schiebeelementen abschließbare Küche.

Ungünstig sind die Lage des Nebeneingangs unmittelbar neben dem Carport sowie die Kleiderschränke im Schlafzimmer. Dies waren jedoch ausdrückliche Wünsche der Bauherren, obwohl sie mehrfach auf die Problematik aufmerksam gemacht worden sind.

3.3 Anforderungen an den Bauablauf

Neben der Planung werden ganz besondere Anforderungen an die bauliche Umsetzung und damit an Bauleitung und Handwerker gestellt. Stetige Aufmerksamkeit und Wachsamkeit sind die Voraussetzung für die Realisierung.

Während der Bauphase gehen die stärksten Emissionen üblicherweise nicht von den Baustoffen selbst, sondern von den Hilfs- und Verpackungstoffen aus. Aus diesem Grund sollten sämtliche Baustoffe außerhalb des Gebäudes gelagert bzw. von Umverpackungen „befreit“ werden. Mit Insektiziden und Fungiziden behandelte Paletten oder auch stinkende Kunststoffverpackungen gelangen auf diese Weise gar nicht erst in den Innenraum.

Von großer Bedeutung ist das Verhalten der Handwerker auf der Baustelle. Dass Rauchen auf der Baustelle zu einer Kontamination führen würde, ist leicht nachvollziehbar. Auch Essensreste müssen umgehend aus dem Gebäude entfernt

werden (s. Kapitel 3.1 Anforderungen an die Planung). Ebenfalls wichtig ist, dass durch rechtzeitiges und vorausschauendes Handeln beispielsweise auf chemische Schlierenentferner verzichtet werden kann. Weiterhin sind sämtliche hochdrehenden Werkzeuge (Flex oder ähnliches) nur außerhalb des Gebäudes zu verwenden, um die Staubbelastung so gering wie möglich zu halten. Sämtliche Staub, Rauch oder Geruch entwickelnden Arbeiten müssen im Außenbereich erledigt werden. Wenn möglich, ist auf emissionsarme Alternativen zurückzugreifen, so sind die Heizungs- und Wasserleitungen zu quetschen anstatt zu löten und Fenster und Türen dürfen nicht mit isocyanathaltigen Montageschäumen eingebaut werden, sondern werden gestopft bzw. geschraubt. Zur Vermeidung von Feinstaub sollten auch keine Besen verwendet werden, sondern grundsätzlich Staubsauger mit Hepa-Filter. Regelmäßiges Lüften sorgt für sofortiges Entweichen der nicht zu vermeidenden Schadstoffe. Für die Beheizung der Baustelle dürfen ausschließlich Elektroheizungen verwendet werden (s. Kapitel 3.1 Anforderungen an die Planung) und auch hier ist darauf zu achten, dass diese nicht mit dem Staub der letzten Baustellen kontaminiert sind.

Zum Teil ist der Einsatz von emissionsarmen Produkten, meist aus bauphysikalischen Gründen, nicht möglich. In diesen Fällen, beispielsweise den Silikonfugen in Nassbereichen, ist darauf zu achten, dass die betroffenen Räume durch Staubschutzwände getrennt und stark gelüftet werden. Durch diese Maßnahme kann das Emittieren der Schadstoffe in den restlichen Wohnraum verhindert werden.

Grundsätzlich dürfen auf der Baustelle nur die für das jeweilige Projekt freigegebenen Produkte verwendet werden. Jeder Nachunternehmer ist auch vertraglich zur Verwendung dieser Produkte und Beachtung der Verhaltenskriterien verpflichtet.

Diese Anforderungen führen dazu, dass sämtliche Handwerker an einer Schulung zum Thema Wohngesundheit und ihrem Verhalten auf der Baustelle teilnehmen sollten. Nur dadurch kann eine ganzheitliche Kontrolle und Überwachung des Bauablaufs gewährleistet werden, denn schon geringe Unachtsamkeiten können am Ende zu erhöhten Raumluftemissionen führen.

Zur Nachvollziehbarkeit eventueller Probleme wird ein Bautagebuch geführt. Um auch während der Bauphase überprüfen zu können, ob die Ziele bezüglich des Innenraumklimas umgesetzt worden sind, werden neben der Abschlussmessung auch Zwischenmessungen gemacht.

3.4 Meine Aufgaben während der Praxisphase

Während meiner Tätigkeit bei der Meyer Holzbau GmbH war ich unter anderem für die Erstellung der Produktlisten und Aufbaubeschreibungen zuständig. Da mein Praxispartner zum Teil als Generalunternehmer tätig ist und Häuser schlüsselfertig anbietet, wurden diese Produktlisten nicht nur für den Holzbau, sondern für sämtliche Gewerke erstellt. Das Sentinel Haus Konzept befürwortet den Einsatz der üblicherweise verwendeten Baustoffe und nur den Austausch weniger kritischer

Produkte. Aus diesem Grund werden anfangs sämtliche üblicherweise von einer Firma verwendeten Baustoffe aufgenommen und auf ihre Eignung überprüft. Dies hat zum einen den Vorteil, dass die üblichen regionalen und dem Bauunternehmen bekannten Bezugsquellen weiterhin verwendet werden können. Denn auch der Händler hat eine entscheidende Rolle und es muss vorausgesetzt werden können, dass exakt das Produkt geliefert wird, welches bestellt wurde. Zum anderen verwendet Sentinel diese Daten, um Hersteller kennen zu lernen und diese um Emissionszeugnisse zu bitten. Auf diese Weise kann das geprüfte Produktportfolio ständig erweitert werden.

Nach Überprüfung der Produktlisten durch das Sentinel-Haus-Institut werden, soweit vorhanden, bei nicht geeigneten Produkten Alternativen vorgeschlagen (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Auszug aus bearbeiteter Produktliste für Holzbauarbeiten

Erhebungsbogen aller umwelt- und gesundheitsrelevanter Daten, [sämtlicher verwendeter Baustoffe, Reiniger- und Bauhilfsmittel](#)

Firma: Meyer Holzbau GmbH		Adresse: Bahnhofstr. 14-16, 21441		Homepage: www.meyer-holzbau.net		Für Rückfragen beim Ausfüllen: spritzendorfer@sentinel-haus.eu kloidi@sentinel-haus.eu	
Ansprechpartner: Axel Stöckmann Susanne Gehrmann		e-Mail: mail@meyer-holzbau.net susanne_gehrmann@gmx.de		Tel: 04173 / 51480		Fax: 04173 / 514848	
Gewerk: Holzbauarbeiten		Generalhinweis: halogenfreies, abgeschirmtes Installationsmaterial		Bauprojekt:		Bauherr: Adresse:	

Im Innenbereich grundsätzlich verzichten auf Produkte wie: Polystyrol, Montageschaum, Mehrkomponentenkleber, Bitumenprodukte etc.!			Für diese Spalten verwenden Sie Kurzbezeichnungen, s. Blatt "Anwendung"					
Pos	Produkt (genaue Bezeichnung)	Hersteller (genaue Bezeichnung)	Bauteil	Funktion Beschreibung	Material	Beurteilung durch Sentinel-Haus	Kommentar, Fragen an Verarbeiter	mögliches Alternativprodukt
3	Fichte Konstruktionsvollholz, Nsi, KD, DIN 4074/S10	ohne Angabe, Holzhandlung Holz Herbst	B1, B3, B5, B7	F23	Fichtenholz	keine Probleme		
22	Ampatex DB 90 Dampfbremssfolie, reissfest rd Wert 23 m	Ampack	B5	F6	Polypropylen	Klarungsbedarf bezüglich möglicher Emissionen, es wurden bereits Unterlagen angefordert		proclima emissionsgeprüft
33	Lärche/Douglasie KVH Nsi/DIN 4074/KD/S10	ohne Angabe, Holzhandlung Holz Herbst	B1	F23: Sondereinsatz		projektbezogene(!) Freigabe; hier sind keine raumrelevanten Emissionen zu erwarten		Rettenmeier wäre emissionsgeprüft
51	Siga-Sicrall	Siga	B1, B5	F24		Klarungsbedarf bezüglich möglicher Emissionen, es wurden bereits Unterlagen angefordert		proclima emissionsgeprüft
55	Montageschaum 2-K Soudafoam	Soudal (Würth)	B15, B17	F11		abzulehnen, technische Lösung (z.B. statt Montageschäumen Schraubmontagen, Ausstopfen mit emissionsarmen Material ...) erforderlich		
101	Steico universal, naturharz imprägniert, Holzfaserdämmplatte N+F	Steico	B1, B5	F32	Holzfasern	Klarungsbedarf bezüglich möglicher Emissionen, es wurden bereits Unterlagen angefordert		Pavatex umfassend emissionsgeprüft
113	Ringo Stiltüren TR Modell Trend 3 Weißlack	Ringo	B18	F30		bisher keine ausreichenden bzw. zufriedenstellenden Emissions-Unterlagen erhalten		einige Modelle von Wirus Türen sind emissionsgeprüft - siehe Kommentar
169	Fermacell Platte	Fermacell	B3, B4, B5, B8	F31		keine Probleme		

Anschließend können aus den freigegebenen Baustoffen Aufbaubeschreibungen erstellt werden. Diese Aufbaubeschreibungen werden für jedes Bauteil angefertigt, so dass schon vor Baubeginn sämtliche Produkte festgelegt sind. Als Beispiel für eine solche Aufbaubeschreibung ist der Vorschlag für einen Wandaufbau bei Holzrahmenbauweise in Tabelle 4 dargestellt. Diese sollten so ausführlich wie möglich sein, um sämtliche Baustoffe aufzuführen und einen reibungslosen Bauablauf garantieren zu können. Spontane Freigaben während der Bauphase sind nur schwer möglich. Eine mangelnde Planung würde an dieser Stelle nicht nur die Bauzeit verlängern, sondern auch das Vorhaben wesentlich komplizierter machen.

Tabelle 4: Beispiel für Aufbaubeschreibung

Aussenwandaufbau von außen nach innen

Bauteil	Material	Stärke	Bemerkung	Erstkommentar SHI
Aussenverkleidung	Lärche natur unbehandelt	48 mm		
Unterkonstruktion	imprägnierte Latten	40 mm		
Außenbeplankung	Pavatex Isolair L	35 mm	natureplus	
Dämmebene	Dämmstoff Steico Cell	200 mm		kein Emissionszeugnis erhalten - ebenfalls überholt, aber zumindest geprüft ist von der Zellulose ausschließlich Isofloc
Holzkonstruktion	KVH-Fichte 6 / 20 cm im Abstand von ca. 62,5 cm	200 mm		
Luftdichtigkeitsebene	Pro-Clima Intello Dampfbremspapier		eco-Institut	
Abklebung	Pro-Clima Klebebänder		eco-Institut	
Innenbeplankung	Fermacell 12,5 mm mit Fermacellfugenspachtel	12,5 mm	natureplus	
Anstrich	Sylitol Bio Innenfarbe, StoSil in oder Keim Biosil		natureplus	
Gesamt Aussenwand:		353,5 mm		

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Wohngesundes Bauen ist eine sehr komplexe und sämtliche Beteiligte des Bauprozesses betreffende Aufgabe. Meiner Meinung nach ist die Umsetzung nur mit einem sehr guten Netzwerk möglich und erfordert neben einer sehr guten Planung qualifizierte und kritische Handwerker vor Ort auf der Baustelle.

Die Realisierung eines wohngesunden Hauses erfordert ein Umdenken und eine Verschiebung der Schwerpunkte, dies gilt ebenso für die Planung wie für die handwerkliche Leistung auf der Baustelle. Es handelt sich jedoch nicht um unlösbare Aufgaben und ich bin mir sicher, dass die geforderten Werte erreicht werden können und wohngesundes Bauen zum Standard werden kann.

Die Planung und Errichtung eines Hauses für gesundheitlich belastete Menschen stellt eine weitaus größere Herausforderung dar. Es sollte in jedem Fall eine lange Planungsphase berücksichtigt werden. Durch das Testen der Produkte kann jedoch ein Wohnraum geschaffen werden, in welchem die Person mit deutlich weniger Schadstoffen umgeben wird und keine ständigen allergischen Reaktionen das Immunsystem belasten.

Aufgrund der steigenden Anzahl von Allergien in Deutschland, früher hatten sie eher Seltenheitswert, heute sind sie in der westlichen Welt eine Volkskrankheit, gehe ich davon aus, dass der Bedarf für höhere Innenraumlufqualitäten stark steigen wird. Die geplante Baustoffprüfung durch das AgBB-Schema wird sicherlich zu deutlich emissionsärmeren Produkten führen. Es ist ebenfalls davon auszugehen, dass es in naher Zukunft gesetzliche Mindestanforderungen an die Raumlufqualität geben wird, die Veröffentlichung von Grenzwerten mit Handlungsempfehlungen und -anweisungen durch das Umweltbundesamt ist schon der erste Schritt in diese Richtung.

Wohngesundes Bauen ist keine neue Marktlücke, die mit auf den „Ökozug“ aufsteigt, sondern ein Thema, welches in wenigen Jahren die gesamte Baubranche betreffen wird.

5 Zusammenfassung

Aufgrund zunehmender Anforderungen an die Luftdichtheit von Gebäuden sinken die Luftwechselraten und damit die Innenraumluftqualität. Dies geschieht insbesondere durch die Emission flüchtiger organischer Verbindungen (VOCs) aus Bauprodukten, Einrichtungsgegenständen und Möbeln.

In dieser Praxisarbeit wurden die gesetzlichen Grundlagen für die Innenraumluftqualität dargestellt, Wohngesundheit definiert, die Anforderungen an die Planung beschrieben und die Voraussetzungen für die Umsetzung aufgezeigt.

Quellenverzeichnis

- AgBB-Bewertungsschema von Bauprodukten (2008). Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten. Stand März 2008. 23 Seiten
- Coutadiles, R. et. al. (2008) – Liwotev: Luftqualität in Wohnbauten mit tiefem Energieverbrauch, Schlussbericht, HTA Luzern und Bau- und Umweltchemie Beratungen + Messungen AG, Zürich, 252 Seiten
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (2009) - <http://www.dgnb.de/de/zertifizierung/kriterien/index.php>, Abruf am 20.03.2009
- ECA (1997) – Report Nr. 18: Evaluation of VOC Emissions from Building Products. Solid Floor Materials, EUR 17334. European Collaborative Action “Indoor Air Quality and its Impact on man”, Environment and Quality of Life, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute.
- EnEV (2007) - Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, nichtamtliche Lesefassung vom 24. Juni 2007, 79 Seiten
- Eurofins (2006) – [http://www.eurofins.com/documents/product-testing/AgBB-DIBt%20\(D\).pdf](http://www.eurofins.com/documents/product-testing/AgBB-DIBt%20(D).pdf), Abruf am 16.04.2009
- Fritzen, K. (2009) – Kommentar: Gelassenheit trotz Finanzkrise. Bauen mit Holz 2/2009, p. 63
- Gefahrstoffverordnung (2004) - 65 Seiten. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gefstoffv_2005/gesamt.pdf, Abruf am 14. März 2009
- Hallenberger, H.; Dehne, M.; Kruse, D.; Möllenbeck, M. (2006) – Wohngesundes und brandsicheres Bauen... Bauen mit Holz 9/2006, pp. 40 - 45
- Hissnauer, P.; Kornadt, O.; Lehmann, L.; Sehnert, B. (1999) – Praxisgerechte Methoden zur Reduktion von Schadstoffen in Innenräumen. Bauphysik 21, Heft 6, pp. 255 - 259
- ISO/FDIS 16000-Part 6 (2003) - Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID
- Jann, O.; Wilke, O.; Brödner, D.; Plehn, W. (1999) – Emissionsarme Möbel: Emissionsverhalten, Prüfanforderungen, Umweltzeichen. In: Ökologisches Bauen; Energiesparend, emissionsarm und zukunftsfähig?!, Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (Hrsg.), pp. 172 - 184

- Mølhave, L. (1999) - The TVOC Concept. In: Organic Indoor Air Pollutant. Occurrence, Measurement, Evaluation, Salthammer, T. (Ed.), Wiley-VCH, Weinheim, pp. 305 - 318
- Natureplus (2008) - Vergaberichtlinie 0209: Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen. Natureplus e.V., Ausgabe: September 2008, 8 Seiten, http://www.natureplus.org/uploads/tx_usernatureplus/RL0209Holzboeden.pdf, Abruf am 22. Januar 2009
- Ökotest (2007) – Wie eine Arche im Schadstoffmeer. Nr. 06, Juni 2007
- Oppl, R.; Höder, B.; Lange, A. (2000) - Innenraumlufte und TVOC: Messung, Referenz- und Zielwerte, Bewertung. Ein Diskussionsbeitrag zum TVOC-Wert. Bundesgesundheitsblatt 43, 513 – 518
- Pettenkofer, M. (1858) – Über den Luftwechsel in Wohngebäuden, Cotta, München
- Salthammer, T. (2000) - Verunreinigungen der Innenraumlufte durch reaktive Substanzen - Nachweis und Bedeutung von Sekundärprodukten. In: Handbuch für Bioklima und Lufthygiene 12/2000, 4:1 – 16
- Salthammer, T.; Schwarz, A.; Fuhrmann, F. (1999) - Emission of reactive compounds and secondary products from wood-based furniture coatings. Atmospheric Environment 33, 75 - 84
- Seifert, B. (1999) - Richtwerte für die Innenraumlufte. Die Beurteilung der Innenraumluftequalität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert). Bundesgesundheitsblatt 42, 270 – 278
- Sentinel Haus Institut (2009) - Zielformulierung, <http://www.sentinelhaus.eu/home/zielformulierung/>, Abruf am 4. April 2009
- Umweltbundesamt (2007) – Beurteilung von Innenraumluftekontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten, Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsschutz 2007 – 50:990 – 1005, Springer Medizin Verlag, 16 Seiten
- Umweltbundesamt (2008) – Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden, Umwelt & Gesundheit, 142 Seiten, Bearbeiter: Moriske, H.-J.; Szewzyk, R.
- WHO (1989) - Indoor Air Quality: organic pollutants. EURO Reports and Studies No. 111. World Health Organization, p. 4
- Wikipedia (2009) - [http://de.wikipedia.org/wiki/Emission_\(Umwelt\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Emission_(Umwelt)), Abruf am 18.04.2009
- Xella (2009) – Wohngesund leben: Rundum wohlfühlen mit Fermacell, 16 Seiten

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht verschiedener Lösemittelkonzentrationen in verschiedenen Bauphasen (aus Livotew-Abschlussbericht, Coutadiles 2008)7

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierung flüchtiger organischer Luftschadstoffe (WHO 1989)4

Tabelle 2: Bewertung der Innenraumluftqualität (UBA 2007,2008)**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 3: Auszug aus bearbeiteter Produktliste für Holzbauarbeiten..... 13

Tabelle 4: Beispiel für Aufbaubeschreibung 14

Anhang

Entwurf: Grundriss EG und DG

