



**Interreg III A- Projekt
Ökologisches Bauen und Beschaffen für Kommunen in der Bodensee-Region
Planungsleitfaden: Ökologische Baustoffwahl**

Erstellt vom:

IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH

Mag. Hildegund Mötzl, Barbara Bauer, DI Siegfried Lerchbaumer, DI Dr. Karl Torghele

Alserbachstraße 5/8

A-1090 Wien

Tel: +43/(0)1/319 20 05 0

Fax: +43/(0)1/319 20 05 50

Email: ibo@ibo.at

Wien, am 17.01.2007

Im Auftrag der Projektgruppe des Interreg IIIA – Projektes „Ökologisch Bauen und Beschaffen in der Bodenseeregion“ vertreten durch den Umweltverband Vorarlberg, Marktstraße 51, A-6850 Dornbirn.

ÖBB – Ökologisches Bauen und Beschaffen

für Kommunen in der Bodensee-Region

Netzwerk – Standards – Tools

Einleitung	3
2. Massive Wandbaustoffe	6
3. Putze und Gipsplatten	13
4. Dämmstoffe	21
5. Folien, Abdichtungen und wasserführende Schichten	31
6. Holz und Holzwerkstoffe	39
7. Beschichtungen und Anstriche	46
8. Bodenbeläge	50
9. Türen	56
7. Fenster	58
Literatur	64

EINLEITUNG

Vorwort

Das vorliegende Teilbericht soll bei der Baustoffauswahl nach ökologischen Gesichtspunkten unterstützend wirken. Ergänzungstexte für die Leistungsbeschreibungen in Ausschreibungen finden Sie auf www.oebox-oeg.info (Register Ausschreibung).

Das vorliegende Dokument beruht auf dem [Ökoleitfaden: Bau 2000], aktualisiert im Rahmen des Projekts [Check-It 2000]. Im Vergleich zu dem zitierten Werken wurde der Text völlig neu überarbeitet. Für Innenausstattungsmaterialien konnte auf ein Ökokauf-Projekt, welches das IBO im Auftrag der Stadt Wien durchgeführt hat, zurückgegriffen werden [Ökokauf 2005].

Umfang

Die Produktgruppen wurden dem Projektumfang entsprechend auf folgende eingegrenzt:

- Massive Wandbaustoffe wie Betone, Ziegel, Stein, Lehm
- Putze und Gipsplatten wie Gipsfaser- und Gipskartonplatte, Gipsputz, Kalkputz, Kunstharzputz
- Dämmstoffe wie Hanf- und Flachsdämmstoffe, Mineralwolle, Schaumglasplatten, Zellulosefaserflocken
- Folien und Abdichtungen wie Bitumenabdichtungen, Kraftpapiere, Kunststoff-Dichtungsbahnen, Kunststoffanstriche
- Holz und Holzwerkstoffe wie Massivholz, Holzfaserplatten, Spannplatte, Sperrholzplatte
- Beschichtungen und Anstriche wie Kalkfarben, Kaseinfarben, Kunstharzdispersion, Leimfarben, Silikatfarben, Naturharzlasuren, Kunstharzlacke
- Bodenbeläge wie Holzböden, Elastische Bodenbeläge, Mineralische Bodenbeläge, Textile Bodenbeläge
- Türen
- Fenster

Die Auswahl in der jeweiligen Gruppe besteht aus typischen, häufig eingesetzten Bauprodukten und aus umweltfreundlicheren Alternativen.

Die Bauprodukte werden rein aus ökologischen Gesichtspunkten betrachten. Die Einhaltung technischer Regeln durch die Bauschaffenden wird vorausgesetzt. Wirtschaftliche Gesichtspunkte werden völlig außer Acht gelassen. Diese spielen ohnehin bei der Bestbieterermittlung eine gewichtige Rolle. Es war auch nicht Ziel des Projekts, auf unterschiedliche Bauweisen (Massivbau, Holzbau, Stahlbetonskelettbau,...) einzugehen.

Aufbau

Einführung: Jedes Baustoffkapitel beginnt mit einem Überblickstext, der allgemeine Grundsätze und die mit den Baustoffen verbundenen umweltpolitische Ziele beschreibt.

Produktauswahl: Die Produktauswahl ist nach Anwendungsbereichen der LGs gegliedert und bildet die ökologische Qualität von Produktgruppen ab. Ein einfaches Bewertungsschema zeigt auf einen Blick die

Produkteinstufung des IBO hinsichtlich ökologischer Qualitäten. Folgende Einstufungen werden vorgenommen:

☺☺	empfehlenswerte Lösung
☺	gute Lösung mit geringfügigen ökologischen Schwachstellen
☹	Lösung mit ökologischen Schwachstellen, Alternativen nur bedingt verfügbar oder Alternative Lösung zu weitaus umweltbelastenderen Lösungen
☹☹	Lösung mit bedeutenden ökologischen Schwachstellen und umweltfreundliche Alternativen verfügbar
☹☹☹	Abzulehnende Lösung, da besonders umwelt- und gesundheitsgefährdende Substanzen auftreten und umweltfreundliche Alternativen verfügbar.

Produktbeschreibung: Die Baustoffe werden möglichst prägnant und kurz beschrieben. Dabei werden die Einstufungen begründet und aus Sicht der Ökologie und des Gesundheitsschutzes relevante Hinweise für den Anwender gegeben.

Grundlagen der Bewertung

Bauprodukte beeinflussen während ihres Lebenszyklus die verschiedensten Umwelt- und Gesundheitsbereiche. Ökologische Optimierung bedeutet, unter Berücksichtigung möglichst vieler dieser Wirkungen die besten Lösungsmöglichkeiten zu finden. Dies betrifft die Lebensphasen

- Herstellung,
- Nutzung,
- Rückbau, Verwertung und Entsorgung

Es war nicht die Absicht, ein wissenschaftliches Werk vorzulegen, sondern eine allgemein verständliches für den öffentlichen Beschaffer leicht handhabbare Grundlage zu schaffen. Die Aussagen werden daher nicht langwierig begründet, wie dies in wissenschaftlichen Untersuchungen üblich ist, sondern aus bereits durchgeführten Studien des IBO abgeleitet. Wichtige Grundlagen für die Bewertung sind:

- Ökologisches Baustofflexikon [Zwiener 2006]
- Ökologischer Bauteilkatalog [IBO 1999]
- Ökologie der Dämmstoffe [IBO 2000]
- IBO- und natureplus Produktprüfung 1988-2005
- Schadstoffuntersuchungen von Baustoffen und Innenräumen des IBO 1985-2005
- sowie weitere im Anhang angeführte Literatur.

Eine gute Grundlage für Vergleiche von Baumaterialien sind Ökobilanzen wie z.B. die Methode der wirkungsorientierten Klassifizierung, die u.a. zu den ökologischen Kennzahlen Treibhaus- und Versauerungspotential führt. Eine Publikation wichtiger ökologischer Kennwerte für Baustoffe und eine detaillierte Beschreibung, wie diese Werte erhoben werden, sind in [Ökologischer Passivhaus-Bauteilkatalog 2006] publiziert oder auf der IBO-homepage (www.ibo.at) herunterladbar.

Dabei sollte aber immer bedacht werden, dass die ökologischen Wirkungskategorien nur einen Teil des Lebenszyklusses und der Wirkungen eines Baumaterials abdecken. Um z.B. die Gesundheitsbelastungen beim Einbau und in der Nutzung abschätzen zu können, sind zusätzliche Informationen und Methoden erforderlich (qualitative Bewertung von Baustoffen).

Es gibt eine Reihe von Wirkungen auf Gesundheit und Umwelt, die nicht mit quantitativen Methoden wie oben beschrieben erfasst werden können, weil

Ökologische Baustoffwahl

- die Datenlage schlecht ist (z.B. Flächenbedarf)
- die wissenschaftlichen Methoden noch nicht ausgereift sind (z.B. Humantoxikologie)
- es sich nicht um eine naturwissenschaftlich fassbare Wirkung handelt (z.B. Beeinträchtigung des Landschaftsbildes).
- die Lebensphasen außerhalb des Bilanzmodells für die quantitative Bewertung liegen (z.B. energetische Aufwendungen für die Entsorgung eines Materials, Emissionen während der Nutzung)

Für die Gesamtbewertung von Baustoffen zieht das IBO daher folgende übergeordneten Leitziele heran:

- Ressourcenschonung
- Vermeidung von Emissionen
- Abfallvermeidung
- Risikominimierung
- Bewahrung von Naturräumen und Artenschutz

Die folgende Tabelle zeigt die Leitlinien und den sich daraus ergebenden Maßnahmenkatalog, der Grundlage für die Einstufung von Baustoffen ist:

Maßnahme	Leitlinie
Förderung von ...	
+ Baustoffen aus erneuerbaren Rohstoffen	Ressourcenschonung, Verringerung des Treibhauseffekts,
+ Baustoffen aus Recyclingmaterialien	Ressourcenschonung, Abfallvermeidung
+ Regionalen Rohstoffen und Produkten	Vermeidung von Emissionen
+ Materialien, die einfach und hochwertig verwertbar sind	Ressourcenschonung, Abfallvermeidung
+ einfachen Konstruktionen mit möglichst geringer Materialvielfalt	Ressourcenschonung, Abfallvermeidung
+ Produkten, die mit geringem Störfallrisiko hergestellt werden.	Risikominimierung
+ Produkte, die mit geringem Aufwand an Energie und Infrastruktur hergestellt werden.	Ressourcenschonung, Abfallvermeidung
+ Langlebige Produkte	Alle Leitlinien
Vermeidung von ...	
- Materialien, deren Gewinnung eine unwiederbringliche Zerstörung von Naturräumen oder die Bedrohung einer Art verursacht	Bewahrung von Naturräumen und Artenschutz
- Materialien, deren Herstellungsprozess massive Umweltbelastungen verursacht	Vermeidung von Emissionen, Ressourcenschonung, Abfallvermeidung
- Verpackungen, insbesondere Einwegverpackungen	Ressourcenschonung, Abfallvermeidung
- Belastungen durch gesundheits- oder umweltgefährdende Inhaltsstoffe	Risikominimierung, Vermeidung von Emissionen
- Belastungen durch Emissionen gesundheits- und umweltschädigender Substanzen	Vermeidung von Emissionen
- Materialien, die im Brandfall ein besonders Risiko bilden	Risikominimierung
- Materialien, die Probleme in der Entsorgung verursachen	Abfallvermeidung, Vermeidung von Emissionen

+ ... Förderung (F) - ... Vermeidung (V)

2. MASSIVE WANDBAUSTOFFE

2.1 Überblick

(Massiv)wände dienen in erster Linie dem Raumabschluss. Zum Anforderungsprofil von Wänden zählen bestimmte Mindeststandards betreffend

- Wärmeschutz
- Schallschutz
- Feuchteschutz
- Brandschutz und
- ästhetische Komponenten.

Bei Außenwänden wird zwischen ein- und mehrschaligen Außenwänden unterschieden: Bei einschaligen Außenwänden werden sämtliche Funktionen durch einen einzigen Wandbaustoff übernommen. In der Regel kommen hier poröse oder porosierte Baustoffe zur Anwendung, wie z.B. Leichtbeton, Porenbeton und Ziegel, die mit Leichtmörtel verputzt werden. Einschalige Wandkonstruktionen aus hochentwickelten Mauersteinen erreichen bereits U-Werte unter $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Möglichkeit für sehr hohen Wärmeschutz bieten mehrschalige Wände. Bei mehrschaligen Wänden übernehmen die verschiedenen Schichten oder Schalen die einzelnen Funktionen. Das Mauerwerk erhält, abgesehen vom Skelettbau, die tragende Funktion. Durch unterschiedliche Anordnung der Bauteilschichten oder -elemente ergibt sich eine Vielzahl von Wandtypen. Der Schallschutz ist auch von der aufgetragenen Dämmung abhängig.

Wärmedämmverbundsysteme können z.B. zu einer Verschlechterung des Schallschutzes führen. Dies ist vor allem in der Sanierung zu bedenken.

Massive Wandbaustoffe bestehen aus mineralischen Rohstoffen wie Kalk, Kies, Sand und Ton. Die direkten Umweltwirkungen beim Abbau mineralischer Rohstoffe beschränken sich in der Regel auf lokale Beeinträchtigungen: Lärm- und Staubemissionen und Belastung der Anrainer durch LKW-Transporte. Der Energieeinsatz ist gering, energieaufwändiger sind die Aufbereitungsschritte, wie z.B. Mahlen, Brennen, Polieren oder Schleifen. Im Vordergrund bei der ökologischen Beurteilung der Rohstoffgewinnung stehen daher Fragen der Verfügbarkeit und des Naturschutzes. Der Eingriff in den Naturhaushalt soll so gering wie möglich gehalten werden. Dies bedeutet einen sparsamen Verbrauch von Flächen und eine möglichst vollständige Ausbeute der Rohstoffvorkommen, soweit nicht öffentliche Belange, wie jene der Wasserwirtschaft, der Land- und Forstwirtschaft oder des Naturschutzes und der Landschaftspflege dem entgegenstehen. Nassabbau sollte grundsätzlich nur im Ausnahmefall erfolgen.

In einer gemeinsamen Erklärung zur Rohstoffnutzung in Deutschland von Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU), Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. (BBS), Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE), Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt (IG BAU) im September 2004 wird unter anderem festgehalten:

- Rohstoffvorkommen sind standortgebunden und lassen sich naturgemäß nicht verlagern. Unbestritten ist jedoch die Tatsache, dass bei endlichen Ressourcen, wie den mineralischen Rohstoffvorkommen, der Vorrat im Laufe der Zeit auf jeden Fall kleiner wird. Nachhaltigkeit kann hierbei nur bedeuten, so schnell wie möglich alternative Lösungen zu erforschen und umzusetzen und die begrenzten Vorräte so schonend wie möglich zu nutzen. Der Rohstoffabbau muss daher auf eine möglichst langfristige Nutzung ausgerichtet werden. Die Standortgebundenheit der Mineralgewinnung und die Endlichkeit

der Rohstoffe sollten von allen Beteiligten bei eventuellen Nutzungskonflikten besonders berücksichtigt und beachtet werden.

- Eingriffe in die Natur durch Rohstoffabbau müssen nicht zwangsläufig zum Schaden für die Artenvielfalt sein. Oftmals ist es sogar der Fall, dass insbesondere Arten, die auf unbewachsene oder nur spärlich bewachsene Flächen oder auf Wasserflächen angewiesen sind, heute gerade auf Rohstoffabbauflächen vorkommen.
- Der Abbau von Rohstoffen greift nachhaltig in den Landschaftshaushalt ein und verändert diesen. Viele Eingriffe des Rohstoffabbaus in Wasserhaushalt, Boden, Vegetation und Tierwelt können zwar nicht kurzfristig, aber insbesondere beim Trockenabbau mittel- oder langfristig wieder ausgeglichen werden. Beim Nassabbau können Eingriffe in manche Schutzgüter teilweise nicht wieder rückgängig gemacht werden. Andererseits können gerade auch durch offene Wasserflächen hochwertige Biotope entstehen.
- Viele stillgelegte Abbaustätten weisen einen hohen Naturschutzwert auf. Ganz entscheidend für den Naturschutzwert ist vor allem die Art der Folgenutzung. Die Bedeutung mancher Baggerseen ist für den Arten- und Biotopschutz aufgrund einer intensiven Freizeitnutzung als gering einzustufen. Gleiches gilt für ehemalige Trockenabbauflächen. Andererseits können auch durch die Initiative der Betreiber höherwertigere Folgenutzungen im Sinne des Naturschutzes geschaffen werden. Zugleich gilt es zu bedenken, dass der Abbau selbst stets einen zeitlich begrenzten Eingriff in Natur und Landschaft darstellt.
- Der Renaturierung ist aus Sicht des Naturschutzes Vorrang einzuräumen. Im Falle einer land- oder forstwirtschaftlichen Rekultivierung sind besonders naturverträgliche Folgenutzungen anzustreben. Bei landwirtschaftlichen Rekultivierungen ist darauf zu achten, dass das Ertragspotenzial der Böden möglichst wieder hergestellt wird. Gleichzeitig sollte durch geeignete standortbezogene Maßnahmen (z. B. Hecken, Lesesteinhaufen, Streuobstwiesen) die Vielfalt der Landschaft wieder hergestellt oder verbessert werden.

Beim Bearbeiten der Baustoffe kann Staubbelastung auftreten. Während der Nutzung ist mit keiner gesundheitsschädlichen Freisetzung von Schadstoffen aus massiven Wandbaustoffen zu rechnen. Selten können massive Wandbaustoffe erhöhte radioaktive Eigenstrahlung aufweisen. Der Energiebedarf und die Umweltbelastungen der Herstellung sind vergleichsweise hoch. Die Beseitigung ist in der Regel problemlos auf Inertstoffdeponie möglich¹.

¹ Länderspezifische Übergangsregelungen sind zu beachten. Umsetzung in nationales Recht ist in Österreich und Deutschland in Vorbereitung.

2.2 Produktauswahl

Tabelle: Einstufung des IBO: Massivwände

	Massivwände	und	deren Alternativen	
	Einschalige Außenwände (LG 09)			
☹	Wandbaustoffe mit geringer Wärmedämmung		Leichtbeton Porenbeton (Gasbeton) Ziegel (hochporosierter Hochlochziegel)	☺ ☺ ☺
	Mehrschalige Außenwände, Trennwände (LG 09)			
☺	Betonschalungsstein mit Kernbeton		Hohlblocksteine mit Recyclingzuschlag	☺
☺	Hohlblockstein aus Kiesbeton ²		Holzspan-Mantelbetonstein	☺
☹	Ortbetonwand		Kalksandstein	☺☺
☹	Stahlbeton-Fertigteilwand		Lehmziegel	☺☺
			Leichtbeton	☺
			Porenbeton (Gasbeton)	☺
			Ziegel (Hochlochziegel)	☺
	Sichtmauerwerk (LG 09)			
☺	Klinker		Kalksandstein	☺☺
☹	Sichtbeton		Naturstein	☺☺

Gewerke

LG 09 Mauer- und Versetzarbeiten

2.3 Produktbeschreibung

Beton

Beton wird durch Mischen von Zementleim mit den Zuschlagsstoffen Kies und Sand und allfälliger Zusatzstoffen bzw. -mitteln erzeugt. Zur Gewährleistung ausreichender Dichtheit des Betons und des Korrosionsschutzes der Stahleinlagen sind Mindestwerte für den Zementgehalt bzw. höchstzulässige W/Z-Werte einzuhalten. Transportbeton ist Frischbeton, dessen Bestandteile in einem Transportbetonwerk gemischt und dann in Fahrzeugen zur Übergabestelle befördert wird. Ortbeton wird direkt im Baustoffbereich nach vorgegebenen Rezepturen aus den Bestandteilen hergestellt. Betonsteine werden in Betonwerken vorgefertigt und anschließend vermauert. Hohlblocksteine mit Recyclingzuschlag sind Normalbetonsteine, die Ziegel oder Betonbruch anstelle von Kies als Zuschlagsstoff enthalten.

Betone für den Hochbau können nach ihrer Rohdichte unterschieden werden in Leichtbeton (Rohdichte < 2000 kg/m³, siehe „Leichtbeton“) und Normalbeton mit einer Dichte von 2000 bis 2600 kg/m³. Durch Zugabe von Armierungsstahl zu Normalbeton erhält der Beton die Fähigkeit, Biegebeanspruchungen aufnehmen zu können (Stahlbeton).

² Für Spezialanforderungen wie z.B. hohe Tragfähigkeit, hoher Schallschutz, Frostsicherheit etc. geeignet.

Ökologische Baustoffwahl

- ☺ Hohlblocksteine mit hohem Anteil an Recyclingmaterial: Der reduzierte Bedarf an Primärrohstoffen bei gleichzeitig hochwertiger Wiederverwendung von Recyclingmaterial ist positiv zu bewerten. Ökologische Schwachstellen sind der hohe Energiebedarf und die Umweltbelastungen bei der Erzeugung des Vorprodukts Zement. Abbruchmaterial verwertbar als Füll- oder Zuschlagsmaterial; entsorgbar auf Baurestmassen- bzw. Massenabfalldeponien.
- ☺ Hohlblocksteine aus Kiesbeton (Normalbeton): ist durch umweltfreundlichere Alternativen z.B. Beton mit Recyclingsplitt als Zuschlag ersetzbar. Aus baubiologischer Sicht bietet Normalbeton Vorteile, wenn hohe speicherwirksame Massen benötigt werden.
- ☹ Stahlbeton-Fertigteilwand: Nachteilig ist der hohe Stahlanteil. Sanierungen sind ökologisch aufwendig.
- ☹ Ortbetonwand: siehe Stahlbeton-Fertigteilwand. Ortbetonwände müssen i.d.R. dicker als Stahlbeton-Fertigteilwände ausgeführt werden.

Leichtbeton

Leichtbeton ist Beton mit einer Rohdichte unter 2000 kg/m^3 . Die Verringerung der Rohdichte erfolgt durch:

- Zuschläge mit hoher Kornporigkeit wie Bims, Tuff, Blähton, Blähglas oder Blähschiefer
- Hohlkammern, Schlitze und Löcher im Stein,
- Porenbildung durch Zuschläge (nur große Körnung ohne Feinanteil).

Leichtbeton wird als tragender und nichttragender, bewehrter oder unbewehrter Wandbildner sowie als Fertigelementdecke eingesetzt.

- ☺ Gegenüber Normalbeton hat Leichtbeton den Vorteil geringerer Bauwerkslasten, höherer Wärmedämmung, besserer Bearbeitbarkeit und niedrigerem Dampfdiffusionswiderstand. Leichtbeton eignet sich besonders für den Einsatz von Recyclingmaterialien wie Ziegelsplitt, Recycling-EPS oder Blähglas als Zuschlag. Abbruchmaterial ist verwertbar als Füll- oder Zuschlagsmaterial.

Hohlblockstein mit Kiesbeton

siehe Beton

Hohlblocksteine mit Recyclingzuschlag

siehe Beton

Holzspan-Mantelsteine

Holzspan-Mantelsteine bestehen aus zementgebundenen Holzspänen. Die Holzspäne werden zum Großteil aus Altholz gewonnen. Für erhöhte Schallschutzanforderungen wird zusätzlich Sand zugegeben.

- ☺ Holzspan-Mantelsteine: sind wegen des Einsatzes nachwachsender Sekundärrohstoffe positiv zu beurteilen und besonders für den mehrgeschossigen Wohnbau geeignet. Ökologische Schwachstelle ist der relativ hohe Zementgehalt. Abbruch kann als Zuschlagstoff für Kellersteine oder ähnliche Anwendungen verwertet werden.

Kalksandstein

Kalksandsteine sind natürlich vorkommende oder unter Dampfhärtung hergestellte Mauersteine aus Quarzsand, gemahlenem Branntkalk und Wasser. Kalksandsteine werden als Mauersteine,

Vormauersteine und Verblender verwendet. Als Formate findet man alle gängigen Mauerstein-Formate. Kalksandsteine sind vergleichsweise schwer (Rohdichte: 1000 - 2200 kg/m³) und sehr gut schalldämmend. Sie eignen sich besonders für mehrschichtige Außenwandkonstruktionen mit besonders gutem Wärmeschutz. Kalksandsteine sind dampfdiffusionsoffen.

☺☺ Kalksandsteine sind Baustoffe mit einfacher Produktzusammensetzung und einfachem Herstellungsverfahren. Die Rohstoffe sind in ausreichender Menge vorhanden. Energiebedarf und Schadstoffemissionen bei der Herstellung sind vergleichsweise gering, Kalksandsteine zeigen gute Ergebnisse in Ökobilanzen. Während des Prozesses wird Kohlendioxid aus der Luft zum Abbinden aufgenommen. Produktionsabfälle können wieder in den Herstellungsprozess zurückgeführt werden. Während Herstellung und Verarbeitung treten keine gesundheitlichen Belastungen auf. Die Wirkung auf das Raumklima ist günstig. Kalksandsteine können gebrochen und wieder zu Kalksandsteinen verarbeitet werden. Die derart produzierten Steine haben ähnliche physikalische Eigenschaften wie Erstprodukte. Ansonsten ist gemahlener Kalksandsteinbruch als Zuschlagstoff für Betone geeignet.

☺☺ Kalksandsteine für Sichtmauerwerk

Klinker

siehe Ziegel

Lehmsteine

Lehmsteine sind zu Steinen oder Blöcken geformte Mischungen aus Lehm. Für Lehmsteine wird mittelfetter bis fetter Lehm eingesetzt. Je nachdem, ob und welche Zuschlagsstoffe zugegeben werden, entstehen Lehmsteine unterschiedlicher Qualitäten: schwere, gut wärmespeichernde Massivlehmsteine bis leichte wärmedämmende Leichtlehmsteine. Lehmsteine werden entweder mit Hilfe von Formen, in die der Lehm eingedrückt wird, oder maschinell mittels Handpressen hergestellt. In Deutschland, in der Schweiz und in den Niederlanden haben sich etwa fünfzehn ältere Ziegeleibetriebe auf die Produktion von Massiv-Lehmsteinen spezialisiert. In einer nicht-vakuumisierten Strangpresse gefertigte Stroh-Lehmsteine befinden sich im Standardformat 10 x 50 x 25 cm am Markt. In Österreich wurde im Rahmen des Projekts „Lehm konkret“ ein maschinell gefertigter Lehmstein, der für tragende Wände eingesetzt werden kann, entwickelt.

☺☺ Lehm ist ein lokal vorhandener Rohstoff für altbewährte naturbelassene Baustoffe. Als Zusatzstoffe kommen in der Regel ausschließlich nachwachsende Rohstoffe zur Anwendung. Die Erzeugung benötigt keinen energieintensiven Brennvorgang. Lehmsteine zeichnen sich durch hohe Kapillarleitfähigkeit aus, durch rasche Aufnahme und Abgabe von Wärme und Feuchte wirken sie feuchteregulierend. Abbruchlehm kann eingesumpft und wiederverwendet werden; die Beseitigung ist abhängig von der Höhe des organischen Anteils. Lehmstoffe, die nicht durch Beimengungen oder Oberflächenbehandlungen in ihren Eigenschaften verändert wurden, sind nicht als Abfall zu betrachten: Das Erdmaterial wird wieder Teil der Natur.

Naturstein

Naturstein ist die Sammelbezeichnung für alle Baustoffe, die ohne Bindemittel aus einem natürlichen Gestein hergestellt werden. Eigenschaften sind hohe Dichte, hohe Wärmeleitfähigkeit (kalte Oberfläche)

und hohe Wärmekapazität. Natursteine werden im deutschen Sprachraum nur noch selten für Außenmauerwerk verwendet.

- ☺☺ Naturstein: Die Energieaufwendungen für die Gewinnung sind gering, höhere Aufwendungen sind für Schleifen und Polieren. Aufgrund des hohen Gewichts und der damit verbundenen Umweltbelastungen beim Transport sollten vorzugsweise regionale Vorkommen genutzt werden. Manche Gesteine (z.B. Granit) können erhöhte Radioaktivität aufweisen (i.d.R. nicht relevant bei hinterlüftetem Sichtmauerwerk). Natursteine sind vielseitig verwertbar (Wiederverwendung, Zuschlagstoff, Schüttung).
- ☹ Naturstein, nicht regional verfügbar (Bewertung abhängig von Transportstrecke und –mittel)
- ☹☹ Naturstein, wenn durch den Abbau die Schutzziele von gesetzlich national oder international geschützten oder schützenswerten Gebieten beeinträchtigt werden, z.B. Natursteinabbau in tropischen Regenwälder, wenn keine Naturschutzmaßnahmen gesetzt werden.

Porenbeton

Porenbeton gehört wie Kalksandstein zu den hydrothermal gehärteten (dampfgehärteten) Baustoffen³. Die Herstellung erfolgt aus Quarzsand, ggf. Zusatzstoffen, Bindemittel, Treibmittel und Wasser (Beispielrezeptur: 67 M-% Quarzsand, 30 M-% Zement und/oder Kalk, 2 M-% Gips/Anhydrid, 0,1 M-% Aluminiumpulver oder –paste). Neben den Primärrohstoffen enthält die Mischung auch sortenreines Recyclingmaterial aus der Produktion oder von der Baustelle.

- ☺ Porenbetonsteine für einschaliges Außenmauerwerk (mind. 38 cm) mit Wärmeleitfähigkeit unter 14 W/mK: Porenbetonsteine werden in einem vergleichsweise emissions- und energiearmem Verfahren ohne Produktionsabfälle hergestellt und weisen gute Ökobilanzergebnisse auf. Umweltbelastungen stammen vorwiegend aus den Vorprodukten Zement und Branntkalk. Im Vordergrund der ökologischen Diskussion stehen der Einsatz von Aluminiumpulver sowie Risiken durch silikogene Stäube. Für das Aluminiumpulver wird üblicherweise hochwertiges Recyclingaluminium eingesetzt, das während der Reaktion in Tonerde umgesetzt und dadurch einem höherwertigen Stoffrecycling entzogen wird. Bei Umgang mit Aluminiumpulver besteht erhöhte Brand- und Explosionsgefahr. Das Aluminiumpulver kann in -pasten und -pellets so eingebunden werden, dass die Bildung eines explosiblen Aluminiumpulver-Luft-Gemisches nicht mehr stattfinden kann. Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die Atemluft an den Arbeitsplätzen möglichst frei von silikogenem Staub (Gefahr an Steinstaublunge oder Siliko-Tuberkulose zu erkranken) ist. Die Wiederverwertung von Porenbeton ist mehrfach im Kreislauf möglich. Abbruchmassen und Baustellenabfälle können im Porenbetonwerk wiederverwendet werden. Beträgt der Anteil an mineralischen Fremdstoffen, wie Putz- und Mörtelresten, im aufbereiteten Porenbeton max. 10 M-%, ist eine Zugabe bis zu 15 M-% der Trockenrezeptur möglich. Darüber hinaus kann Porenbetonbruch als Granulat für Schüttungen oder als Sekundärrohstoff für Öl- und Flüssigkeitsbinder, Hygienestreu, Abdeckmaterial, Ölbinder Klärschlammkonditionierung, etc. verarbeitet werden.

³ Weil er keine Zuschlagsstoffe enthält, gehört er trotz seines Namens nicht zu den Betonen. Dem Porenbeton ähnlich ist Schaumbeton, ein durch Schäumen oder Blähen porosierter Normalbeton.

Ökologische Baustoffwahl

- ☺ Porenbetonsteine als Außenwand mit zusätzlicher Wärmedämmung: Der Vorteil gegenüber einschaligem Wandaufbauten liegt in den erzielbaren niedrigen U-Werten, der Nachteil in der aufwändigen Trennung von Wandbildner und Dämmung bei der Entsorgung.
- ☺ Porenbetonsteine zur Reduktion von Wärmebrücken im Anschluss Wände/Kellerdecke und im Attikabereich

Sichtbeton

Im allgemeinen Sprachgebrauch werden mit Sichtbeton Betonflächen bezeichnet, deren Oberflächen sichtbar bleiben und an die hinsichtlich des Aussehens besondere Anforderungen gestellt werden. Eine verbindliche Definition im technischen oder rechtlichen Sinne durch die der Leistungsumfang eines in Sichtbeton zu erstellenden Bauwerks oder Bauteils näher bestimmt wird, gibt es aber nicht. Es muss also zwischen den Auftraggeber und Auftragnehmer eine Leistungsbeschreibung vereinbart werden, die nach objektiven messbaren Kriterien fixiert, was vom Auftragnehmer zu leisten ist und vom Auftraggeber abgenommen wird [Reichle 2003].

- ☹ Sichtbeton mit konstruktivem Witterungsschutz: Die Lebensdauer von Sichtbeton kann erheblich verlängert werden, wenn die Sichtbetonwand konstruktiv geschützt und die Überdeckungen für die Stahlbewehrung erhöht wird.
- ☹ Sichtbeton ohne konstruktiven Witterungsschutz: Für die Herstellung von Sichtbeton ist hoher Zementgehalt notwendig. Sichtbeton, welcher der direkten Bewitterung ausgesetzt ist, unterliegt der Carbonatisierung, die in der Folge durch Absenkung des pH-Werts zum Rosten des Armierungsstahl führen kann.

Stahlbeton

siehe Beton

Ziegel

Ziegel werden aus Ton, Lehm, Sand und Wasser hergestellt. Hochlochziegel sind gebrannte Tonziegel mit senkrecht zur Lagerfläche verlaufenden Lochkanälen. Hochlochziegel werden zur Verbesserung der Wärmedämmung mit Abfällen aus erneuerbaren Rohstoffen, Polystyrolabfällen, Frischpolystyrol oder bereits im Ton enthaltener Kohle porosiert. Werden tonige Massen über die Sintergrenze (1000°C) erhitzt, entstehen Ziegel mit geschlossenen Poren und glasiger Oberfläche, die Klinkerziegel.

- ☺ Hochlochziegel für einschaliges Außenmauerwerk (mind. 38 cm) mit Wärmeleitfähigkeit unter 0,14 W/mK (hochporosierter Hochlochziegel): Ziegel besitzen eine sehr einfache Zusammensetzung. Sie werden aus ausreichend und lokal vorhandenen Rohstoffreserven hergestellt. Vorteilhaft ist die Porosierung mit Abfällen aus erneuerbaren Rohstoffen oder bereits im Ton enthaltenen Bestandteilen. Ziegel zeigen sehr gutes raumklimatisches Verhalten. Für Ziegelschutt gibt es vielfältige Verwertungsmöglichkeiten: Er kann als Füllmaterial für Baugruben und als Zuschlagsstoff für Ziegelsplittbeton eingesetzt werden. Als Ziegelmehl kann er als Aufschüttmaterial für Tennis- u. Sportplätze oder als Substratersatz für Dachbegrünungen dienen.
- ☺ Hochlochziegel als Außenwand mit zusätzlicher Wärmedämmung: Der Vorteil gegenüber einschaligem Ziegelmauerwerk liegt in den erzielbaren niedrigen U-Werten, der Nachteil in der aufwändigen Trennung von Wandbildner und Dämmung bei der Entsorgung.

- ☺ Hochlochziegel für Innenwände
- ☹ Klinker sollten wegen des hohen Energiebedarfs für ihre Erzeugung nur für Sichtmauerwerk bzw. frostbeständiges Mauerwerk eingesetzt werden.
- ☹ Hochlochziegel für einschaliges Außenmauerwerk mit EPS-Wärmedämmputz: Der Wärmeschutz von Wärmedämmputzen ist schlechter als jener von Wärmedämmstoffen und das Trennen von EPS und mineralischen Rohstoffen ist wesentlich aufwändiger

3. PUTZE UND GIPSPLATTEN

3.1 Überblick

Putze werden aus Putzmörteln hergestellt. Putzmörtel bestehen aus Bindemitteln, Zuschlags- und Zusatzstoffen. Die Bezeichnung der Putze erfolgt nach dem Bindemittel. Mögliche Bindemittel sind Gips und Anhydrit, Kalk, Zement, Silikate, Kunstharze oder Lehm. Natürliche Sande sind die häufigsten Zuschlagsstoffe für Putze, an künstlichen Zuschlägen werden Hüttsande beigegeben. Kreide, Schiefermehl und Feinstsande als Zuschlagsstoffe werden als Füllstoffe bezeichnet. Leichtzuschläge wie Bims, Schaumlava, Hüttenbims, Blähton und Blähschiefer können die Wärmedämmfähigkeit von Putzen erhöhen. Blähperlite, Blähglimmer und expandiertes Polystyrol gelten als extrem leichte Zuschläge für Wärmedämmputze. Zunehmend werden kunststoffvergütete mineralische Putze eingesetzt: Die (kleineren) Kunststoffteilchen lagern sich zwischen den (größeren) Zement- oder Kalkteilchen an und beeinflussen so die Eigenschaften der Putze (z.B. können sie die Zähigkeit erhöhen, die Wasserundurchlässigkeit verbessern, die chemische Widerstandsfähigkeit steigern und zu einer besseren Haftung auf dem Untergrund beitragen). Die Zugabe von Kunstharzen wird in der Regel nicht deklariert und erfolgt z.B. in sehr vielen Werk trockenmörteln und nahezu allen Sonderputzen (Sanierputz, Dichtungsputz, Wärmedämmputz). Aus ökologischer Sicht sollte der Kunststoffanteil in Putzen so gering wie möglich sein. Zur Farbgebung werden zwischen 2 und 8 % des Bindemittelgehalts an Pigmenten zugegeben. Typische eingesetzte Pigmente sind Weiß: Titandioxid, Lichtgelb: Titan-Nickel-Antimonoxid, Gelb: Eisenoxidhydroxid, Barytgelb, Neapelgelb, Rot: Eisenoxide, Grün: Chrom(III)oxid, Chrom(III)oxidhydrat, Kobaltgrün, Ultramarin grün, Grüne Erde, Blau: Kobalt-Aluminium-Chromoxid, Ultramarinblau, Mangan-Blau, Violett: Ultramarin violett, Braun: Eisenoxidgemisch aus rot, gelb und schwarz, Grau: schiefergrau, Schwarz: Rußsuspensionen, Kohlenstoff, Eisen(II,III)oxid, Mangan-Schwarz.

Als Zusatzmittel gelangen zum Einsatz:

- Luftporenbildner (Naturharzseifen, Alkylarylsulfonate oder Polyglykolether, nur in Sonderfällen eingesetzt wie z.B. Sanierputz)
- Erstarrungsverzögerer (Phosphate, Carbonsäuren bzw. deren Salze, Sulfonate, Glukonate, Silikate, Borate und Kalilauge; bei zementgebundenen Putzen)
- Erstarrungsbeschleuniger (bei zementgebundenen Putzen; Karbonate, Aluminate, Silikate oder organische Stoffe auf Harnstoffbasis)
- Dichtungsmittel (hydrophobierende Wirkung haben DM auf Oleat- und Stearatbasis, DM mit Eiweißstoffen wirken porenverstopfend, silikatische Stoffe porenvermindernd)
- Verflüssiger (Ligninsulfonate oder Polymeren)
- Haftungsmittel (häufig Kunstharzdispersionen)

- Stabilisatoren (bei Werkmörteln)

Für die Zusatzmittel gilt, ebenso wie für die Kunstharze: möglichst geringer Einsatz.

Die meisten Putze bestehen im Wesentlichen aus mineralischen Rohstoffen. Während der Nutzung ist daher mit keiner gesundheitsschädlichen Freisetzung von Schadstoffen zu rechnen (Ausnahme möglich bei Kunstharzputzen). Selten können Putze erhöhte radioaktive Eigenstrahlung aufweisen.

Ein spezielles Problem der jüngeren Zeit ist Algenbefall auf Fassaden. Begünstigt wird Algenbefall primär über länger anhaltende Feuchtigkeit auf der Fassade. Algenbefall zerstört die Fassade nicht, der Befall ist aber ein ästhetisches Problem und die oftmals einhergehenden ansiedelnden Schimmelpilze können zu Strukturschädigungen führen, die sich durch regelmäßige Wartung verhindern lassen. Verbreitete Methode zur Bekämpfung von Algenbefall sind aus ökologischer Sicht fragwürdige Biozidanstriche oder die Zugabe eines Biozids zum Putzmörtel. Mit diesen Maßnahmen wird zwar eine vorbeugende und verzögernde Wirkung erreicht, ein dauerhaftes Ausbleiben von Algenbefall kann aber auch nicht gewährleistet werden: Damit der biozide Wirkstoff überhaupt wirken kann, muss er wasserlöslich sein. Die Folge: Regenbelastung baut gemeinsam mit dem UV-Licht des Sonnenlichts den Wirkstoff ab. Der beste und umweltfreundlichste Schutz vor Algenbefall auf der Fassade sind nach wie vor konstruktive Maßnahmen wie Dachüberstände, Verblechungen, Spritzwasserschutz, etc.

Für die Einstufung von Putzen und Gipsbauplatten wurden folgende Leitlinien herangezogen:

- Putze aus ausreichend verfügbaren Rohstoffen oder Recyclingmaterialien
- Keine unwiederbringliche Zerstörung von Naturräumen
- Vermeidung von Materialien mit problematischem Herstellungsprozess
- Keine Zugabe von umwelt- oder gesundheitsgefährdenden Zusatzstoffen
- Geringe Umwelt- oder Gesundheitsbelastungen bei der Herstellung
- Geringe Umwelt- oder Gesundheitsbelastungen während der Verarbeitung
- Geringe Umwelt- oder Gesundheitsbelastungen während der Nutzung
- Gute Entsorgbarkeit

3.2 Produktauswahl

Tabelle: Einstufung des IBO: Putze

	Gipsplatten und Putze	und	deren Alternativen	
	Trockenputze (LG 39)			
☺	Gipskartonplatten		Gipsfaserplatte	☺
☹	Gipskarton-/Gipsfaserplatte-Verbund		Alternative Wand- und Deckenverkleidungen siehe auch „Holz und Holzwerkstoffe“	

Tabelle: Einstufung des IBO: Putze, Fortsetzung

	Gipsplatten und Putze	und	deren Alternativen	
	Innenputze ⁴ (LG 10)			
☺	Gipskartonplatten		Gipsfaserplatten	☺
☺	Gipsputze (bis Feuchtebeanspr. W1)		Kalkputze 5	☺☺
☺	Kalkzementputze		Kalkzementputze, dampfdiffusionsoffen	☺
☺	Silikatputze		Lehmputze	☺☺
☹	Kunstharzputze			
☹☹	Kunstharzputze (lösungsmittelhaltig)			
	Fassadenputze (LG 10)			
☹☹	Kunstharzputze (lösungsmittelhaltig)		(Hochhydraulischer) Kalkputze	☺☺
☹	Kunstharz-Dispersionsputze		Kalkzementputze	☺
☺	Silikonharzputze		Silikatputze	☺
☺	Zementputze		Zementputze im Sockelbereich	☺
	Oberputze für Wärmedämmverbundsysteme (LG 44)			
☹	Kunstharz-Dünnputze		Kalkzement-Dickputze	☺☺
☺	Silikonharz-Dünnputze		Kalkzement-Dünnputze	☺
			Silikat-Dünnputze	☺
	Wärmedämmputze (LG 10)			
☹	Wärmedämmputze mit EPS-Zuschlag		Wärmedämmputze mit Perlitezuschlag	☺

Gewerke

LG 10 – Putzarbeiten

LG 39 - Trockenbauarbeiten

LG 44 - Wärmedämmverbundsysteme

3.3 Produktbeschreibung

Gipsfaserplatten

Gipsfaserplatten sind Bauplatten aus Gips-Zellulosefaser-Mischung. Zum Schutz vor Feuchte werden die Platten hydrophobiert. Als Gips wird je nach Verfügbarkeit Natur- oder REA-Gips⁶ eingesetzt.

Gipsfaserplatten werden für Trockenestriche, Wand- und Deckenverkleidungen auf Unterkonstruktion („Montagewände“) oder als Trockenputze zum unmittelbaren Befestigen an die Wände verwendet. Mit Gipsfaserplatten kann der Innenausbau von Gebäuden rasch durchgeführt werden, da Wartezeiten zur Austrocknung wie bei anderen Putzen entfallen.

- ☺ Gipsfaserplatten aus REA-Gips: Der Einsatz von REA-Gips oder Chemiegips schont natürliche Ressourcen und verhindert die Deponierung eines hochwertigen Materials. Je nach

4 einschließlich privat genutzter Küchen und Bäder

5 bei der Anforderung nach erhöhter Abriebfestigkeit, wie z.B. in Treppenhäusern und Fluren öffentlicher Gebäude sind nur hochhydraulische Kalkmörtel geeignet

6 Recyclinggips aus Rauchgas-Entschwefelungs-Anlagen von Großfeuerungsanlagen (meist Kohlekraftwerke)

Ausgangsmaterial sollte eine regelmäßige Kontrolle auf möglichen Schadstoffeintrag erfolgen. REA- oder Chemiegipse, die heute im Baubereich eingesetzt werden, weisen i.d.R. aber hohe Reinheit auf. Gipsfaserplatten haben einen hohen Anteil an Altpapier. Durch die höhere Rohdichte können Gipsfaserplatten gegenüber Gipskartonplatten in dünnerer Ausführung eingesetzt werden, um die gleichen bauphysikalischen Eigenschaften zu erreichen. Gips ist nicht gesundheitsschädlich. Bei der Verarbeitung sind die üblichen Staubschutzmaßnahmen zu treffen. Gebrauchte Gipsfaserplatten könnten in der Gipsfaserplatten-Produktion verwertet werden, in der Praxis steht dieser hochwertigen Verwertung allerdings die fehlende Logistik zur Rückführung der Platten in das Werk entgegen. Die Beseitigung von Gipsfaserplatten ist aufgrund der Sulfatauswaschung nicht ganz unproblematisch, sie sollten daher auf Deponien mit Sickerwasserkontrolle abgelagert werden.

- ⊖ Gipsfaserplatten aus Naturgips, wenn keine Naturschutzkonflikte vorliegen (siehe nächster Punkt) und kein hochwertiger REA-Gips innerhalb einer ökologisch verträglichen Transportweite verfügbar ist: REA-Gips ist in Ländern wie in Österreich, die über zu wenige Großfeuerungsanlagen mit geeigneter Filtertechnik verfügen, praktisch nicht verfügbar, Naturgipsvorkommen sind noch vorhanden.
- ⊖⊖ Gipsfaserplatten aus Naturgips, wenn durch den Abbau von Naturgips die Schutzziele von gesetzlich national oder international geschützten oder schützenswerten Gebieten beeinträchtigt werden. Von Naturschützern wird in Zusammenhang mit Naturgips vor allem die unwiederbringliche Zerstörung sehr seltener Gipskarstlandschaften wie z.B. im Südharz hervorgehoben. Die Beregnung und die Erosion offener Bergbaue führen zudem zu einer Erhöhung der Sulfathärte in den Sickerwässern des Bergwerkes. Der vom Regen abgeschwemmte Gips kann die Flora im Einzugsbereich der Abflusswässer beeinträchtigen, da Gips ein für die meisten Pflanzen problematischer Bodenbestandteil ist. Umgekehrt können sich durch diese speziellen Rahmenbedingungen bestimmte Pflanzen gerade auf Gipslagerstätten ansiedeln.
- ⊖ Gipsfaserplatten im Verbund mit Dämmstoffen wie EPS-, Mineralwolle- oder Polyurethan-Hartschaum-Dämmplatten. Die Verbundplatten sind problematisch in der Entsorgung (schlecht verwertbar, nur als Verunreinigung von Baurestmassen oder in Kombination mit Mineralwolleplatten deponierbar).

Gipskartonplatten

Gipskartonplatten sind Bauplatten aus Gips, deren Flächen und Längskanten mit einem festhaftenden Karton versehen sind. Zusätze sind Leim zum Verkleben von Gips und Karton und der Vorder- und Rückseiten des Kartons sowie technische Zusätze zur Verbesserung der Verarbeitungseigenschaften. Feuchtraumplatten enthalten zusätzlich eine Imprägnierung auf Silikon- oder Wachsbasis, Feuerschutzplatten eine Glasfaserarmierung. Gipskartonplatten werden für Trockenestriche, Wand- und Deckenverkleidungen auf Unterkonstruktion („Montagewände“) oder als Trockenputze zum unmittelbaren Befestigen an die Wände verwendet. Mit Gipskartonplatten kann der Innenausbau von Gebäuden rasch durchgeführt werden, da Wartezeiten zur Austrocknung wie bei anderen Putzen entfallen.

- ⊖ Gipskartonplatten aus REA-Gips: Anmerkungen zu REA-Gips siehe Gipsfaserplatte. Der Karton besteht gewöhnlich aus Kraftpapier aus der Altpapierverwertung. Bei der Verarbeitung sind die üblichen Staubschutzmaßnahmen zu treffen. Der ökologische Schwachpunkt liegt in der schlechten

Recyclierbarkeit: Für gebrauchte Gipskartonplatten gibt es noch kein funktionierendes Verwertungskonzept. Die Beseitigung von Gipskartonplatten ist aufgrund der Sulfatauswaschung nicht ganz unproblematisch, sie sollten daher auf Deponien mit Sickerwasserkontrolle abgelagert werden.

- ⊖ Gipskartonplatten aus Naturgips, wenn keine Naturschutzkonflikte vorliegen und kein hochwertiger REA-Gips innerhalb einer ökologisch verträglichen Transportweite verfügbar ist: siehe Gipsfaserplatten
- ⊖⊖ Gipskartonplatten aus Naturgips, wenn durch den Abbau von Naturgips die Schutzziele von gesetzlich national oder international geschützten oder schützenswerten Gebieten beeinträchtigt werden: siehe Gipsfaserplatten
- ⊖ Gipskartonplatten im Verbund mit Dämmstoffen wie EPS-Dämmplatten, Mineralwolle-Dämmstoffen oder Polyurethan-Hartschaum. Die Verbundplatten sind problematisch in der Entsorgung (schlecht verwertbar, nur als Verunreinigung von Baurestmassen oder in Kombination mit Mineralwolleplatten deponierbar).

Gipsputze

Gipsmörtel bestehen überwiegend aus Naturgips, der Einsatz von REA-Gips ist noch nicht üblich. Als Füllstoffe werden z.B. Sande und geblähte Perlite eingesetzt, als Verzögerungsmittel kann Kalk beigegeben werden. Gipsputze enthalten üblicherweise Zusätze zur Verbesserung der technischen Eigenschaften. Gipskalkmörtel bestehen aus einem Teil Gips, einem Teil Kalk und drei bis vier Teilen Sand. Bei Glättputzen (Putze mit überwiegendem Gipsanteil) können Ausbesserungsarbeiten bei baustellenüblichen Beschädigungen der Oberfläche optisch unauffälliger vorgenommen werden als bei Reibputzen (Putze mit höherem Kalkhydratanteil).

- ⊖ Gipsputze aus REA-Gips oder aus „nachhaltigem“ Naturgips bis Feuchtebeanspruchung W1: Anmerkungen zu REA- und Naturgips siehe Gipsfaserplatte. Gips ist nicht gesundheitsschädlich. Bei der Verarbeitung sind die üblichen Staubschutzmaßnahmen zu treffen. Ökologische Schwachstelle von Gips ist die schlechte Entsorgbarkeit. In Aufbereitungsanlagen verwerteter Gips stellt nur rund 1 % des Gipsverbrauches dar. Der Gipsverbrauch im Bauwesen steigt zur Zeit stark an. Eine Erhöhung des Gipsanteils in Baurestmassen ist aber mit einer Einschränkung der Recyclingmöglichkeiten von Baurestmassen verbunden, da Sulfate im Zuschlag die Betonqualität beeinflussen. Für die Zukunft muss es Konzepte geben, die langfristige mehrfache Verwertung von Baurestmassen nicht durch die Aufkonzentrierung von Gips zu gefährden [Zwiener 2006]. Darüber hinaus ist die Beseitigung von Gipsprodukten aufgrund der Sulfatauswaschung nicht unproblematisch, sie sollten daher auf Deponien mit Sickerwasserkontrolle abgelagert werden.
- ⊖ Gipsputze aus Naturgips, wenn durch den Abbau von Naturgips die Schutzziele von gesetzlich national oder international geschützten oder schützenswerten Gebieten beeinträchtigt werden: siehe Gipsfaserplatten.

Kalkputze

Kalkputzmörtel enthalten entweder abgelöschte, pulverförmige Kalkhydrate (Luftkalkmörtel) oder gemahlene hydraulische und hochhydraulische Kalke (z.B. Trasskalkmörtel) als Bindemittel. Hydraulische Kalkmörtel sind widerstandsfähiger gegen Feuchtigkeit und haben höhere Festigkeiten. Zur Verbesserung

der technischen Eigenschaften werden Kalkputzen üblicherweise Zusätze zugegeben. Kalkputze sind im Allgemeinen weniger abriebfest als Kalkzementputze oder Gipsputze und nicht so rissicher eingestuft wie zementhaltige Putze, aufgetretene Risse sind aber unproblematischer, da eindringendes Wasser rasch wieder ausdiffundieren kann. Trasskalkmörtel ist auch im Außenbereich einsetzbar und wird häufig bei der Sanierung alter Häuser verwendet.

- ☺☺ Innenputzmörtel auf Kalkbasis: sind Produkte mit einfacher Produktzusammensetzung aus ausreichend lokal verfügbaren Rohstoffen. Kalkputze besitzen eine hohe Sorptionsfähigkeit und Dampfdurchlässigkeit. Zumindest in den ersten Monaten während der Erhärtung hemmt Kalkputz die Schimmelbildung und bindet saure Luftschadstoffe. Die Rohstoffe sind weit verbreitet und in ausreichender Menge vorhanden. Kalkputze können problemlos auf Inertstoffdeponien abgelagert werden und behindern die stoffliche Verwertung des Wandbildners nicht grundsätzlich.
- ☺☺ Fassadenputze aus hochhydraulischen Kalkputzmörteln (wie z.B. Trasskalkmörtel): Trass ist gemahlenes vulkanisches Auswurfgestein, das vor allem aus reaktionsfähiger Tonerde (Aluminiumoxid) und Kieselsäure (Siliciumdioxid) besteht. Fein gemahlener Trass kann gemeinsam mit einem Anreger, z.B. Kalkhydrat, hydraulisch (zementartig) abzubinden. Trasskalk eignet sich auch sehr gut zum Verputzen oder zum Verfugen von Verblendern aus Naturstein oder Ziegel.

Kalkzementputze

Kalkzementmörtel enthalten Kalk und Zement als Bindemittel. Sie können als Innen- und Außenputze eingesetzt werden.

- ☺ Dampfdiffusionsoffene Innenputze aus Kalkzementputzmörtel: Dampfdiffusionsoffene Innenputze (Richtwert $\mu < 15$) wirken positiv auf das Raumklima. Sie können auch bei erhöhter Feuchtebelastung eingesetzt werden. Beim Umgang mit zementbasierenden Mörteln müssen aufgrund der Alkalität und der mechanischen Reibwirkung Schutzmaßnahmen getroffen werden (feuchtigkeitsdichte Handschuhe, Hautschutzmaßnahmen). Da die Reduktionsmittel zur Herabsetzung des Chromatgehalts im Zement begrenzte Wirkungsdauer haben, ist das Verfalldatum unbedingt zu beachten.
- ☺ Kalkzementputze im Außenbereich: Im Außenbereich sind Kalkzementputze eine mineralische Alternative zu Kunstharz- und Silikonharzputzen

Kunstharzputze

Kunstharzputze sind mit Kunstharzen gebunden, meist in Form einer Polymerdispersion, die anderen Komponenten sind die gleichen wie bei mineralischen Mörteln. Der Bindemittelgehalt liegt zwischen mindestens 4,5 M.-% (Innenputze) und mindestens 8 M.-% (Außenputze), kann aber auch deutlich höher liegen (Mindestangaben nach DIN 18558). Als Zusatzstoffe enthalten Kunstharzputze Filmbildner, Entschäumer, Verdickungsmittel, eventuell Fungizide, Konservierungsstoffe und Wasser oder Lösungsmittel zur Einstellung der Verarbeitungskonsistenz.

- ☹☹ Kunstharzputze auf Lösungsmittelbasis: Sie werden meist für Spezialanwendungen wie z.B. dekorative Sockelputze oder Innenputze eingesetzt, da sie Zuschläge aus farbigen Natursteinen und als Bindemittel ein transparentes, durchsichtiges Kunstharz enthalten. Kunstharzputze auf Lösungsmittelbasis sollten wegen der problematischen Inhaltsstoffe weder im Innen- noch im Außenbereich eingesetzt werden. Emissionsmessungen der Bundesanstalt für Materialprüfung an

Kunstharzputzen in Prüfkammern zeigten z.T. langanhaltende VOC-Emissionen auf sehr hohem Niveau [Zwiener 2006].

- ☹ Kunstharz-Dispersionsputze: Kunstharzputze bestehen aus problematischen Inhaltstoffen, sind im Gegensatz zu mineralischen Putzen brennbar (B1 gemäß ÖNORM B 3800) und verschmutzen schneller als mineralische Putze. In der Regel werden Kunstharzputze in pastöser Form verarbeitungsfertig im Handel angeboten, dadurch ist ein Topfkonservierungsmittel nötig. Es sollten die ausreichend vorhandenen umweltfreundlicheren Alternativen eingesetzt werden.

Lehmputze

Lehmputze werden aus Putzmörteln gefertigt, deren Bindung auf dem im Lehm enthaltenen Ton beruht. Lehm ist fast überall in ausreichender Menge vorhanden, allerdings selten in der geeigneten Konsistenz. Lehm wird daher – und dies geschieht in allen traditionellen Techniken – durch Zuschlagsstoffe für den jeweiligen Einsatz optimiert. Fetter Lehm wird durch Sandzuschläge gemagert. Für bessere Biegezugfestigkeit und die geringere Rissbildungsgefahr stehen eine Vielfalt von Bewehrungsmitteln zur Verfügung: Stroh, Flachs, Haare, Hanf etc. Lehmputz kann ohne weiteren Anstrich belassen werden, ist dann allerdings nicht abriebfest. Bei stärkerer Beanspruchung bzw. zur Farbgebung können Sumpfkalk (nicht völlig abriebfest), Kaseinfarben (waschfest) oder Leimfarben (wischfest) verwendet werden. In Feuchträumen kann Mineralfarbe ohne Kunststoffzusätze eingesetzt werden. Dispersionen auf Harzbasis sind für Lehmputze nicht zu empfehlen. Lehmverbundputze enthalten weitere Bindemittel außer Lehm (z.B. Kalk, Zement, Gips, Methylzellulose, Kunstharze).

- ☺☺ Lehmputze werden unter äußerst geringen Umweltbelastungen hergestellt. Lehm ist regional verfügbar und ausreichend vorhanden, die Zusätze bestehen aus nachwachsenden Rohstoffen. Lehmputze haben eine hohe Kapillarleitfähigkeit und sorgen für ein gesundes Raumklima. Sie verursachen keine Probleme in der Entsorgung und können als einzige Putzart wieder als Putz verwertet werden: abspachteln, mit Wasser anrühren und wiederverwenden.
- ☹ Lehmverbundputze: Durch die zusätzlichen Bindemittel werden die Eigenschaften des ursprünglichen Lehmputzes verändert. Wenn die spezifische Wirkung der Zugabe eines weiteren Bindemittels nicht explizit gewünscht wird, sollten daher reine Lehmputze ausgeschrieben werden.

Silikatputze

Das Bindemittel der Silikatputze ist Kaliwasserglas mit einem Kunstharzdispersionszusatz von ca. 5% (meist Acrylate).

- ☹ Silikatputze als Innenputz: Silikatputze haben bessere raumklimatische Eigenschaften als Kunstharzputze (bessere kapillare Leitfähigkeit, höhere Dampfdurchlässigkeit, nicht brennbar), werden aber im Innenbereich wegen des hohen Kunststoffgehalts und den vorhandenen umweltfreundlichen Alternativen nicht grundsätzlich empfohlen. Für manche Anwendungsbereiche können sie aber eine interessante Alternative sein (z.B. als Akustikputz).
- ☺ Silikatputze im Außenbereich sind als witterungsbeständige, dampfdurchlässige Oberputze auf mineralischem Unterputz eine Alternative zu Kunstharzputzen.

Silikonharzputze

Silikonharzputze nehmen eine Brückenfunktion zwischen den organischen und den mineralischen Putzen ein.

- ☹ Silikonharzputz im Außenbereich (als Fassadenputz oder Oberputz in Wärmedämmverbundsystemen): Die Herstellung von Silikonharzen ist ein umweltbelastender Prozess, bei dem halogenierte Kohlenwasserstoffe zum Einsatz kommen. Toxikologisch sind Silikonharze als unproblematisch einzustufen. Silikonharzputze sind wasserdampfdurchlässig, aber auch wasserabweisend und resistent gegen Luftschadstoffe. Der Gehalt an Silikonharzen im Putz ist relativ gering.
- ☹ Silikonharzputze im Innenbereich: Es sind umweltfreundlichere Alternativen verfügbar.

Wärmedämmputze

Wärmedämmputze sind mineralische Putze mit Leichtzuschlag aus EPS-Kügelchen oder Blähperlite zur Verbesserung der Wärmedämmung. Bei der innenseitigen Anwendung von Wärmedämmputzen, die hier nicht behandelt wird, sind die bauphysikalischen Rahmenbedingungen ebenso wie bei der innenseitiger Anbringung von Wärmedämmstoffen genau zu prüfen.

- ☹ Wärmedämmputz mit Blähperlite-Zuschlag und mineralischem Bindemittel: Der Putz hat eine rein mineralische Zusammensetzung, kann auf Inertstoffdeponien entsorgt werden und behindert die stoffliche Verwertbarkeit des Wandbildners nicht grundsätzlich. Wärmedämmputze sind allerdings keine gleichwertige Alternative zu Fassadendämmungen. Ihr Einsatz sollte auf Anwendungsfälle in monolithischer Bauweise beschränkt werden, wo durch den Einsatz von Wärmedämmputzen Niedrigstenergiehausstandard erreicht werden kann. Der Dämmwert von Wärmedämmputzen mit Blähperlite-Zuschlag ist in der Regel schlechter als jener von Putzen mit EPS-Zuschlag.
- ☹ Wärmedämmputze mit EPS-Zuschlag: Für Wärmedämmputze wird üblicherweise sortenreines, sauberes EPS aus Verpackungsabfällen verwendet. Das Downcycling von diesen hochwertig verwertbaren EPS-Abfällen als Zuschlag in Wärmedämmputzen ist keine notwendige Verwertungsschiene. EPS und mineralische Bestandteile sind bei der Entsorgung nicht mehr trennbar. Es sind umweltfreundliche Alternativen vorhanden.
- ☹ Wärmedämmputz mit EPS-Zuschlag aus mineralisch verunreinigten EPS-Abfällen (z.B. aus Wärmedämmverbundsystemen)

Zementputze

Die Hauptbestandteile des Zementmörtels sind Sand und Zement. Durch Zugabe von Kalkhydrat werden sie besser verarbeitbar. Zementputze werden in der Regel nur dort verwendet, wo eine große Widerstandsfähigkeit gegenüber Feuchtigkeit gefordert wird (z.B. im Sockelbereich, allerdings nicht bei aufsteigender Feuchtigkeit).

- ☹ Zementmörtel: Ökologische Schwachstellen im Vergleich zu anderen Putzen sind der hohe Energiebedarf und die hohe Umweltbelastung bei der Herstellung des Vorprodukts Zement. Umweltfreundlichere Alternativen sind vorhanden.
- ☹ Zementmörtel im Sockelbereich: Es sind keine umweltfreundlicheren Alternativen vorhanden.

4. DÄMMSTOFFE

4.1 Überblick

Beinahe 40% der österreichischen Nutzenergie werden für die Bereitstellung von Raumheizung und Warmwasser benötigt. Noch immer werden dafür fossile Brennstoffe eingesetzt, deren Förderung, Aufbereitung und Verbrennung mit beträchtlichen Umweltbelastungen und Risiken verbunden sind. Durch den Einsatz von Dämmstoffen werden der Heizaufwand und alle damit verbundenen Belastungen drastisch reduziert. In Ökobilanzen konnte nachgewiesen werden, dass bei fast allen Dämmstoffen das ökologische Optimum bei Dämmstärken von 20 - 40 cm liegt. Dämmstoffe können daher als „umweltfreundlich“ bezeichnet werden. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung und unter Berücksichtigung, dass viele Schadwirkungen wie z.B. eine mögliche Belastung der Raumluft oder Naturschutz bei der Produktion durch Ökobilanzen nicht erfasst werden, sind bei der Dämmstoffauswahl aber ebenso ökologische Kriterien anzuwenden wie bei allen anderen Baumaterialien.

Dämmstoffe bestehen aus so unterschiedlichen Rohstoffen wie Glas, Gesteinen, Pflanzenfasern, Schafwolle, Erdöl oder Holz. Sie werden als Flocken, Matten, Schüttungen oder Platten angeboten. In den meisten Fällen enthalten sie Zusatzstoffe wie Bindemittel, Flammschutzmittel, Hydrophobierungsmittel, Armierung oder Biozide.

Aus ökologischer Sicht besonders relevant sind Flammschutzmittel in Dämmstoffen. Die in Dämmstoffen verwendeten Flammschutzmittel werden gemäß Umweltbundesamt (UBA-Texte 25/01)

Flammschutzmittel wie folgt bewertet [Zwiener 2006]:

Stoff	Dämmstoffe	Gruppe	Empfehlung
Hexabromcyclododecan	EPS, XPS, PU	III	problematische Eigenschaften, Minderung sinnvoll
Natriumboratdecahydrat (Borax)	Hanf, Flachs, Zellulose		
Antimontrioxid	EPS, XPS, PU		
Ammoniumpolyphosphat	Hanf, Flachs, Zellulose	V	Anwendung unproblematisch

Für die Einstufung von Dämmstoffen wurden folgende Leitlinien herangezogen:

- Dämmstoffe aus erneuerbaren Rohstoffen oder Recyclingmaterialien oder ausreichend verfügbaren Rohstoffen
- Regional verfügbare Rohstoffe
- Keine unwiederbringliche Zerstörung von Naturräumen oder die Bedrohung einer Art
- Keine Zugabe von umwelt- oder gesundheitsgefährdenden Zusatzstoffen
- Geringes Störfallrisiko bei der Herstellung
- Gute Ökobilanzergebnisse
- Geringe Umwelt- oder Gesundheitsbelastungen während der Verarbeitung
- Geringe Umwelt- oder Gesundheitsbelastungen während der Nutzung
- Keine Materialien, die im Brandfall ein besonders Risiko bilden
- Gute Entsorgbarkeit

Außerdem ist natürliche eine gute Wärmedämmung zur Funktionserfüllung erforderlich. Die Einhaltung technischer Anforderungen (technische Zulassung, Anforderungen der Bauordnung, etc.) wird vorausgesetzt.

4.2. Produktauswahl

Tabelle: Einstufung: Dämmstoffe

	Dämmstoffe	und	deren Alternativen	
	Bodendämmung, Perimeterdämmung und Sockeldämmung (LG 12)			
☹☹	XPS-Platten, HFKW-geschäumt		EPS-Automatenplatten, HFKW-frei Schaumglasgranulat-Schüttung Schaumglas-Platten, lose verlegt Schaumglas-Platten, mit Bitumen verklebt XPS-Platten, HFKW-frei	☺ ☺ ☺ ☹ ☹
	Umkehrdachdämmung (LG 21)			
☹☹	XPS-Platten, HFKW-geschäumt		EPS-Automatenplatten, HFKW-frei XPS-Platten, HFKW-frei andere Konstruktion ⁷	☺ ☹
	Flachdachdämmung (LG 21)			
☺ ☺ ☹☹ ☹ ☺ ☹☹	EPS-Platten (EPS W) Mineralwolle-Dämmplatten (MW-WD) Polyurethanplatten, mit Alu-Folie kaschiert oder HFKW-geschäumt Polyurethanplatten, sonst XPS-Platten, HFKW-frei XPS-Platten, HFKW-geschäumt oder mit Metallfolien kaschiert		Holzfasen-Dämmplatten Korkdämmplatten Schaumglasplatten, lose verlegt Schaumglasplatten, mit Bitumen verklebt	☺ ☺ ☺ ☹
	Aufsparrendämmung (LG 21)			
☺ ☺ ☹☹ ☹	EPS-Platten (EPS W) Mineralwolle-Dämmplatten (MW-WD) Polyurethanplatten, mit Alu-Folie kaschiert oder HFKW-geschäumt Polyurethanplatten		Holzfasen-Dämmplatten	☺☺
	Wärmedämmverbundsystem (WDVS) (LG 44)			
☺ ☺ ☹	EPS-Platten (EPS F) Mineralwolle-Dämmplatten (MW-PT) bei Anforderungen an Brandschutz oder Diffusionsfähigkeit Mineralwolle-Dämmplatten (MW-PT) sonst		Hanfdämmstoffe Holzfasen-Dämmplatten Korkdämmplatten Mineralschaumplatten andere Konstruktion ⁸	☺ ☺ ☺ ☺
	Hinterlüftete Fassade (LG 33, LG 36)			
☺	Mineralwolle-Dämmplatten (MW-WF)		Flachsdämmstoffe Hanfdämmstoffe Holzfasen-Dämmplatten Schafwolle-Dämmstoffe Zellulosefaserplatten	☺ ☺ ☺ ☺ ☺

⁷ z.B. Warmdach oder Duodach siehe Flachdachdämmung

⁸ z.B. hinterlüftete Fassade

Wärmedämmung zwischen Latten und Sparren (LG 36)				
☹	EPS-Platten (EPS W)		Flachdämmstoffe	☺
☹	Mineralwolle- Dämmplatten/filze (MW-W)		Hanf dämmstoffe	☺
			Holz faser-Dämmplatten	☺
			Schafwolle-Dämmstoffe	☺
			Zellulosefaserflocken	☺
			Zellulosefaserplatten	☺
Dämmschicht in Ständerwänden und Vorsatzschalen (LG 39),				
☹	Mineralwolle-Dämmplatten/filze (MW-W)		Schafwolle-Dämmstoffe	☺
Wärmedämmende Wandverkleidung, Trockenestriche (LG 39),				
☹	Gipsplatte – Dämmstoff – Verbund		andere Lösung z.B. mit Vorsatzschalen oder mit Unterkonstruktion oder Distanzfüßen	
☹	Gipsplatte – Mineralwolle – Verbund			
☹☹	Gipsplatte - EPS/PU – Verbund			
Trittschalldämmung unter Estrich (LG 11)				
☹	EPS-Platten (EPS T)		Holz faser-Dämmplatten	☺
☹	Mineralwolle-Dämmstoffe (MW-T) luftdicht verlegt und bei höchsten Anforderungen im Holzbau		Korkdämmplatten	☺
☹	Mineralwolle-Dämmstoffe (MW-T)			
☹	Polyurethanplatten			
☹☹	Polyurethanplatten, mit Alu-Folie kaschiert oder HFKW-geschäumt			
Wärmedämmung unter Estrich (LG 11) ⁹				
☹	EPS-Platten (EPS W)		Blähton	☺
☹	Mineralwolle-Dämmstoffe (MW-T) luftdicht verlegt		Bläherlite	☺
☹	Polyurethanplatten		Korkdämmplatten	☺
☹☹	Polyurethanplatten, mit Alu-Folie kaschiert oder HFKW-geschäumt		Schaumglasplatten bei erhöhten technischen Anforderungen	☺
☹☹	XPS-Dämmplatten, CO ₂ -geschäumt			
☹	XPS-Dämmplatten, HFKW-geschäumt			
Wärmedämmung für Heizung, Lüftung, Sanitär (LG 82)				
☹	Mineralwolle-Dämmung		Schafwolle-Dämmung	☺
☹	Mineralwolle-Dämmung, wenn aus Brandschutzgründen gefordert			
☹	Polyurethan-Dämmung			

Gewerke

LG 11 – Estricharbeiten: Wärme- und Trittschalldämmung unter Estrich

LG 12 – Abdichtungen: Perimeterdämmung und Sockeldämmung

LG 21 – Schwarzdeckerarbeiten: Umkehrdachdämmung, Flachdachdämmung

LG 33 – Vorgehängte Fassaden: Dämmstoffe in hinterlüfteter Fassade

LG 36 – Zimmermeisterarbeiten: Dämmstoffe zwischen Sparren und Latten, in hinterlüfteten Fassaden

9 In der LG 11 werden Holzwolle-Leichtbauplatten als „Wärmedämmplatten“ unter Estrich geführt. Diese Ansicht können die Autoren aufgrund des geringen Dämmwerts von Holzwolle-Leichtbauplatten nicht teilen. Holzwolle-Leichtbauplatten sind daher ausschließlich im Kap. Holz und Holzwerkstoffe angeführt.

LG 39 – Trockenbauarbeiten: Dämmstoff in Ständerwänden, Wärmedämmende Wandverkleidungen

LG 44 – Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme : Dämmstoffe in Wärmedämmverbundsystemen

LG 82 – Wärme- und Kaltdämmung

4.3. Produktbeschreibung

Blähperlite

Perlite sind wasserhältige, vulkanische Gläser, die durch rasches Erhitzen expandiert werden können. Die Blähperlite werden je nach Herstellungsverfahren mit Silikonen und Harzen hydrophobiert. Zur Gewichtserhöhung kann Bitumen zugegeben werden.

- ☺ Blähperlite mit geringem Anteil an organischen Zusatzstoffen und Wärmeleitfähigkeit WLG 045 oder besser: Perlit ist ein Vulkangestein, das als ausreichend vorhanden gilt. Blähperlit besitzt eine einfache Materialzusammensetzung, Zusatzstoffe sind nur in geringstem Ausmaß notwendig. Bei der Verarbeitung ist auf Staubschutz zu achten. Im Brandfall werden keine Schadstoffe abgegeben. Blähperlite lassen sich nach Abbruch ausgezeichnet verwerten und problemlos auf Inertstoffdeponien ablagern¹⁰. Energiebedarf und Emissionen des Expansionsverfahrens variieren stark nach Standard des Herstellerwerks, ebenso wie die Wärmedämmfähigkeit.
- ☹ Blähperlite, bituminiert: Durch die Zugabe von Bitumen geht der Vorteil des rein mineralischen Produktes (hochwertige Entsorgung) verloren. Möglicherweise können aus dem Bitumenmantel Schadstoffe emittieren.

Blähton

Blähton ist ein keramischer Schüttdämmstoff und Leichtzuschlag, der durch Blähen und Brennen von aufbereiteten Tonen, gegebenenfalls mit Blähhilfsmitteln (unter 1 M.-%), erzeugt wird.

- ☺ Blähton, wenn niedrige Anforderungen an die Wärmedämmung gestellt werden: Blähton besitzt eine einfache Materialzusammensetzung (99 % Ton), Ton ist ausreichend und regional vorhanden. Bei der Verarbeitung ist auf Staubschutz zu achten. Die Inhaltsstoffe sind keramisch gebunden, daher werden auch im Brandfall keine Schadstoffe abgegeben. Blähton lässt sich nach Abbruch ausgezeichnet verwerten und problemlos auf Inertstoffdeponien ablagern¹⁰. Durch die hohen Brenntemperaturen ist für die Herstellung ein vergleichsweise hoher Temperatureaufwand notwendig. Die Wärmedämmung ist im Vergleich zu anderen Dämmstoffen eher gering.
- ☹ Blähton bei höheren Anforderungen an die Wärmedämmung

EPS-Automatenplatten

Automatenplatten sind Stück für Stück gefertigte, hydrophobierte EPS-Platten. Sie können als Perimeter-, Sockel- und Umkehrdachdämmung eingesetzt werden.

- ☹ EPS-Automatenplatten: Sie sind eine Alternative zu HFKW-geschäumten XPS-Platten. EPS-Automatenplatten für Umkehrdächer sind in Dicken bis 25 cm erhältlich (HFKW-freie Dämmplatten nur bis 20 cm). Weiteres wie EPS-Platten.

¹⁰ Länderspezifische Übergangsregelungen sind zu beachten. Umsetzung in nationales Recht ist in Österreich und Deutschland in Vorbereitung.

EPS-Platten

Expandiertes Polystyrol (EPS) bestehen aus Polystyrolgranulat, Restmengen des Schäumungsmittels Pentan sowie in kleinen Mengen Antioxidationsmittel und Katalysatoren. Als Brandschutzmittel wird Hexabromcyclododecan (HBCD) zugegeben.

- ☹ EPS-Platten für Wärmedämmverbundsysteme: Der ökologische Schwachpunkt der EPS-Platten ist der aufwändige Herstellungsprozess aus fossilen Rohstoffen mit ökologisch problematischen Zwischenprodukten und das Flammschutzmittel Hexabromcyclododecan (HBCD). HBCD ist eine halogenorganische Verbindungen, die bereits weit in der Umwelt verbreitet ist und sogar in der Muttermilch vom Menschen festgestellt wurde [Zwiener 2006]. Im Brandfall entsteht starker bromhaltiger Qualm, der die Orientierung erschwert. In Ökobilanzen positiv wirkt sich die geringe Rohdichte von EPS aus. Eventuelle anfänglichen Styrolemissionen sind gering und sinken nach relativ kurzer Zeit unter die Nachweisgrenze ab.
- ☹ Elastifizierte EPS-Platten mit besseren Schallschutzeigenschaften bei erhöhten Schallschutzanforderungen
- ☹ EPS-Platten für Wärmedämmverbundsysteme auf diffusionsoffenen Wandbildnern mit Dampfdiffusionswiderstandszahl $\mu > 10$: Auf diffusionsoffenen Wandbildner sollten auch diffusionsoffene Dämmstoffe eingesetzt werden, um Kondensat in der Wand zu vermeiden. Dies gilt besonders für Sanierungen.
- ☹ EPS-Platten für Flachdach- und Aufsparrendämmung: Ökologischere Alternativen sind nur begrenzt verfügbar.
- ☹ EPS-Platten für Wärme- und Trittschalldämmung unter Estrich: Ökologischere Alternativen sind nur begrenzt verfügbar.
- ☹ EPS-Platten zwischen Latten und Sparren: Es sind ausreichend Alternativen verfügbar. Die lückenlose Dämmung zwischen Sparren ist mit Klemmfilzen einfacher herzustellen als mit Platten.
- ☹☹ EPS-Platten als innenseitiger Dämmstoff wie in wärmedämmenden Wandverkleidungen sind wegen der hohen Qualmbildung im Brandfall und wegen des Verbunds mit der Wandverkleidung (schlechte Entsorgungseigenschaften) zu vermeiden.

Flachsdämmstoffe

Der Rohstoff für den Flachsdämmstoff sind Kurzfasern, die aus den Stängeln der Flachspflanze gewonnen werden. Die Flachsfasern werden entweder

- schichtweise mit Stärke verklebt und mit Borsalzen brandhemmend ausgerüstet oder
 - mit Hilfe von Kunststoff-Stützfasern armiert und gebunden und mit Ammoniumpolyphosphaten als Brandschutzmittel ausgerüstet.
- ☹ Flachsdämmstoffe mit Kunststoff-Stützfasern und Ammoniumpolyphosphate als Brandschutzmittel: Die Kurzfasern für die Dämmstoffherstellung fallen als Nebenprodukt der Leinengewinnung an. Der Flachsanaubau ist relativ umweltverträglich (geringer Nährstoffbedarf, Pflanzenschutz meist nicht erforderlich, Unkrautbekämpfung als Starthilfe). Die Kunststoff-Stützfasern (Polyethylen und Polyester) und Ammoniumpolyphosphat gelten als vergleichsweise umweltverträglich. Das Herstellungsverfahren verursacht geringe Umweltbelastungen. Während der Verarbeitung ist auf Staubschutz zu achten, während der Nutzung sind keine Schadstoffemissionen zu erwarten.

Flachsdämmstoffe können wiederverwendet oder als Stopfwole verwertet werden, die Beseitigung erfolgt in Müllverbrennungsanlagen.

- ☺ Flachsdämmstoffe mit Stärke gebunden und Borsalzen als Brandschutzmittel: Diese Dämmstoffe sind frei von Kunststoffen, abwertend wirkt sich die Behandlung mit Borsalzen aus.

Hanf dämmstoffe

Hanf dämmstoffe bestehen aus Hanffasern, die mit Hilfe von Kunststoff-Stützfasern armiert und gebunden sind. Als Brandschutzmittel werden Ammoniumpolyphosphaten zugegeben.

- ☺ Hanf dämmstoffe: Die Hanffasern für die Dämmstoffherstellung fallen als Nebenprodukt an. Der Hanfanbau ist relativ umweltverträglich (Pflanze mit Beikraut unterdrückender Wirkung, der Einsatz von Pflanzenschutzmittel ist daher unter guten Bedingungen nicht notwendig). Die Kunststoff-Stützfasern (Polyethylen und Polyestern) und Ammoniumpolyphosphat gelten als vergleichsweise umweltverträglich. Das Herstellungsverfahren verursacht geringe Umweltbelastungen. Während der Verarbeitung ist auf Staubschutz zu achten, während der Nutzung sind keine Schadstoffemissionen zu erwarten. Hanf dämmstoffe können wiederverwendet oder als Stopfwole verwertet werden, die Beseitigung erfolgt in Müllverbrennungsanlagen.

Holzfaserdämmplatten

Holzfaserdämmplatten (SB.W nach DIN 68750, $\rho = 230\text{--}450 \text{ kg/m}^3$) bzw. Poröse Faserplatten (SB nach EN 316): $\rho < 400 \text{ kg/m}^3$) werden für Wärme- und Schalldämmung in Boden-, Wand-, Decken- und Dachkonstruktionen und auch als Putzträger eingesetzt. Holzfaserdämmplatten haben eine hohe Wärmespeicherfähigkeit bei gleichzeitig guten Wärmedämmeigenschaften, sind diffusionsoffen und können winddicht eingebaut werden. Sie werden im Trocken- oder im Nassverfahren hergestellt. Bituminierte Holzfaserdämmplatten werden für wasserabweisende Unterdächer und Schutzschichten auf der Außenseite von Holzständerwänden bei gleichzeitiger Verbesserung der Wärme- und Schalldämmung eingesetzt.

- ☺☺ Holzfaserdämmplatten ohne Bitumenzusatz als wärmedämmendes diffusionsoffenes Unterdach, als Aufsparrendämmung oder als Wind- und Feuchtigkeitsschutz in Kombination mit anderen Dämmstoffen: Holzweichfaserplatten enthalten kein Bindemittel und bestehen zu fast 100% aus Holz. Die Platten werden mit Paraffinen oder Latex imprägniert.
- ☺ Holzfaserdämmplatten als reiner Dämmstoff z.B. Zwischensparrendämmung: Die ökologische Schwachstelle ist der vergleichsweise höhere Energiebedarf für die Produktion (Nassverfahren) bzw. die Zugabe von synthetischem Bindemittel (Trockenverfahren).
- ☺ Holzfaserdämmplatten mit synthetischen Anteil (z.B. Bitumen oder Syntheselatex) über 10 % der Trockenmasse des Produktes

Korkdämmplatten

Kork wird aus der Rinde der Korkeiche gewonnen. Backkork (dunkler Kork) wird durch Expansion von Korkrindengranulat bei 370°C in Formen hergestellt (niedrig-rein expandiert).

- ☺ Korkdämmplatten in der Flachdachdämmung, im Wärmedämmverbundsystem (WDVS), unter Estrich: Die Korkeiche hat gute rekultivierende Eigenschaften (widerstandsfähig bei Waldbränden, erosionsmindernd durch tiefes Wurzelwerk, schattengebend und wasserspeichernd).

Korkdämmplatten konkurrieren nicht um den Rohstoff für Flaschenkorken, sondern führen zu einer effizienteren Rohstoffnutzung. Sie enthalten im Gegensatz zu den meisten Dämmstoffen keine Zusatzstoffe und lassen sich hochwertig entsorgen (thermische oder stoffliche Verwertung). Bei der Anwendung im WDVS sind vor der Entsorgung die mineralischen Bestandteile zu entfernen. Aus mitteleuropäischer Sicht stellen sich die weiten Transportwege aus den korkanbauenden Ländern negativ dar.¹¹

- ⊖ Korkdämmplatten für Zwischensparrendämmung: Alternativen aus regionalen nachwachsenden Rohstoffen (mit kürzeren Anfahrtswegen) sind ausreichend vorhanden.

Mineralschaumplatten

Mineralschaumplatten sind dampfgehärtete Dämmplatten aus Quarzsand, Kalk, Zement, Wasser und einem porenbildenden Zusatzstoff. Die Herstellungsverfahren leiten sich aus der Porenbeton- bzw. der Kalksandstein-Produktion ab. Die Platten sind diffusionsoffen und nicht brennbar.

- ⊕ Mineralschaumplatten weisen sehr gute Ökobilanzergebnisse auf. Sie bestehen zu fast 100 % aus mineralischen, ausreichend vorhandenen Rohstoffen und sind daher aus ökologischer Sicht besonders für die Dämmung von mineralischen Tragkonstruktionen geeignet, da die Recyclingfähigkeit und Deponierbarkeit dabei nicht durch Vermischen von organischen und anorganischen Materialien beeinträchtigt wird. Die Produkte enthalten keine Fasern und bei der Verarbeitung treten keine Reizerscheinungen auf.

Mineralwolle-Dämmstoffe

Zu den Mineralwolle-Dämmstoffen zählen Steinwolle und Glaswolle. Für Glaswolle werden die in der Glasindustrie üblichen Grundstoffe und mit zunehmendem Anteil Altglas eingesetzt. Steinwolle besteht zum Großteil aus Gesteinen. Die Mineralfasern werden mit 3 bis 9 M.-% Phenolformaldehydharz gebunden.

- ⊖ Mineralwolle-Dämmplatten: Energiebedarf und Umweltbelastungen für die Herstellung von 1 Kilogramm Mineralwolle sind vergleichsweise hoch. Dies wirkt sich vor allem bei Produkten mit höherer Rohdichte aus (vgl. Mineralwolle-Dämmplatten in Wärmedämmverbundsystemen). Aus den Kunstharzen wird in geringem Ausmaß Formaldehyd abgegeben. Vor allem bei der Verarbeitung können KMF (Künstliche Mineralfasern) freigesetzt werden (vgl. innenseitige Verlegung von Mineralfasern). KMF verursachen außerdem mechanische Hautreizungen. Mineralwolle-Dämmstoffe aus Abbruch können wiederverwendet oder als Stopfwolle verwertet werden, die Beseitigung erfolgt auf Deponien (je nach Kohlenstoffgehalt).
- ⊖ Mineralwolle-Dämmplatten in Wärmedämmverbundsystemen: Wegen der hohen Rohdichte der für WDVS geforderten Mineralwolle-Qualitäten MW-PT ergeben sich vergleichsweise schlechte Ergebnisse in Ökobilanzen.
- ⊖ Innenseitige Verlegung von Mineralwolle-Dämmstoffen: Aus Mineralwolle-Produkten können KMF (Künstliche Mineralfasern) freigesetzt werden. Nach der Richtlinie 97/69/EG der Kommission sind Mineralfasern in K3 (krebsverdächtig) und hautreizend eingestuft. Diese Richtlinie enthält allerdings

¹¹ Dieses Kriterium ist etwas relativiert zu sehen: Es gibt viele andere Dämmstoffe am mitteleuropäischen Markt, die mindestens ebenso viele Transport-km zurückgelegt haben, nur ist bei diesen die Tatsache nicht so offensichtlich.

in der Anmerkung Q Freizeichnungskriterien, nach denen KMF in keine krebserzeugende Kategorie eingestuft werden, wenn sie die geforderten Kriterien erfüllen. Einer Exposition mit Mineralfasern ist durch vorschriftsmäßigen Umgang und persönliche Schutzausrüstung vorzubeugen. Durch luftdichte Konstruktionen sollte der Eintrag feiner Fasern in die Wohnräume vermieden werden.

Polyurethanplatten

Polyurethanplatten werden aus Diphenylmethandiisocyanat und Polyolen (Alkohole mit mehr als 2 OH-Gruppen) hergestellt. Als Treibmittel wird für Hartschaumplatten Pentan eingesetzt. Im Weiteren sind als Zusatzstoffe Katalysatoren, Aktivatoren, Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Antioxidationsmittel und Farbstoffe enthalten.

- ⊕ Polyurethanplatten sollten aufgrund der human- und ökotoxikologisch höchst relevanten Grundstoffe nur in Sonderfällen wie z.B. bei Treppenauflegern eingesetzt werden.
- ⊕⊖ Polyurethanplatten, mit Alu-Folie kaschiert: mit Alu-Folie kaschierte Polyurethanplatten verursachen außerdem problematisch in der Entsorgung.
- ⊕⊖ Polyurethanplatten, mit HFCKW- oder HFCKW geschäumt¹²: Die Treibmittel HFCKW und HFCKW weisen ein ausgesprochen hohes Treibhauspotential auf. HFCKW wirkt außerdem Ozonschicht zerstörend.

Schafwolle-Dämmstoffe

Bei Schafwolle-Dämmstoffen handelt es sich um wärme- und schalldämmende Produkte aus Schafwolle, die in der Regel mit einer vor Mottenbefall schützenden Imprägnierung (meist auf Basis von Sulcofuron) ausgerüstet sind. Ohne synthetisches Mottenschutzmittel ist ein patentierter Schafwollendämmstoff aus Schurwolle, Naturkautschukmilch (nicht vulkanisiert, nicht stabilisiert), Borsalz und weiteren Zusatzstoffen unter 1 % (Eisenoxid, Kalk und Tonerde) am Markt. Die Motten- und Teppichkäferbeständigkeit wurde laut Herstellerangaben von der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt bestätigt.

- ⊕ Schafwolle-Dämmstoffe: Extensive Schafhaltung liefert einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kulturlandschaft. Schafwolle ist in Mitteleuropa ein Abfall- bzw. Nebenprodukt der Mutterschafhaltung. Zur Herstellung ist kein Bindemittel erforderlich. Der Wirkstoff Sulcofuron im Mottenschutzmittel geht nicht aus. Schafwolle ist von Natur aus schwer entflammbar und entzündet sich erst bei ca. 560 °C. Nur bei sehr leichten Produkten – die auch geringeren Wärmeschutz aufweisen - finden daher Borate als Flammschutzmittel Einsatz. Schafwolle-Dämmstoffe können wiederverwendet oder als Stopfwolle recycelt werden, ev. sollte der Mottenschutz erneuert werden. Die Beseitigung erfolgt in Müllverbrennungsanlagen.
- ⊕⊖ Schafwolle-Dämmstoffe mit Mottenschutzmittel, die gesundheitliche Belastungen verursachen

Schaumglasgranulat

Schaumglasgranulat wird in einem Doppelschäumungsprozess aus gemahlenem Altglas erzeugt. Er ist geschlossenzellig, frostsicher und kann in Qualitäten mit hoher Druckfestigkeit erzeugt werden. Im Hochbau kann Schaumglasschotter (Wärmeleitfähigkeitszahl: 0,07-0,17 W/mK) als Leichtzuschlag für

¹² Die Verwendung dieser Produkte ist derzeit in Österreich verboten (Stand Januar 2006).

Beton, als Perimeterdämmung unter Bodenplatte bzw. seitlich zur Kellerwand und auf unterkellerten, befahr- oder begehbaren Gebäudeteilen eingesetzt werden.

- ☺ Schaumglasgranulat: Die Erzeugung aus Altglas ist grundsätzlich positiv zu beurteilen, die Entsorgung erfolgt auf Inertstoffdeponien gemäß EU-Deponie-Richtlinie¹³.

Schaumglasplatten

Schaumglasplatten sind gas- und dampfdichte, wasserundurchlässige und vollkommen feuchteunempfindliche Wärmedämmplatten für erdberührte Bauteile innen und außen sowie für alle druckbelasteten Anwendungen. Sie werden aus geschmolzenen und aufgeschäumten Glasrohstoffen bzw. Recyclingglas hergestellt. Als Blähmittel wird Kohlenstoff in Form von Koks, Magnesiumcarbonat, Calciumcarbonat, Zucker, Glycerin und Glykol zugefügt. Danach wird das Gemisch auf ca. 1000°C erhitzt. Beim Oxidieren des Kohlenstoffs entstehen Gasblasen. Die Platten werden entweder mit Kaltklebern oder in Heißbitumen vollflächig und vollfugig mit dem Baukörper verklebt oder trocken direkt in Feinsplitt, Sand oder Frischbeton verlegt. Sie ermöglichen bautechnisch sichere Konstruktionen; Langlebigkeit ist sichergestellt.

- ☺ Schaumglasplatten als Bodendämmung lose verlegt: Schaumglasplatten bestehen ausschließlich aus mineralischen Rohstoffen. Die Herstellung von Schaumglasplatten erfordert einen hohen Energiebedarf und entsprechende damit verbundene Umweltbelastungen. In den letzten Jahren wurde der Produktionsprozess durch Verwendung von Recyclingglas und Maßnahmen zur Energierückgewinnung deutlich verbessert. Schaumglasplatten weisen aber einen über die Lebensdauer des Gebäudes konstanten Wärmedämmwert auf, was besonders bei den nicht sanierbaren Dämmungen unter Bodenplatte von Bedeutung ist. Die Platten können lose oder in Heißbitumen verlegt werden. In Sandbett verlegte Platten dagegen können bei gutem Zustand verwertet werden. Die Deponierung erfolgt auf Inertstoffdeponie. Wenn nicht technische Argumente dafür sprechen (z.B. absolut dampf- und feuchtigkeitsdichte Dämmschicht notwendig), sollte auf die Verklebung mit Heißbitumen verzichtet werden.
- ☺ Schaumglasplatten als Flachdachdämmung bei erhöhten technischen Anforderungen: Mit Schaumglasplatten ist ein wasserdichter, kompakter Aufbau mit dampfdichter Dämmschicht möglich, der zu keinem Kondensat im Dämmstoff führen kann. Die Konstruktion ist druckfest ohne messbare Stauchung.
- ☹ Schaumglasplatten als Boden- oder Flachdachdämmung in Heißbitumen verlegt: Ökologische Schwachstelle sind die Verklebung mit Heißbitumen und die relativ hohen Umweltaufwendungen für die Herstellung. Bei der Verarbeitung von Schaumglas in Heißbitumen treten Emissionen von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen und Bitumendämpfen auf. Aufgrund der Verunreinigung mit Bitumen ist eine hochwertige Verwertung nicht möglich (ev. Downcycling als Grabenfüllmaterial).
- ☹ Schaumglasplatten als Perimeter- oder Sockeldämmung: Ökologische Schwachstelle sind die Verklebung und die relativ hohen Umweltaufwendungen für die Herstellung. Es sollten lösemittelfreie Kleber verwendet werden (GISCODE BBP10).

¹³ Länderspezifische Übergangsregelungen sind zu beachten. Umsetzung in nationales Recht ist in Österreich und Deutschland in Vorbereitung.

XPS-Platten

Platten aus Extrudiertem Polystyrol (XPS) werden aufgrund ihrer Feuchteunempfindlichkeit vor allem für Perimeter- und Sockeldämmungen sowie für Umkehr- und Terrassendächer eingesetzt. Die "umweltfreundlichere" Form der XPS-Platten wird mit CO₂ geschäumt.

- ☹ XPS-Platten, CO₂-geschäumt: Das verwendete CO₂ fällt in technischen Prozessen als Abfallstoff an. CO₂-geschäumte XPS-Platten sind als Alternative zu HFKW-geschäumten Platten bedingt empfehlenswert. Weiteres siehe EPS-Platten und EPS-Automatenplatten.
- ☹☹ XPS-Platten, HFKW- oder HFCKW-geschäumt: Die Treibmittel HFKW und HFCKW weisen ein ausgesprochen hohes Treibhauspotential auf. HFCKW wirkt außerdem Ozonschicht zerstörend. Auf den Einsatz von "herkömmlichen" XPS-Platten sollte daher verzichtet werden.

Zellulosefaserflocken

Zellulosefaserflocken sind einblas- oder aufspritzbare Dämmstoffe überwiegend aus Altpapier. Als Brandschutz wird üblicherweise eine Boratmischung verwendet. Mittlerweile sind auch Produkte mit anderen Brandschutzmitteln (z.B. Ammoniumpolyphosphat) am Markt.

- ☺ Zellulosefaserflocken mit Ammoniumpolyphosphaten als Brandschutzmittel: Zellulosefaser bestehen im Wesentlichen aus Recyclingmaterial und werden mit geringstem Aufwand hergestellt. Ökologische Schwachstellen sind der hohe Gehalt an Brandschutzmitteln und die Freisetzung lungengängiger Fasern während der Einbauphase. Eine Verwertung ist nach Ausaugen aus der Konstruktion theoretisch möglich, es müsste aber noch nachgewiesen werden, ob sich das Material tatsächlich wieder auflockern und danach verzahnen lässt und ob danach noch ausreichender Brandschutz gegeben ist. Die Beseitigung erfolgt über Müllverbrennungsanlagen.
- ☹ Zellulosefaserflocken mit Boraten als Brandschutzmittel: Borate sind im Entwurf der 30. ATP (Anpassung an den technischen Fortschritt) zur Stoffrichtlinie RL 67/548/EWG zur Einstufung als reproduktionstoxisch (R2) vorgesehen. Da die Borate bei der Verarbeitung gemeinsam mit den lungengängigen Fasern freigesetzt werden, kann es hier zu einer Exposition kommen.
- ☹ Innenseitige Verlegung von Zellulosefaserflocken: Bei Dämmungen mit Zellulosefaserflocken liegt die Zellulosefaser ungebunden vor. Zellulosefasern weisen eine sehr lange Beständigkeit in der Rattenlunge auf, Hinweise für eine krebserzeugende Wirkung von natürlichen organischen Fasern wie z.B. Cellulosefasern gibt es aber bisher keine. Bekannt sind berufsbedingte gutartige Lungenerkrankungen als Folge des Einatmens von organischen Stäuben (z.B. Byssinose durch Baumwollstaub, Berufsasthma, allergische Alveolitis). Durch luftdichte Konstruktionen sollte der Eintrag feiner Fasern in die Wohnräume vermieden werden.

Zellulosefaserplatten

Zellulosefaserplatten werden aus Altpapier, das mit Kunststofffasern verstärkt und gebunden wird, hergestellt. Borate ermöglichen den Brand- und Glimmschutz.

- ☺ Zellulosefaserplatten bestehen zum überwiegenden Teil aus einem Sekundärrohstoff, der dadurch im Produktionskreislauf erhalten bleibt. Während der Nutzung sind keine Schadstoffemissionen zu erwarten. Zellulosefaserplatten sind wiederverwendbar, vom Hersteller wurde dafür auch eine

Rücknahmelogistik aufgebaut. Die Entsorgung erfolgt in Müllverbrennungsanlagen. Abwertend wirkt sich die Behandlung mit Borsalzen aus.

5. FOLIEN, ABDICHTUNGEN UND WASSERFÜHRENDE SCHICHTEN

5.1 Überblick

Folien und Abdichtungen erfüllen wichtige Aufgaben im Bereich wie Feuchteschutz, Luftdichtigkeit und Trennschichten.

Trotz der geringen Masse besitzen einige Folien und Abdichtungen durch ihre sehr aufwändige Herstellung einen erheblichen Einfluss auf die ökologische Qualität eines Bauteils. Ähnliches gilt für die bauphysikalische Funktion von Folien: Mangelhafte Detailplanung oder kleine Fehler beim Einbau können zu massiven Feuchteschäden führen. Bei Fugen in der innenseitigen Dampfsperre kann der Dampfeintrag in die Konstruktion um Zehnerpotenzen größer sein als bei normaler Diffusion. Insbesondere im Niedrigenergiehausbau ist auf Luftdichtigkeit der Gebäudehülle besonders zu achten und eine sorgfältige Verklebung der Bahnen untereinander vorzunehmen. Die Anschlüsse und Stoßstellen sind dauerhaft dicht zu verkleben. Alle Einschnitte in die Dachhaut durch Dachflächenfenster, Lüftungsrohre usw. sind sorgfältig von innen und außen abzudichten. Für die Installationsleitungen ist ein Installationsraum vorzusehen, damit die Luftdichtheitsschicht nicht nachträglich beschädigt wird. Die Luftdichtigkeit des Gebäudes kann mit dem Blower-Door-Test überprüft werden (ÖNORM bzw. DIN EN ISO 13829:2001 (ISO 9972:1996, modifiziert)). Dabei werden messbare Druckdifferenzen durch ein leistungsstarkes Gebläse erzeugt.

Bei entsprechendem Konstruktionsaufbau ist es möglich, weniger umweltbelastende Folien- oder Abdichtungssysteme einzusetzen oder überhaupt darauf zu verzichten. Die ökologischen Einstufungen im Folgenden können sich nur auf die Materialqualität stützen. Inwiefern der Einsatz durch andere Konstruktions- und Baustoffwahl überhaupt vermeidbar ist, muss auf Gebäudeebene beantwortet werden. Gerade im Bereich der Anstriche, Abdichtungen und Folien gibt es eine große Materialvielfalt am Markt, die genaue Zusammensetzung der Produkte wird meist nicht bekannt gegeben. Auch der Zusammenhang zwischen technischer Qualität des Produktes und Zugabe von Additiven ist nur firmenintern bekannt.

Für die Einstufung von Folien, Abdichtungen und wasserführenden Schichten wurden folgende Leitlinien herangezogen:

- Produkte aus erneuerbaren Rohstoffen oder Recyclingmaterialien oder ausreichend verfügbaren Rohstoffen
- Produkte aus vergleichsweise weniger bedenklichen Kunststoffen
- Keine Zugabe von umwelt- oder gesundheitsgefährdenden Zusatzstoffen
- Geringes Störfallrisiko bei der Herstellung
- Geringe Umwelt- oder Gesundheitsbelastungen während der Verarbeitung
- Geringe Umwelt- oder Gesundheitsbelastungen während der Nutzung
- Keine Materialien, die im Brandfall ein besonderes Risiko bilden
- Gute Entsorgbarkeit

5.2 Produktauswahl

Tabelle: Einstufung des IBO: Folien und Abdichtungen

	Baustoffe	und	deren Alternativen	
	Voranstriche (LG 12, 21, 22)			
☹	Bitumenmassen auf Lösemittelbasis		Bitumenmassen auf Emulsionsbasis	☹
☹	Heißbitumenmasse (siehe Bitumenmassen)			
☹	Kunstharzanstriche auf Lösemittelbasis		Kunstharzanstriche auf Dispersionsbasis	☹
	Erdberührte Bauteile, waagrechte Abdichtung (LG 12)			
☹	Bitumenbahnen, vollflächig verklebt		PIB-Dichtungsbahnen, mechanisch fixiert	☺
☹	Kunststoff-Dichtungsbahnen vollflächig verklebt		ECB-Dichtungsbahnen, mechanisch fixiert	☹
☹	Heißbitumenmassen (siehe Bitumenmassen)		andere Konstruktion ¹⁴	☹
☹☹	Steinkohlenteer-anstriche			
	Erdberührte Bauteile, lotrechte Abdichtung (LG 12)			
☹	Bitumenmassen auf Lösemittelbasis		Bitumenmassen auf Emulsionsbasis	☹
☹	Bitumenbahnen vollflächig verklebt		Dichtungsschlämmen	☹
☹	Kunststoff-Dichtungsbahnen, halogenfrei, heiß verklebt		Sperrputze	☹
☹	Asphaltmastix (siehe Bitumenmassen, Heißbitumen)			
	Dachabdichtungsbahnen (LG 21)			
☹	Bitumenbahnen, Schweißbahnen		Bitumenbahnen, Kaltselfklebebahnen	☹
☹☹	Bitumenbahnen in Heißbitumen		Bitumenbahnen, mechanisch fixiert	☹
☹☹	CSM-Dichtungsbahnen (chlorsulfoniertes Polyethylen)		Polyolefinbahnen, mechanisch fixiert	☹
☹	Kunststoff-Dichtungsbahnen, halogenfrei, verklebt		PIB-Dichtungsbahnen, mechanisch fixiert	☹
☹☹	PVC-Dichtungsbahnen		Kunststoff-Dichtungsbahnen sonst, halogenfrei, mechanisch fixiert	☹
	Feuchteschutz Dachdecker (LG 22, LG 23)			
☹	Bitumenbahnen, genagelt		Holzfaserverplatte ¹⁵	☹☹
☹	Bitumenbahnen, vollflächig verklebt		Polyolefinbahnen diffusionsoffen	☹

14 (z.B. weiße Wanne)

15 wenn hohe Winddichtigkeit nicht erforderlich

Tabelle: Einstufung des IBO: Folien und Abdichtungen, Fortsetzung

	Baustoffe	und	deren Alternativen	
	Dampfbremsen (LG 21, LG 22)			
⊗⊗	Aluminiumfolien		Polyolefinbahnen	☺
☺	Bitumenbahnen		Kraftpapiere	☺
⊗	Bitumenbahnen mit Aluminiumbandeinlage		Feuchteadaptive Dampfbremsen	☺
⊗⊗	PVC-Bahnen		diffusionsoffene Konstruktion	☺☺
⊗	Kunststoffverbund-Folien			
	Trennschichten (z.B. unter Nassestrich LG11)			
☺	Polyolefinbahnen		Kraftpapiere	☺
☺	Kunststoffverbund-Folien			

Gewerke

- LG 11 – Estricharbeiten
- LG 12 – Abdichtungen
- LG 21 – Schwarzdecker
- LG 22 – Dachdeckungen
- LG 23 – Spengler
- LG 36 – Zimmermeisterarbeiten

5.3 Produktbeschreibung

Aluminiumfolien

Aluminiumfolien sind dampfdichte Folien, die im Bauwesen als Dampfsperren eingesetzt werden.

- ⊗⊗ Aluminiumfolien: Aluminiumfolien können wegen der hohen Qualitätsanforderungen nur aus Hüttenaluminium hergestellt werden. Die Herstellung von Hüttenaluminium ist sehr energieintensiv und umweltbelastend. Die Folien werden meistens im Verbund mit anderen Materialien angeboten (z.B. zusätzliche Beschichtung aus Polyethylen oder faserverstärkte Aluminiumfolie auf Kraftpapier). Aus Verbundstoffen kann das Aluminium nicht oder nur sehr aufwendig wiedergewonnen werden. Bei der Entsorgung von Alu-kaschierten Materialien entstehen außerdem Probleme (problematisches Verhalten von Aluminium in Müllverbrennungsanlagen und auf Deponien). Konstruktionen, die nur mit Dampfsperren realisierbar sind, sollten grundsätzlich überdacht und Alufolien nur in Sonderfällen eingesetzt werden. Dasselbe gilt für alle aluverstärkten Folien (Papier, Bitumen) und Produkte (Dämmstoffe, Gipskartonplatten, etc.)¹⁶.
- ⊗ Aluminiumfolien, wenn keine technisch gleichwertigen Alternativen vorhanden sind und der Hersteller ein nachvollziehbares Recyclingkonzept vorlegen kann, wie das Aluminium nach Beendigung der Lebensdauer rezykliert werden kann.

¹⁶ Ausnahme: alu-kaschierte Dämmstoffe für Heizung, Lüftung, Sanitär, wenn keine technisch gleichwertigen Alternativen verfügbar sind.

Bitumenmassen

Bitumenmassen können heiß- oder kaltverarbeitet werden. Bei der Heißverarbeitung wird Bitumen über die Grenztemperatur von 80 °C erhitzt, sodass Bitumendämpfe und -aerosole (Kategorie 2 der krebserzeugenden Arbeitsstoffe) auftreten. Bei den kaltverarbeitbaren Bitumenanstrichen und -voranstrichen unterscheidet man zwischen Bitumenemulsionen und Bitumenlösungen, wobei in den vergangenen Jahren vermehrt die aus Sicht des Arbeitsschutzes zu bevorzugenden Bitumenemulsionen eingesetzt wurden (1997 bereits etwa 85 % der gesamt eingesetzten kaltverarbeitbaren Bitumenmassen). Im Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft (GISBAU) werden kaltverarbeitbare Bitumenprodukte nach folgenden GISCODES systematisiert:

Giscode	Bezeichnung
BBP10	Bitumenemulsionen
BBP20	Bitumenmassen, aromatenarm, lösemittelhaltig
BBP30	Bitumenmassen, aromatenarm, lösemittelreich
BBP40	Bitumenmassen, aromatenarm, gesundheitsschädlich, lösemittelhaltig
BBP50	Bitumenmassen, aromatenarm, gesundheitsschädlich, lösemittelreich
BBP60	Bitumenmassen, aromatenreich, gesundheitsschädlich, lösemittelhaltig
BBP70	Bitumenmassen, aromatenreich, gesundheitsschädlich, lösemittelreich

Je höher die jeweilige Kennziffer des Giscodes ist, desto gefährlicher ist das Produkt und desto umfangreichere Schutzmaßnahmen müssen getroffen werden.

- ☺ Bitumenmassen auf Emulsionsbasis (GISCODE BBP10): enthält keine Lösemittel, Freisetzung von Kohlenwasserstoffverbindungen ist möglich.
- ☹ Bitumenmasse, aromatenarm, lösemittelhaltig (GISCODE BBP20): Alternative, wenn Bitumenemulsionen aus technischer Sicht nicht eingesetzt werden können
- ☹☹ Bitumenmasse mit GISCODE BBP30 oder höher: Die verdunstenden organischen Lösungsmittel wirken gesundheits- und umweltschädlich.
- ☹☹ Heißbitumen: Bei der Verarbeitung werden Bitumendämpfe und –aerosole freigesetzt.

Bitumenbahnen

Bitumenbahnen bestehen aus Bitumen getränkten Trägereinlagen wie Glasgewebe (G), Glasvlies (GV), Polyestergewebe, Polyestervlies (PV), Jute (J) oder Rohfilzpappe (R). In der Regel sind beidseitig Bitumendeckschichten aus Oxidationsbitumen oder Polymerbitumen aufgebracht, die meist zumindest einseitig mit mineralischen Stoffen bestreut sind. Bitumenbahnen werden für Dachabdichtung und Abdichtung gegen Bodenfeuchtigkeit eingesetzt. Je nach Einsatzgebiet kann man zwischen Bitumenbahnen ohne Bestreuung („Bitumenpappe“), Bitumendachbahnen, Bitumendachdichtungsbahnen, Bitumenschweißbahnen, Bitumen-Kaltselbstklebebahnen wählen. Bitumenbahnen mit Aluminiumeinlage werden als Dampfsperre verwendet. Bei wurzelfesten Bitumenbahnen werden Metallbänder (meist aus

Kupfer) oder Herbizide eingearbeitet (Wurzelsperrschicht). Es werden 4 Verarbeitungsverfahren unterschieden:

- Schweißen: Bitumenbahn wird mit Propangasbrenner angeschmolzen und mit dem Untergrund verklebt (Temperaturen ca. 200 °C)
- Gießen: Bitumenbahn wird in aufgegossene heiße Bitumenmasse (Temperatur ca. 180–230 °C) gelegt.
- Kaltselbstkleben: kein Erhitzen von Bitumen
- Mechanische Befestigungsverfahren
- ⊕ Bitumenbahn vollflächig vergossen: Beim Vergießen treten Temperaturen über 80 °C und damit Emissionen von Bitumendämpfen auf. Die Exposition beim Gießverfahren liegt bei 1,5 – 20 mg/m³. Damit kann der Grenzwert für die Emission von Bitumendämpfen von 10 mg/m³ überschritten werden. Der Rückbau von verklebten Bahnen ist sehr aufwendig. Die Entsorgung erfolgt aus diesem Grund meist gemeinsam mit den mineralischen Baustoffen auf Deponien.
- ⊕ Bitumenbahn, verschweißt: Beim Verschweißen treten Temperaturen über 80 °C und damit Emissionen von Bitumendämpfen auf. Die Exposition beim Schweißverfahren liegt bei etwa 9 mg/m³.
- ⊕ Bitumenbahn, Kaltselbstklebebahnen oder Verklebung mit Bitumenemulsionskleber als Dachabdichtung: Bei der Kaltverklebung treten keine Bitumendämpfe und –aerosole auf. In diesem Fall sollte auf lösemittelfreie Produkte geachtet werden (Bitumenemulsionen).
- ⊕ Bitumenbahnen zur Dachabdichtung, mechanisch befestigt, wenn durch die Bitumenbahn keine zusätzlich Dampfsperrschicht (Aluminiumfolie) nötig wird: keine Gefährdung der Arbeiter beim Verlegen.

CSM-Dichtungsbahn

CSM-Dichtungsbahnen sind Kautschukbahnen aus chlorsulfoniertem Polyethylen. Sie zeigen infolge der Chloratome in der Chlorsulfonyl-Gruppe und des Fehlens von Doppelbindungen gute Beständigkeit bei oxidativer Beanspruchung.

- ⊕⊕ CSM-Dichtungsbahnen: enthalten 27 M.-% Chlor, auf ihren Einsatz sollte daher nach Möglichkeit verzichtet werden

Dichtungsschlämme

Dichtungsschlämmen haben eine ähnliche Zusammensetzung wie Sperrputze, werden allerdings mit einer Bürste nur wenige mm dick aufgeschlämmt. Sie sind empfindlicher gegen Beschädigungen als Sperrputze. Mineralische Dichtungsschlämmen können durch einen – zumeist hohen – Kunststoffanteil elastischer gemacht werden. Nicht rückbaubar. Stoffliche Verwertung gemeinsam mit Bruch von Mauersteinen oder Wiederverwertung in Verbindung mit Beton; Deponierung auf Inertstoffdeponien gem. EU-Abfall-Verordnung 17.

- ⊕ Dichtungsschlämmen mit geringem Kunststoffzusatz: als Alternative zu anderen Abdichtungsmaterialien positiv zu bewerten.

Ökologische Baustoffwahl

- ☹ Dichtungsschlämmen mit Kunststoffzusatz: Auf höheren Kunststoffzusatz sollte nach technischer Möglichkeit verzichtet werden.

ECB-Dichtungsbahnen

Ethylen-Copolymerisat - Bitumen (ECB) ist eine schwarzfarbige Mischung aus 20 - 50 % Bitumen, 50 - 80 % Ethylen-Acrylsäureester-Copolymerisat und Additiven. Die 2 mm starken Bahnen werden einlagig verlegt (lose, mechanisch verankert, bitumig oder mit Polyurethanklebern streifenweise verklebt) und die Naht durch Heißluftverschweißung verfügt. Ihre Schweißnähte gelten als wurzelfest und verrottungsbeständig. Neben der Flach- und Gründachabdichtung haben sich ECB-Dichtungsbahnen u.a. auch bei Grundwasser-, Teich-, Fundament- und Böschungsabdichtung sowie im Tiefbau bewährt.

- ☹ ECB-Dichtungsbahn, lose verlegt, mechanisch verankert: keine Gefährdung der Arbeiter beim Verlegen.
- ☹ ECB-Dichtungsbahn, bitumig oder mit Polyurethanklebern streifenweise verklebt: Emissionen aus dem Kleber möglich, schlecht trennbar.

EPDM-Dichtungsbahnen

EPDM-Dichtungsbahnen sind synthetische Kautschukdichtungsbahnen, die aus vulkanisiertem Ethylen-Propylen-Dien-Mischpolymerisat (EPDM) hergestellt werden.

- ☹ EPDM-Dichtungsbahnen, lose verlegt oder mechanisch befestigt: Durch den Verzicht auf Chlor und Weichmacher sind EPDM-Dichtungsbahnen eine umweltverträgliche Alternative zu PVC-Dichtungsbahnen. EPDM-Dichtungsbahnen geben während ihrer Nutzungsdauer keine umweltschädlichen Chemikalien ab. Bei der Verbrennung von EPDM entstehen keinerlei gefährliche Substanzen [Zwiener 2006].

Feuchteadaptive Dampfbremse

Dampfbremsen aus Polyamid (z.B. „Nylon®“), die ihre Dampfdurchlässigkeit an wechselnde Feuchtebedingungen anpassen können. Wenn im Winter die Luft trocken ist, wirkt die Folie als Dampfbremse (äquivalente Luftschichtdicke z.B. 4 m). Im Sommer liegt die Luftfeuchtigkeit wesentlich höher, und der Diffusionswiderstand nimmt ab (äquivalente Luftschichtdicke 0,2 – 0,5 m). Somit kann die Konstruktion auch raumseitig austrocknen. Polyamide werden durch Polykondensation zwischen einer Carboxylgruppe und einer Aminogruppe hergestellt.

- ☹ Feuchteadaptive Dampfbremsen: Polyamid wird in großtechnischen Prozessen aus Erdöl hergestellt. Ihr Einsatz ist dann zu empfehlen, wenn aufgrund der Konstruktionswahl schwache Dampfbremsen wie Kraftpapiere nicht ausreichend sind.

Holzfaserverplatte

siehe Holz und Holzwerkstoffe

Kraftpapiere

Kraftpapiere werden aus Altpapier- und/oder frischen Zellulosefasern hergestellt. Sie können als Rieselschutz, Dampfsperren oder Estrichabdeckfolien eingesetzt werden. Reißfestigkeit wird zum Beispiel durch ein Glasfasergitter, das mit einem modifizierten PE-Kleber zwischen zwei Lagen Papier geklebt wird, erreicht. Dampfdiffusionsoffene Unterdachbahnen können aus Spezialpappen, die mit Paraffin

imprägniert und eventuell mit Polyesterfaden verstärkt werden, hergestellt werden. Die Spezialpappe wird aus Wollfasern aus der Alttextiliensammlung und aus Zellulosefasern aus der Altpapiersammlung hergestellt.

Richtwerte für die Dampfdiffusionseigenschaften von Kraftpapieren:

- Unterdachbahn: sd-Wert ca. 0,03 – 0,07 m
 - Rieselschutzbahn: sd-Wert ca. 0,03 m
 - Dampfbremsbahn: sd-Wert ca. 2 m
 - Kraftpapiere mit Gitterarmierung: sd-Wert ca. 3 m
 - Spezialpapier mit Kunststoff beschichtet: sd-Wert ab 10 m
- ☺ Kraftpapier ohne Kunststoffimprägnierung oder -beschichtung
- ☹ Papiere mit Kunststoffimprägnierung oder Kunststoffbeschichtung

Kunsthharzanstriche

Kunsthharzanstriche sind Anstrichsysteme mit unterschiedlichsten Kunsthharzen als Bindemittel. Die Anstriche liegen entweder auf Dispersionsbasis oder auf Lösemittelbasis vor.

- ☺ Kunsthharzanstriche auf Dispersionsbasis: enthalten keine Lösemittel, Freisetzung von anderen flüchtigen Verbindungen (z.B. Weichmacher) ist möglich.
- ☹ Kunststoffanstriche auf Lösemittelbasis, aromatenarm: Alternative, wenn Kunsthharzanstriche auf Dispersionsbasis aus technischer Sicht nicht eingesetzt werden können
- ☹☹ Kunststoffanstriche lösemittelreich und/oder aromatenhaltig: Die verdunstenden organischen Lösungsmittel sind gesundheits- und/oder umweltschädlich.

Kunststoff-Dichtungsbahnen

siehe PIB-Dichtungsbahnen, Polyolefinbahnen, CSM-Dichtungsbahnen, ECB-Dichtungsbahnen, EPDM-Dichtungsbahnen, PVC-Dichtungsbahnen

Kunststoffverbund-Folien

Dampfbremsen werden häufig zur Verbesserung verschiedener technischer Eigenschaften aus einem Verbund mehrerer Materialien hergestellt, z.B. Polyethylen-Polypropylen-Polyacryl-Verbund oder Kunststoff-Papier-Verbund

- ☹ Kunststoffverbund-Folien: Durch den Verbund wird die Recyclierbarkeit stark reduziert. Für die Verbindung der unterschiedlichen Schichten sind (meist lösemittelhaltige) Klebstoffe notwendig. Es gibt umweltfreundlichere Alternativen.

PIB-Dichtungsbahn

PIB ist ein thermoplastischer Kunststoff aus der Gruppe der Polyolefine, der durch Polymerisation von Isobutylen hergestellt wird.

- ☺ PIB-Dichtungsbahn, lose verlegt: Im Vergleich zu anderen Kunststoffen wie z.B. Polyvinylchlorid PVC gilt PIB als vergleichsweise umweltverträglich. Es können ev. ökologisch problematische Zusätze enthalten sein.

Polyolefinbahnen auf der Basis von Polyethylen oder Polypropylen

Polyethylen und Polypropylen sind thermoplastische Kunststoffe aus der Gruppe der Polyolefine. Als Zusatzstoffe kommen Füllstoffe, Stabilisatoren organischer und/oder anorganischer Herkunft zur Anwendung. Die Bahnen können außerdem mit Fasern verstärkt oder mit Bahnen kaschiert sein.

- ☺ Polyolefin-Dichtungsbahnen: Polyolefine gelten im Vergleich zu anderen Kunststoffen wie z.B. PVC oder Polyurethan als umweltverträglicher (direkte Gewinnung der Monomere ohne toxikologisch problematische Zwischenprodukte, keine Zugabe von Weichmachern notwendig, humantoxikologisch auch im Bereich des Monomeren relativ unproblematisch, unproblematische Entsorgung).
- ☺ Dampfdiffusionsoffene Polyolefin-Unterspannbahnen und Windsperren (Richtwert: $sd < 0,3 \text{ m}$)
- ☹ Polyolefinbahnen als Dampfbremse: Werden Konstruktionen so geplant, dass Dampfbremsen mit möglichst niedrigem sd -Wert ausreichend sind, sind technisch gleichwertige Alternativen aus nachwachsenden Rohstoffen verfügbar (Kraftpapier).
- ☹ Polyolefinbahnen als Estrichabdeckfolie: Es sind technisch gleichwertige Alternativen aus nachwachsenden Rohstoffen verfügbar (Kraftpapier).

PVC-Bahnen

PVC wird aus Ethylen und Chlor gewonnen. Ethylen und Chlor reagieren in mehreren Zwischenschritten zu monomerem Vinylchlorid, das in Druckgefäßen bei 45 - 75°C zu PVC-Granulat polymerisiert. Das PVC-Granulat wird bei mehr als 150 °C mit Zusatzstoffen wie Weichmachern, Stabilisatoren, Pigmenten, Flammschutzmitteln, Antistatika, Füllstoffen, Gleitmitteln, ua gemischt und auf ein Glasvlies aufkalandriert. Als Werkstoff wird für Dichtungsbahnen hauptsächlich weiches Polyvinylchlorid (PVC-P) eingesetzt.

- ☹☹ PVC-Dichtungsbahn: Der Weichmachergehalt in PVC-Dichtungsbahnen beträgt etwa 600 g/m^2 , Bereits bei kleinem Transfer ins Dachwasser gelangen hohe Weichmacher-Gehalte in den Abfluss. Nach Schätzungen der Branche (European Council of Plasticisers and Intermediates) betragen die Phthalat-Emissionen etwa 0,8% des jährlichen Verbrauchs, etwa 3/4 davon bei der Nutzungsphase im Außenbereich. [Arx 1999]. Mit der Herstellung, Verarbeitung, Verwendung und Entsorgung von PVC sind im Weiteren eine Reihe von Stoffströmen mit Gefährdungspotenzial verbunden wie Freisetzung von Vinylchlorid (VC) aus diffusen Quellen bei der Herstellung, Bildung und Freisetzung von Dioxinen und Furanen, u.a. bei der Herstellung (Chlor-Alkali-Elektrolyse, Oxidchlorierung), bei bestimmten thermischen Prozessen und im Brandfall [Zwiener 2006]. Umweltfreundlichere Alternativen sind ausreichend vorhanden.

Sperrputze

Sperrputze sind feine Zementmörtel mit Sand der Sieblinie 3 mm mit Beigabe eines speziellen Dichtungsmittels auf Eiweißbasis. Sperrputze werden ca. 2 cm stark in mindestens 2 Lagen aufgetragen. Sie können Risse im Bauwerk nicht aufnehmen und sind nur für mineralische Untergründe und für Abdichtungen im Kellerbereich bei Bodenfeuchtigkeit geeignet. Für Aufenthaltsräume sollten sie nicht eingesetzt werden, da der Feuchtetransport nicht vollständig zum Stillstand kommt. Damit keine Risse durch Setzungen, Schwinden, Temperaturdehnungen etc auftreten, sollte der Sperrputz erst nach Beendigung der Kriech- und Setzperiode der Konstruktion (etwa nach 3-5 Monaten) angewendet werden.

- ☺ Sperrputze: Als Alternative zu anderen Abdichtungsmaterialien positiv zu bewerten.

Steinkohlenteeranstriche

Steinkohlenteeranstriche wird bei der Destillation des bei der Steinkohleverkokung zurückbleibenden Steinkohlenteeres gewonnen.

- ☹☹ Der Einsatz von Steinkohlenteer ist wegen seines hohen Gehalts an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) für Anwendungen im Hochbau verboten und sollte daher auch aus der LBH gestrichen werden.

6. HOLZ UND HOLZWERKSTOFFE

6.1 Überblick

Holz ist ein nachwachsender Rohstoff, der während seines Wachstums der Atmosphäre Kohlendioxid entzieht, dieses über seine gesamte Lebensdauer speichert und somit bei nachhaltiger Nutzung zur Stabilisierung des Klimas beiträgt. Wälder erfüllen neben ihrer Funktion als Rohstofflieferanten vielfältige Aufgaben (Lebensraum, Schutzwald, Sauerstoffproduzent, Erholungsgebiet etc). Durch die vielfältigen Funktionen des Waldes kommt es bei Bewirtschaftung und sonstigen Nutzungen zu Konflikten zwischen verschiedenen Interessengruppen. Damit Wälder langfristig ihre Funktionen als Schutz vor z.B. Lawinen und Bodenerosion und als Erholungsraum für die Menschen erfüllen können, müssen sie nachhaltig bewirtschaftet werden. Für eine nachhaltige Bewirtschaftung müssen Forstwege, Maschinen, Abholzung, Aufforstung, Pestizideinsatz möglichst naturverträglich gestaltet werden. Hölzer sollen aus unumstrittenen Quellen stammen, das bedeutet

- keine illegalen Schlägerungen,
- kein Holz aus besonders schützenswerten Wäldern wie etwa den sibirischen Urwäldern bzw. dem europäischen Russland,
- keine Verletzung von Bürger- und Menschenrechten (in Europa betrifft dies das Gebiet der Sami / Finnland),
- kein Holz aus gentechnisch veränderten Bäumen (z.B. Eukalyptusplantagen in Südwesteuropa).

Bei der Gewinnung von Holz können durch den Einsatz schwerer Maschinen und umweltschädigender Treib- und Schmiermittel, großflächige Abholzung und weite Transportwege schwere Umweltbelastungen auftreten. Bei nachhaltiger Bewirtschaftung wird Holz nur in dem Ausmaß geerntet, in dem es auch wieder nachwächst. Wünschenswert ist hier eine nicht nur quantitative, sondern auch qualitative Nachhaltigkeit. Zertifizierungsbemühungen gehen von mehreren Initiativen aus. Die heute bekanntesten sind Forest Steward Ship Council (FSC) und Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC). Bestandteile von Holzzertifizierungen sind im Wesentlichen Kriterien, Überprüfung und Zertifizierung. FSC ist unter diesen Gesichtspunkten die mit Abstand aussagekräftigste und seriöseste Kennzeichnung für nachhaltige Forstwirtschaft, vor allem für tropische Hölzer [Bauer 2006].

Bis der Rohstoff Holz als Ware bei den Endverbrauchern anlangt, durchläuft er oft viele Betriebe. Eine Überprüfung der Handelskette bzw. eine Kennzeichnung (wie es bei Lebensmitteln z.B. Kalb bis Schnitzel funktioniert) ist daher unerlässlich, damit die zertifizierten Produkte tatsächlich aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern stammen ("Chain of Custody").

Da Transporte umweltbelastend sind, sollte die Holz aus der Region bevorzugt eingesetzt werden. Unbehandeltes Altholz kann wiederverwendet, in der Holzindustrie verarbeitet oder als Brennstoff weiter genutzt werden.

Holzwerkstoffe sind großflächige Platten, die durch Verbinden von Fasern, Spänen, Wolle, Leisten, Stäbchen oder Furnieren aus Holz, meist unter Zugabe von Bindemitteln (formaldehydhältige Harze, Polyurethanharze oder anorganische Bindemittel) hergestellt werden. Hilfs- und Zuschlagstoffe wie Härter und Beschleuniger, Formaldehyd-Fängersubstanzen, Hydrophobierungsmittel, Feuerschutzmittel, Fungizide und Farbstoffe werden nach Bedarf beigemischt. Durch die Verleimung entstehen Platten mit großer Homogenität und Dimensionsstabilität, die sich leicht verarbeiten lassen. Für Holzwerkstoffe werden zumeist Schwach- und Durchforstungshölzer oder Sägerei-Resthölzer eingesetzt, zum Teil auch Gebrauchtholz (Paletten, Dippelbäume, Dachstühle etc) , wobei der Rohstoffqualitätssicherung besonderes Gewicht zukommt (Aussortierung imprägnierter oder behandelter Hölzer). Holzwerkstoffe werden für vielfältige Zwecke im Holzbau, Innenausbau und Möbelbau verwendet. In Abhängigkeit der Feuchtigkeitsresistenz der verwendeten Bindemittel werden die Platten in Holzwerkstoffklassen (V20, V100, V100 G) eingeteilt.

Der ökologische Vorteil von Holzwerkstoffen gegenüber Massivholz liegt in der besseren Ausnutzung des eingeschlagenen Holzes. Dieser Vorteil wird durch den Einsatz von Bindemittel „erkaufte“ (Ausnahme ist z.B. die Poröse Holzfaserverplatte, die ohne Bindemittel hergestellt werden kann). Die Herstellung der Kunstharze ist energieintensiv und umweltbelastend, zum Teil treten sehr problematische Zwischenprodukte auf. Die ökologischen Kennwerte von Holzwerkstoffen werden daher größtenteils über die Menge des zugegebenen Bindemittels bestimmt. Ein weiterer wesentlicher Einflussfaktor ist die technische Trocknung.

Neben Formaldehyd emittieren Holz und Holzwerkstoffe Terpene aus Holzinhaltstoffen, kurzkettige Carbonsäuren und weitere Aldehyde. Die höchsten Emissionen weisen harzreiche Holzarten wie z.B. die Kiefer auf. Insbesondere OSB-Platten, die in den deutschsprachigen Ländern praktisch ausschließlich aus Kiefernholz hergestellt werden, weisen ein deutlich erhöhtes VOC-Emissionspotenzial auf [Zwiener 2006].

Dank aktueller Forschungsergebnisse und Produktentwicklungen sowie einer Liberalisierung von Bauordnungen und Änderungen technischer Regelwerke während der letzten Jahre wurden die Rahmenbedingungen geschaffen, wieder mehrgeschoßige Holzbauten zu errichten. Es kann hier nicht im Detail auf Holzbau eingegangen werden, zahlreiche Fachliteratur ist zum Thema „Ökologischer Holzbau“ bereits erschienen.

Für die ökologische Auswahl von Holzwerkstoffen sind der Anwendungszweck, damit auch die Lebensdauer, der Bindemittelgehalt, die Holzherkunft und die Emissionen während der Nutzung von großer Bedeutung.

Exkurs Holzschutz

Der Einsatz von Holzschutzmittel kann vermieden werden, wenn für die spezifischen Anforderungen geeignete Holzarten gewählt werden, das Holz fachgerecht gelagert, getrocknet und konstruktiv geschützt wird und bauphysikalische Vorkehrungen getroffen werden, die eine Schädigung des Holzes durch Feuchtigkeit und Schädlinge verhindern. Der konstruktive Holzschutz umfasst Witterungsschutz z.B. durch

große Dachüberstände, Abschrägung liegender Flächen, Abdeckung von Hirnholz mit Brettern, offene Bohrungen, Verschluss von Zapfenlöchern und Schlitzern und gute Belüftung aller Konstruktionsteile. In ÖNORM B 3802-1, B 3804 und DIN 68800-2 werden Konstruktionen, die die Bedingungen für die Gefährdungsklasse 0 (kein chemischer Holzschutz notwendig) erfüllen, angegeben.

Wird trotz allem chemischer Holzschutz angewandt, sind ausschließlich Mittel, die im österreichischen Holzschutzmittelverzeichnis enthalten sind (siehe ÖNORM B 3802) bzw. das deutsche RAL-Gütezeichen 830 tragen, einzusetzen bzw. Präparate, deren gesundheitliche Unbedenklichkeit außer Frage steht. Chromathaltige Salze oder Holzschutzmittel mit leicht flüchtigen Inhaltsstoffen wie Permethrin sind wegen der gesundheitlichen Risiken möglichst zu ersetzen.

Österreichisches Holzschutzmittelverzeichnis: Hrsg. ARGE Holzschutzmittel, A-1045 Wien, Wiedner Hauptstraße 63, <http://www.fcio.at>

Deutschland: Gütegemeinschaft Holzschutzmittel: Waidweg 2a, 63500 Seligenstadt, <http://www.holzschuetzen.de>

Exkurs Urwaldholz

- Tropenhölzer stammen aus den tropischen und subtropischen Wäldern in Asien, Afrika und Lateinamerika. Mehr als die Hälfte der natürlichen Tropenwaldfläche sind bereits verloren und nach wie vor werden jährlich rund 16 Millionen Hektar Tropenwald durch Raubbau vernichtet, das ist zweimal Österreichs Landesfläche. Nach Schätzungen des WWF sterben bei der gegenwärtigen Zerstörungsrate der Regenwälder jedes Jahr über 17000 Arten aus - jeden Tag mehr als 50. Stirbt eine Art aus, so kann das wegen der starken Abhängigkeiten untereinander auch das Ende für viele andere Arten sein.
- Auch als Plantagenholz bezeichnetes Holz stammt oft aus Urwäldern. Genauer Nachfragen ist auch bei Herkunft aus Südostasien, Afrika, dem Amazonas, Chile, Kanada, dem europäischen Teil Russlands oder Sibirien, den letzten sieben noch existierenden großen Urwaldregionen, sinnvoll.
- Urwaldholz kann sich in einer Vielzahl von Bauprodukten finden, von Fenstern und Türen, über Sockelleisten, Handläufen, Türstaffeln, Parkettböden, Furnieren für Möbel und Türen bis hin zu Holzanwendungen im Außenbereich für z.B. Terrassenböden usw. verstecken. Viele Tropenhölzer wie Teak, Meranti, Ramin und Gabun werden auch für Alltagszwecke verwendet.

6.2 Produktauswahl

Tabelle: Einstufung des IBO: Holz- und Holzwerkstoffe

	Holz- und Holzwerkstoffe	und	deren Alternativen	
	Ausbauplatten innen (LG 36, 37, 38, 39)			
☺	Massivholzplatte fünfschichtig		Massivholzplatte einschichtig	☺☺
☺	Spanplatte, zementgebunden		Massivholz, Nut-Feder	☺☺
☺	Spanplatte, kunstharzgebunden		Weichholz-Schalungsbretter	☺☺
☺	OSB-Flachpressplatte		Massivholzplatte dreischichtig	☺
☹	Spanplatte, kunstharzgebunden mit erhöhten Emissionen		Holzwohle-Leichtbauplatte	☺
☹	OSB-Flachpressplatte mit erhöhten Emissionen		Mitteldichte Faserplatten MDF	☺
☹	Sperrholzplatte		Holzhartfaserplatte, Trockenverfahren	☺
	Außenverkleidung (LG 36)			
☺	OSB-Flachpressplatte		Weichholz-Schalungsbretter	☺☺
☺	Spanplatte		Diffusionsoffene MDF-Platte	☺
☹	Holzwohle-Leichtbauplatte im Verbund im Dämmstoffen Holzfaserplatte, zementgebunden		Holzhartfaserplatte	☺
	Möbel			
☺	Spanplatte, kunstharzgebunden		Massivholzplatte, einschichtig	☺☺
☺	MDF-Platte		Massivholzplatte, dreischichtig	☺
☹☹	Sperrholzplatte		Holzhartfaserplatte, unbeschichtet	☺

Anmerkung: Holzfaserdämmplatten werden bei den Dämmstoffen abgehandelt.

Gewerke

LG 36 - Zimmermeisterarbeiten

LG 37 - Tischlerarbeiten

LG 38 - Holzfußböden

LG 39 - Trockenbauarbeiten

LG 43 - Türsysteme

6.3 Produktbeschreibung

Holz Hartfaserplatte (HB nach EN 622)

Die Holzfasern werden vorwiegend im Nassverfahren mit geringem Bindemittelanteil (ca. 1,5 M% üblicherweise Phenol-Formaldehyd-Harz), zu Holz Hartfaserplatten verarbeitet. Platten, die im Nassverfahren hergestellt wurden, erkennt man an der rückseitigen Siebmarkierung. Je nach Einsatzzweck werden die Platten außerdem mit Paraffin ("Wachs") hydrophobiert. Holz Hartfaserplatten werden vorwiegend in der Möbelindustrie sowie im Innenausbau verwendet, oft farbig beschichtet.

Ökologische Baustoffwahl

- ☺ Holzhartfaserplatten: bestehen aus Rest- und Durchforstungsholz und besitzen einen geringen Bindemittelanteil. Die Bindung erfolgt größtenteils durch Verfilzung der Fasern und durch Zugabe sehr geringer Mengen eines Bindemittels. Diese Platten zeigen daher i.d.R. geringe Schadstoffemissionen. Die ökologische Schwachstelle ist die relativ energieintensive Herstellung.
- ☹ Holzhartfaserplatten, die im Trockenverfahren hergestellt werden: entsprechen hinsichtlich ihrer ökologischen Eigenschaften eher den MDF-Platten.

Holzwohle-Leichtbauplatte

Holzwohle-Leichtbauplatten bestehen aus Holzwohle, die mit Zement oder kaustisch gebranntem Magnesit und Magnesiumsulfatlösung gebunden werden. Holzwohle-Leichtbauplatten werden als Putzträger für Wand- und Deckenaufbauten sowohl innen als auch außen eingesetzt. Zementgebundene Holzwerkstoffplatten können trotz des hohen Anteils organischer Bestandteile auf Deponien¹⁸ beseitigt werden, da das Holz mineralisiert und damit in einer für die Entsorgung unbedenklichen Form vorliegt. Holzwohle-Leichtbauplatten werden auch im Verbund mit Dämmstoffen (EPS-Dämmplatten, Polyurethan-Dämmplatten, Mineralwolle-Dämmplatten) hergestellt.

- ☺ Holzwohle-Leichtbauplatten als Putzträger: Die Holzwohle ist ein ausreichend vorhandener erneuerbarer Rohstoff, der aus Durchforstungshölzern und Altholz gewonnen wird. Die ökologische Schwachstelle ist der hohe Bindemittelgehalt.
- ☹ Holzwohle-Leichtbauplatten im Verbund mit Dämmstoffen: die Entsorgung ist erschwert, da vorher die Bestandteile getrennt werden müssen.

Massivholzplatten

Massivholzplatten bestehen aus verleimten, in der Faserrichtung parallel laufenden Holzteilen (Stäbe, Bretter oder Pfosten) ab 18 mm Breite. Sie werden unter Druck verklebt. Mehrschichtplatten werden aus mehreren Brettlagen Nadel- oder Edelholz hergestellt. Die Bretter werden mit Weißleim, modifizierten Melamin- oder Phenolharzen bei höheren Temperaturen und unter Druck verklebt.

- ☺☺ Massivholzplatten: bestehen durchwegs aus Vollholz. Bei einschichtigen Platten ist der Klebstoffanteil gering. Bei mechanischer Befestigung rückbaubar und vielseitig verwertbar; Unbehandelt im Hausbrand verwertbar
- ☺ Massivholzplatten, dreischichtig: bestehen durchwegs aus (verleimtem) Vollholz. Im Inneren der Platten ist auch optisch schlechteres Holz verwertbar – dadurch wird eine größere Materialausbeute erzielt. Der Klebstoffanteil ist höher als in einschichtigen Platten.
- ☹ Massivholzplatten, fünfschichtig: sind wegen des relativ hohen Klebstoffanteils weniger empfehlenswert als Dreischichtplatten.

Mitteldichte Faserplatte (MDF-Platte)

MDF-Platten werden im Trockenverfahren hergestellt und weisen einen relativ hohen Anteil an Kleb- und Zusatzstoffen auf. Die Holzfasern werden getrocknet und beleimt, zu Kuchen geschüttet und anschließend zu Platten gepresst. Herkömmliche MDF-Platten, die v.a. für Möbel eingesetzt werden,

¹⁸ Zementgebundene Holzwerkstoffplatten sind in Österreich gem. BGBl II, 49. Verordnung vom 23.01.2004 (Änderung der Deponieverordnung) der Aufzählung in der Anlage 2 der Deponieverordnung DepVO BGBl 1996/164 angefügt. In der EU gibt es keine Ausnahmeregelung für die Inertstoffdeponie.

werden mit Harnstoff-Formaldehydharz verleimt. Basierend auf diesen Werkstoffen wurden die diffusionsoffenen MDF-Platten entwickelt, die auch den höheren Anforderungen an Feuchtebeständigkeit im Bauwesen entsprechen. Die diffusionsoffenen MDF-Platten enthalten als Bindemittel PMDI- oder Phenolformaldehydleim und einen höheren Paraffinanteil.

- ☺ Diffusionsoffene MDF-Platten: Der Einsatz von MDF-Platten ist dort ökologisch gut zu vertreten, wo aufgrund der technischen Eigenschaften (z. B. Winddichtigkeit) auf zusätzliche Schichten (z. B. Windsperre) verzichtet werden kann.
- ☹ MDF-Platten für den Möbelbau: sollten wegen des hohen Bindemittelgehalts, der ökologische Belastungen und Formaldehydemissionen verursachen kann, nur für Spezialzwecke eingesetzt werden. Im Vergleich zu Spanplatten sind Farblackierungen weniger aufwendig und keine Kantenbeimung notwendig. Allerdings ist auch bei Massivholzplatten kein Kantenanleimer nötig.

OSB-Flachpressplatte

OSB-Platten (Oriented Strand Board) bestehen aus relativ großen Flachspänen (Strands) und werden im Allgemeinen dreischichtig mit PMDI-Harz (Polymeres Diphenylmethandiisocyanat) in der Mittelschicht und MUPF-Harzen (Melamin-Harnstoff-Phenol-Formaldehyd-Harz) in den Deckschichten (Anteil etwa 8 %) verklebt und mit einer Paraffinwachsemulsion beschichtet. OSB-Platten verfügen über eine ähnliche Festigkeit wie Sperrholzplatten und sind dabei formstabil wie Spanplatten.

- ☺ OSB-Platten mit niedrigem Bindemittelgehalt bzw. niedrigen Emissionswerten für aussteifende Zwecke bzw. als Bodenunterkonstruktion (anstelle von Nassestrich oder Gipsplatten)
- ☹ Produkte minderer Qualität können einen intensiven Geruch aufweisen und Aldehyde in nennenswertem Ausmaß abgeben.
- ☹ OSB-Platten als außenseitige Beplankung von gedämmten Leichtbaukonstruktionen erfordern üblicherweise innenseitig eine dampfsperrende Schicht. Ökologische Alternativen wie Weichholzschalungsbretter sind vorhanden.

Spanplatte kunstharzgebunden

Spanplatten bestehen aus Holzspänen, die mit Harz verpresst werden. Zusätzlich können Härter, Paraffine oder Schutzmittel zugegeben werden. Als Oberflächenbeschichtung können die verschiedensten imprägnierten Materialien, von Furnieren über PVC-Folien und kunstharz imprägnierte Papiere bis zu flüssigen Lacken zur Anwendung gelangen. Zumeist kommen Kunstharze wie formaldehydhaltige Harze oder Polyurethanharze zur Anwendung.

- ☹ Spanplatten, sonst im Bauwesen: sind aufgrund des hohen Bindemittelanteils, der ökologische Belastungen und Formaldehydemissionen verursachen kann, kritisch zu beurteilen. Sogenannte „formaldehydfreie“ Spanplatten werden mit Polyurethan-Leimen, die durch die Reaktion von hochgiftigen Isocyanaten entstehen, hergestellt. Isocyanate z.B. PMDI können bereits in geringen Mengen die Atemwege und die Lunge angreifen und allergische Lungenkrankheiten verursachen. Im ausgehärteten Zustand sind keine Emissionen von PMDI zu erwarten.
- ☹ Spanplatten im Möbelbau: wegen Bindemittelgehalt und aufwändiger Verarbeitung (Verleimung, Furniere, Kanten, Lackierung) weniger geeignet.
- ☹ Spanplatte für Außenwandaufbau erfordert üblicherweise innenseitig eine dampfsperrende Schicht. Ökologische Alternativen wie Weichholzschalungsbretter sind vorhanden.

☹☹ Spanplatten mit erhöhten Formaldehydemissionen (Richtwert: 0,05 ppm)

Spanplatte zementgebunden

Zementgebundene Spanplatten werden aus etwa 50-85 M.-% Portlandzement hergestellt. Als Armierung dienen Holzfasern. Zum vollständigen Erhärten benötigen sie 28 Tage. Zementgebundene Spanplatten verfügen über einen hohen Brand- und Schallschutz, sie sind wegen ihres Gewichts jedoch schwer zu handhaben.

- ☹ Spanplatten, zementgebunden, sind je nach Einsatzzweck zu bewerten. Wegen des hohen Zementanteils sind die Umweltbelastungen zur Herstellung im Vergleich zu anderen empfehlenswerten Holzwerkstoffen relativ hoch. Zementgebundene Spanplatten sollten daher dort eingesetzt werden, wo alternative Holzwerkstoffe die technischen Anforderungen nicht erfüllen können (z.B. hohe Brandschutzanforderungen).

Sperrholzplatten

Sperrholzplatten bestehen aus mindestens drei miteinander unter Druck und Hitze verleimten Holzlagen mit versetzten Faserrichtungen. Der Leimanteil ist höher als z.B. bei Span- oder OSB-Platten.

Furnierplatten bestehen aus parallel zur Plattenebene liegenden und kreuzweise miteinander verleimten Furnieren. Tischlerplatten haben eine dickere Mittellage aus unterschiedlich nebeneinanderliegenden Holzleisten. Die Furniere bestehen zum Teil aus Tropenholz, dessen Herkunft üblicherweise nicht überprüft werden kann. Solche Platten sollten nicht eingesetzt werden.

- ☹ Sperrholzplatten im Innenbereich, insbesondere Furniersperrholzplatten: sind wegen des hohen Klebstoffanteils, der ökologische Belastungen und Formaldehydemissionen verursachen kann, kritisch zu bewerten.
- ☹ Furniersperrholzplatten für den Möbelbau: sind wegen des hohen Klebstoffanteil der ökologische Belastungen und Formaldehydemissionen verursachen kann, kritisch zu bewerten. Alternativen sind ausreichend vorhanden.

Weichholz-Schalungsbretter

Diagonal-Schalungen aus Weichholzbrettern sind eine sehr einfache und ökologische Variante des Wandaufbaus.

- ☺☺ Dampfdiffusionsoffene Schalungen für außen, unbehandelt und bevorzugt aus regionaler Herkunft: dampfdiffusionsoffener Aufbau aus natürlichen Rohstoffen

7. BESCHICHTUNGEN UND ANSTRICHE

7.1 Überblick

Beschichtungen und Anstriche dienen dem Schutz von Oberflächen und Bauteilen, indem sie deren Lebensdauer verlängern. Optische Verschönerung steht aber meist im Vordergrund.

Üblich zur **Wandbeschichtung** sind vor allem Kunstharzdispersionen, technisch ausgereifte und leicht verarbeitbare Farben. Ressourcenschonendere Alternativen sind Kalk-, Kasein-, Leim- und Silikatfarben – am Besten in Pulverform. Das Anrühren auf der Baustelle erspart den Transport von Wasser, Konservierungsmittel werden überflüssig und als Verpackung genügen (beschichtete) Papiersäcke anstelle von Kunststoffgebinden.

Untergrundvorbereitungen wie Tiefengrundierungen können Lösungsmittel enthalten, besonders sogenannte Nikotinsperren sind oft Produkte, die einen hohen Lösungsmittelgehalt aufweisen. Als Pigment wird fast ausschließlich Titandioxid, ein hervorragend deckendes Weißpigment, eingesetzt. Das Pigment ist toxikologisch unbedenklich, die Herstellung aus Titanerzen ist jedoch ökologisch belastend. Am bekanntesten ist der Anfall großer Abfallmengen von Dünnsäure, die aufbereitet werden muss. Bei einem anderen Herstellungsverfahren kommen Chlorverbindungen zum Einsatz. Es ist sinnvoll, dass das verwendete Titandioxid zumindest den Emissionsbegrenzungen der EU-RL 92/112/EWG entspricht. Diese Richtlinie verpflichtet u.a. Unternehmen in Europa Abfälle aus der Titandioxidherstellung sowohl aus Sulfat- als auch Chloridverfahren zu vermeiden, zu verwerten oder – ohne die menschliche Gesundheit zu gefährden oder die Umwelt zu schädigen – zu entsorgen.

Kalk und Pfeifenton, Weißpigmente, mit geringerer Deckkraft und Aufhellungsvermögen, sind umweltfreundlichere Alternativen.

Von Interesse bei Wandfarben sind aus ökologischer Sicht die Inhaltsstoffe, die Emissionen nach der Verarbeitung, die Dampfdiffusionsfähigkeit, die Verpackung und die Entsorgung.

Bodenbeläge aus Holz, aber auch aus anderen Materialien werden für eine bessere Pflegbarkeit und zur Verlängerung der Lebensdauer beschichtet oder imprägniert. Türen und Zargen aus Holz und Metall werden beschichtet. **Beschichtungen** auf Holz können aus natürlichen Ölen und Wachsen, aus modifizierten Ölen oder aus Kunstharzen bestehen. Wenn eine Lackierung gewünscht ist, ist grundsätzlich eine wasserverdünnbare Versiegelung auszuschreiben. Wasserverdünnbare Versiegelungen zeichnen sich durch einen geringen Lösungsmittelgehalt aus. Hauptaugenmerk dabei ist auf die Vermeidung von Lösungsmittlemissionen zu legen.

Reaktionslacke sind Lacke, die durch eine chemische Reaktion aushärten. Es handelt sich meistens um einen Zweikomponentenlack (die beiden Komponenten Stammlack und Härter müssen zuerst gemischt werden). Reaktionslacke sind zum Beispiel Polyesterlacke, säurehärtende Lacke und Polyurethanlacke (auch lösungsmittelfreie 2K und 1K Systeme). Während der Verarbeitung von Reaktionslacken werden vergleichsweise große Mengen an flüchtigen organischen Substanzen freigesetzt. Außerdem kommt es zur Freisetzung von gesundheitsschädlichen Monomeren. Werden Isocyanate als Härter eingesetzt, sind auch wasserlösliche, lösemittelfreie Systeme gesundheitsgefährdend.

7.2 Produktauswahl

Tabelle: Einstufung des IBO: Wandfarben

	Wandfarben	und	deren Alternativen	
	Innenwandfarben mit üblicher Luftfeuchte ¹⁹ (LG 46, 47)			
☹	Leimbinderfarbe		Leimfarbe in Pulverform	☺
☹	Silikatfarbe		Leimfarbe, verarbeitungsfertig	☹
☹	Dispersionssilikatfarbe		Kalkfarbe ²⁰	☺☺
☹	Kunstharzdispersionsfarbe emissionsarm		Kaseinfarbe	☺☺
☹	Kunstharzdispersionsfarbe		Naturharzdispersionsfarbe	☹
☹	Latexfarbe, emissionsarm		Kalkdispersionsfarbe	☹
☹	Latexfarbe			
	Innenwandfarben mit erhöhter Feuchtebelastung ²¹ (LG 46)			
☹☹	Wandfarben mit Fungizidzusatz		Kalkfarbe	☺☺
			Silikatfarbe	☹
			Dispersionssilikatfarbe	☹
			Dispersionalkfarbe	☹
	Fassadenfarben			
☹	Silikonharzfarbe		Silikatfarbe	☺☺
☹	Kunstharzdispersionsfarbe		Dispersionssilikatfarbe	☹
	Beschichtungen auf Holz oder Metall			
☹☹	Lösungsmittelhaltige Beschichtungen		Öle und Wachse aus nachwachsenden Rohstoffen, emissionsarm (auf Holz)	☺☺
☹☹	Säurehärtende Lacke		Wasserbasierte Beschichtungen	☹

Gewerke

LG 45 - Beschichtungen auf Holz und Metall

LG 46 - Beschichtungen auf Mauerwerk, Putz und Beton

LG 47 - Tapetenarbeiten

7.3 Produktbeschreibung

Beschichtungen auf Holz oder Metall

- ☺☺ Beschichtungen aus Ölen und Wachsen, emissionsarm, aus nachwachsenden Rohstoffen: Vorteile der nachwachsenden Rohstoffe für Beschichtungen sind die Förderung der nachhaltigen Bewirtschaftung auch in Trikontländern, Vermeidung von Nebenprodukten, Vermeidung toxikologisch sehr relevanter Stoffe, problemlose Entsorgung, geringer Verbrauch, geringer Reinigungsaufwand und die einfache Erneuerung solcher Oberflächen. Eine sachgerechte

¹⁹ einschließlich privat genutzter Küchen und Bäder

²⁰ bei der Anforderung nach erhöhter Abriebfestigkeit, wie z.B. in Treppenhäusern und Fluren öffentlicher Gebäude sind nur hochhydraulische Kalkmörtel geeignet

²¹ z.B. gewerblich bzw. öffentlich genutzte Bäder, Duschen und Küchen

Ökologische Baustoffwahl

Verarbeitung verhindert Fehlreaktionen beim Abbinden und damit die Bildung unangenehmer Gerüche.

- ☺ Wasserbasierte Beschichtungen: haben einen geringen Lösungsmittelanteil
- ☹☹ Lösungsmittelhaltige Beschichtungen: beeinträchtigen Umwelt und Raumklima.
- ☹☹ Säurehärtende Lacke: emittieren Formaldehyd.

Leimfarben

Leimfarben bestehen aus Farbpigmenten z.B. Kreide oder Pfeifenton und pflanzlichem Stärkeleim oder Methylzellulose. Methylzellulose wird chlorchemisch hergestellt, ist als Bindemittel in der Nutzung jedoch unbedenklich. Sie werden als Pulverfarbe, aber auch bereits fertig angerührt angeboten. Mischungen mit Kunstharzen sind üblich und werden z.B. als Leimbinderfarbe angeboten. Leimfarben sind geeignet für wenig feuchtebelastete und wenig beanspruchte Oberflächen.

- ☺ Leimfarbe, pulverförmig: Einfache Zusammensetzung, leichte Entfernbarkeit vom Untergrund, keine Konservierungsmittel,
- ☹ Leimfarbe fertig angerührt: Verarbeitungsfertige Farbe hat wegen des Wassergehaltes ein höheres Transportgewicht und eine aufwändigere Verpackung. Konservierungsmittel nötig.
- ☹ Leimbinderfarbe: Alternative zu reinen Kunstharzdispersionen

Kalkfarben

Kalkfarbe setzt sich aus gelöschtem Kalk und Wasser ohne weitere Zusatzstoffe zusammen. Es müssen kalkechte Pigmente zugesetzt werden, sodass nur Pastelltöne erzielbar sind.

Kalkfarbe ist bei der Verarbeitung ätzend. Sie wird sehr dünn aufgetragen, muss bis zu 3-4mal gestrichen werden, damit sie ausreichend deckt und lässt sich oftmals überarbeiten. Zur leichteren Verarbeitbarkeit können Kalkfarben Dispersionen zugesetzt werden.

- ☺☺ Kalkfarben ohne Kunststoffzusätze bestehen aus regional verfügbaren und ausreichend vorhandenen Rohstoffen. Sie sind dampfdiffusionsoffen, keine Emissionen in die Raumluft.
- ☹ Dispersionskalkfarben: Kunststoffzusatz verursacht Umweltbelastungen.
- ☺ Dispersionskalkfarben sind für feuchtebelastete Räume technisch gut geeignet.

Kaseinfarben

Kasein wird mit geringen Mengen an Kalk oder Borax aufgeschlossenen und ergibt einen technisch hochwertigen, leicht verarbeitbaren Anstrich, der auch als Pulverfarbe angeboten wird.

- ☺☺ Kaseinfarbe, auch ohne Titandioxid erhältlich, in Pulverform.

Achtung: kann auch längerfristig abhängig von Temperatur und Luftfeuchtigkeit nach Molke riechen. Üblicherweise ist der Geruch nach 2-3 Tagen abgeklungen.

Latexfarben

Als Latexfarben werden sehr strapazierfähige Dispersionsfarben bezeichnet. Der Begriff ist nicht definiert und gibt daher keine Angaben über das Bindemittel. Latex ist in heutigen Latexfarben nicht enthalten.

- ☹ Für besonders hohe Anforderungen, wenn emissionsarm
- ☹ In Innenräumen ohne besondere Beanspruchung. Emissionen wahrscheinlich.

Silikatfarben

Reinsilikatfarbe wird auch Wasserglasfarbe oder, nach dem Erfinder A.W. Keim, Keimfarbe genannt. (Kali)Wasserglas dient als Bindemittel bei Reinsilikatfarben. Kaliwasserglas ist eine dickflüssige, ölige, farblose Flüssigkeit, die eine wässrige kolloidale Lösung von Kieselsäure darstellt. Man gewinnt Kaliwasserglas durch Zusammenschmelzen von Quarzsand, Calciumcarbonat und Kohle (alles fein pulverisiert). Das farblose Fixativ, also das Bindemittel Kaliwasserglas, kann für Grundierungen stark saugender Untergründe ausnahmsweise mit Wasser verdünnt werden. Reinsilikatfarben bestehen aus 2 Komponenten und werden nur von Professionsisten verwendet.

Zur leichteren Verarbeitung wird, im Gegensatz zur Reinsilikatfarbe, bei Dispersionssilikatfarbe neben Wasserglas noch Kunstharzdispersion als Bindemittel eingesetzt. Anstriche mit Dispersionssilikatfarbe bilden keine Filme, sondern verbinden sich mit dem Untergrund. Sie sind gegen sauren Regen und Industrieabgase weniger empfindlich als Kalk- oder Zementfarben. Dispersionssilikatfarbe wird als 1-Komponentenfarbe für Fassaden- und Innenanstriche verwendet.

☺☺ Silikat-Fassadenfarbe aus mineralischen Rohstoffen, diffusionsoffen bei guter Witterungsbeständigkeit

☺ Silikat-Innenfarbe im Feuchtbereich, weil keine Biozide nötig.

☺ Dispersionssilikatfarbe für Fassadenanstriche

☺ Dispersionssilikatfarbe im Feuchtbereich, weil keine Biozide nötig.

Natur- und Kunstharzdispersionsfarben

Dispersionsfarben sind die heute am häufigsten verwendeten Farben. Ihre Bindemittel (Natur- oder Kunstharze) sind nicht wasserlöslich, sondern als relativ große feste Teilchen im Wasser fein verteilt (dispergiert). Als Kunstharze werden Polyvinylacetat (PVAC), Polyvinylpropionat (PVP), Styrol-Butadien und Acrylate verwendet. Bindemittel aus Naturharzen sind beispielsweise Bienen- und Baumwachse, Pflanzengummis und Pflanzenleime. Mit steigendem Bindemittelanteil wird Dispersionsfarbe hochwertiger und beständiger. Die Herstellung von Kunstharzen ist weitaus umweltbelastender als die Herstellung der Bindemittel von Kalk- oder Leimfarben. Titandioxid muss bei Dispersionsfarben (im Gegensatz zu anderen Farbtypen, wie Leim- oder Kalkfarbe) eingesetzt werden.

☺ Naturharzdispersionen, emissionsarm: enthalten nachwachsende Rohstoffe; anfangs Geruch durch ätherische Öle möglich

☺ Emissionsarme Dispersionsfarben. Auch wenn keine VOC enthalten sein sollten, sind APEO's und Isothiazolinone mögliche Inhaltsstoffe.

☹ Kunstharzdispersionen: Produktion aus Kunstharzen ist aufwändig. Hilfsstoffe meist ökologisch bedenklich. Lösungsmittel (VOC) werden eingesetzt.

Silikonharzfarben

Silikonharzfarben nehmen eine Brückenfunktion zwischen den organischen und den mineralischen gebundenen Farben ein: Sie basieren auf einem mineralischen, auf Silicium aufbauenden, in Wasser emulgierten Siliconharz, das beim Erhärten zu einer quarzähnlichen Struktur reagiert, in Kombination mit einer Kunstharzdispersion.

Silikonharzfarben sind wasserdampfdurchlässig, aber auch wasserabweisend und resistent gegen Luftschadstoffe. Sie eignen sich deshalb besonders für Fassadenanstriche. Im Gegensatz zu den rein mineralischen Silikatfarben sind sie aber brennbar. Als Schutz gegen Befall vor Mikroorganismen, insbesondere vor Algen und Moos, werden sie häufig algizid und fungizid ausgerüstet.

Die Herstellung von Silikonen ist ein umweltbelastender Prozess der Chlorchemie. Im Verlauf der Produktion werden chlorierte Kohlenwasserstoffe freigesetzt. Toxikologisch sind „reine“ Silikone als unproblematisch einzustufen.

⊗ Silikonharzfarben sind in der Herstellung umweltbelastend.

8. BODENBELÄGE

8.1 Überblick

Bodenbeläge gehören zu den meist beanspruchten Materialien im Innenausbau. Daher gilt besonders für Bodenbeläge, dass Materialien passend zum Einsatzzweck und Einsatzort gewählt werden müssen, damit sie möglichst lange halten.

Es gibt gravierende Unterschiede zwischen einzelnen Produkten. Produkte mit hoher Qualität verfügen über eine längere Lebensdauer, benötigen weniger Pflegeaufwand und sind oft aus Unternehmen mit ausgeprägterem Umweltbewusstsein.

Die Nuttschichtdicke ist ein wichtiger Parameter für die Nutzungsdauer von Holzböden und damit auch ein wichtiges ökologisches Kriterium. Die EN 13489 "Holzfußböden, Mehrschichtparkettelemente" fordert eine Mindestnuttschichtdicke von 2,5 mm, die EN 13226 "Holzfußböden, Massivholz-Parkettstäbe mit Nut und/ oder Feder" eine Mindestdicke von 14 mm und eine Nuttschichtdicke von mind. 35 % der Gesamtdicke. Für Mehrschichtparkettelemente aus Weichholz oder über 12 mm Dicke ist eine Mindestnuttschichtdicke von 4 mm empfehlenswert.

Viele Unterschiede zwischen einzelnen Produkten gibt es z.B. im Bereich der Fertigparkette. Aus ökologischer Sicht ist ein einschichtiger Fertigparkett, das sind massive Riemen, werkseitig zu verlegefreundlichen Modulen verarbeitet und beschichtet, mit einer reversiblen Befestigung positiver zu beurteilen, als ein Fertigparkett mit nur 2 mm Nuttschicht.

Furnierböden aus Spanplatten, mit dünnem Furnier verklebt, lackbeschichtet und mit einem Gegenzugpapier versehen, weisen einen hohen Kleberanteil und geringe Lebensdauer auf. Sie können nicht als umweltfreundlich bezeichnet werden. Ähnlich große Bandbreiten gibt es auch innerhalb der keramischen, elastischen und textilen Bodenbeläge.

Wegen ihrer großen Fläche gehören Bodenbeläge sowie ihre Verklebungen und Beschichtungen zu den Hauptquellen von Schadstoffen in Innenräumen.

Wichtige Kriterien für die Auswahl eines Bodens aus ökologischer Sicht sind vor allem geringe Schadstoffemissionen, Erfüllung des Einsatzzweckes, Lebensdauer, Reinigungs- und Pflegeeigenschaften. Die ökologischen Eigenschaften eines Bodenbelages werden von der Unterkonstruktion, der Befestigung und der etwaigen Oberflächenbehandlung maßgeblich beeinflusst.

Da die Aufwände für die Reinigung eines Belages die Aufwände für die Herstellung betrachtet über die gesamte Lebensdauer übersteigen, ist die Berücksichtigung von Reinigungskonzept und Reinigungsmittel bereits in der Planungsphase anzuraten.

Hilfestellung zur Auswahl von Reinigungsmitteln finden sich auf <http://www.iclei-europe.org/index.php?id=524> im Rahmen von Procura + Criteria sowie bei „die umweltberatung“, www.umweltberatung.at, die halbjährlich eine Produktliste umweltschonender Wasch- und Reinigungsmittel für den Großhaushalt aktualisiert und Ausschreibungstexte anbietet.

Zur Auswahl von Holzböden siehe auch Bodenfolder von Ökoinform auf <http://www.ecology.at/oekoinform/>

8.2 Produktauswahl

Tabelle: Einstufung des IBO: Bodenbeläge

	Bodenbeläge	und	deren Alternativen	
	Bodenbeläge für Büroräume (LG 27, 28, 29, 38, 50) mit starker Beanspruchung			
☺	Laminatboden		Kunststeinbelag oder Terrazzo mit Recyclingzuschlag	☺☺
☹☹	Kunststeinbelag kunstharzgebunden		Keramische Fliesen mit Abriebgruppe 4	☺☺
☹☹	Kunststoffteppich		Parkettboden, geölt, auf Polsterhölzern	☺☺
☹☹	PVC-Belag		Mosaikparkett, geölt	☺☺
			Linoleum	☺
			Gummi- bzw. Kautschukbelag	☺
			Feinsteinzeug poliert	☺
	Bodenbeläge für Büroräume (LG 27, 28, 29, 38, 50) mit geringer Beanspruchung			
☺	Kunststoffteppich, emissionsarm		Parkettboden, geölt, auf Polsterhölzern	☺☺
☺	Gummi- bzw. Kautschukbelag		Mosaikparkett, geölt	☺☺
☹	Polyolefin-Belag		Mehrschichtparkett	☺
☹☹	PVC-Belag		Linoleumbelag	☺
☹☹	Korkboden mit PVC-Beschichtung		Naturfaserteppich, emissionsarm	☺
			Korkparkett, vollflächig verklebt	☺
			Korkfertigparkett	☺
	Bodenbeläge für Kindergärten, Schulen (Hausschuhe) (LG 38, 50)			
☺	Laminatboden		Schiff- oder Dielenboden unbehandelt oder geölt bzw. gewachst, emissionsarm.	☺☺
☺	Gummi- bzw. Kautschukbelag		Parkettboden, geölt, auf Polsterhölzern	☺☺
☹☹	PVC-Belag		Mosaikparkett, geölt	☺☺
			Linoleumbelag	☺☺
	Bodenbeläge für Feuchträume, Eingangsbereiche etc. (LG 27, 28, 29, 50)			
☹	Feinsteinzeug poliert		Keramische Fliesen Abriebgruppe 4	☺☺
☹	Naturstein, weite Transportwege		Kunststeinbelag oder Terrazzo mit Recyclingzuschlag	☺☺
☹☹	Kunstharzgebundener Kunststein		Naturstein	☺
☹☹	PVC-Belag		Gummi- bzw. Kautschukbelag	☺

Gewerke

LG 27 - Terrazzoarbeiten

LG 28 - Natursteinarbeiten

LG 29 - Kunststeinarbeiten

LG 38 - Holzfußböden

LG 50 - Klebearbeiten für Bodenbeläge

8.3 Produktbeschreibung

Böden aus Holz- und Holzwerkstoffen

Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen werden im Wesentlichen in Massivholzböden und Mehrschichtböden unterschieden.

Die Stärken von Holzböden liegen nicht nur in ihrer Umweltfreundlichkeit. Ihr Aussehen lässt sich über die Jahre hinweg erhalten - andere Beläge lassen sich nicht mehr renovieren. Holzböden sprechen viele Menschen an und vermitteln ein Gefühl von Behaglichkeit wie sonst kaum ein Belag.

Bei Holzböden (im Gegensatz zu anderen Bodenbelägen) zusätzlich von Relevanz ist die Oberflächenbeschichtung.

Zu den Massivholzböden zählen die

- Dielen- oder Schiffböden (lange Bretter mit Nut und Feder an den Längsseiten, meist aus Weichholz),
- Stab- und Riemenparkette (meist Harthölzer mit umlaufender Nut- und Feder in Längen von 250-1000 mm und Breiten von 45-80 mm),
- Mosaik- oder Massiv- oder Klebeparkette (aus Lamellen mit Längen von 80-130 mm und Breiten von 18-50 mm) sowie
- Holzpflaster (aus quaderförmigen Klötzchen, als Trittläche wird das Hirnholz verwendet).

Für eine bessere Holzausbeute und um das Arbeiten des Holzes zu verringern wurden schon früh mehrschichtige Elemente, wie Sternparkett entwickelt. Häufig sind sie mit Clickverbindung ausgestattet.

Heute von Bedeutung sind

- Mehrschichtparkette, oft auch Fertigparkett genannt (meist im Werk oberflächenbehandelte Dielen mit umlaufender Nut und Feder)
- Korkfertigparkettelemente (Decklage aus Presskork auf Holzwerkstoff-Träger, als Gegenzug häufig ebenfalls eine Korksicht als zusätzliche Wärme- und Trittschalldämmung).
- Laminatböden (Holzwerkstoff als Mittelschicht mit Gegenzug und Nuttschicht aus Papier mit Harzen verpresst) und
- Furnierböden (Holzwerkstoff mit Gegenzug und als Nuttschicht eine Holzurnier mit Versiegelung).

Befestigung und Oberflächenbeschichtung haben erheblichen Einfluss auf die ökologischen Kennwerte eines Bodenbelages. Die Befestigung mit Nägeln auf Polsterhölzern oder Blindboden ist weit bessere ökologische Kennwerte auf als eine Verklebung auf Estrich. Eine zusätzliche Optimierung kann mit der zwischen den Polsterhölzern liegenden Dämmung erfolgen. Sie könnte z.B. aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen.

Leimfreie Verlegung erleichtert den Ausbau und die mögliche Wiederverwendung von Bodenelementen und ist für kurzlebige Produkte, wie es Laminat- oder Mehrschichtparkette sein können, zu bevorzugen.

- ☺☺ Schiff- oder Dielenboden auf Polsterhölzern, aus regional verfügbaren Hölzern, Oberflächenbehandlung roh oder mit wasserverdünnbaren Produkten aus natürlichen Ölen und/oder Wachsen: Das Herstellungsverfahren – Schneiden, Trocknen (mit Biomasse) und Hobeln – verursacht geringe Umweltbelastung. Holzböden können thermisch verwertet werden, wenn sie nicht lackiert sind, auch im Hausbrand. Böden können gut in weniger stark beanspruchten Bereichen, dort wo Hausschuhe getragen werden, eingesetzt werden.
- ☹ Schiff- oder Dielenboden in feuchtebelasteten Eingangsbereichen: wird nur eine kurze Lebensdauer erreichen.
- ☹ Schiff- oder Dielenboden mit Kunstharzversiegelung: Versiegelung auf Weichholz hat geringe Lebensdauer.
- ☺☺ Riemen- und Stabparkette auf Polsterhölzern bzw. Blindboden, aus regional verfügbaren Hölzern Oberflächenbehandlung roh oder mit lösemittelfreien Produkten aus natürlichen Ölen und/oder Wachsen: Nageln oder Schrauben auf Blindboden ist eine haltbare Verbindung, die ökologisch weit besser abschneidet als die vollflächige Verklebung. Sie werden meist aus Harthölzern gefertigt, was bei entsprechender Nuttschichtdicke eine lange Lebensdauer erwarten lässt. Thermische Verwertung wie Diele.
- ☺☺ Klebeparkett aus regional verfügbaren Hölzern, mit emissionsarmen Klebstoffen verklebt, Oberflächenbehandlung roh oder mit lösemittelfreien Produkten aus natürlichen Ölen und/oder Wachsen: Klebeparkett ist eine robuste Alternative. Die geringe Materialintensität (wenig Holz, kein Leim im Holzelement, wenig Verschnitt) und die lange Lebensdauer sprechen sehr für Klebeparkett. Lösemittelfreie Klebstoffe sind Pulverklebstoffe aus kunststoffmodifiziertem Zement oder Dispersionskleber, die sich nur bedingt für die Verklebung unruhiger Hölzern wie Buche oder auf Fußbodenheizung eignen.
- ☺ Mehrschichtparkett mit ausreichender Nuttschichtdicke, emissionsarm, mit vollflächiger emissionsarmer Verklebung auf dem Untergrund: Meist aus 2 oder 3 Schichten aufgebaut, mit umlaufender Nut und Feder, sind Mehrschichtparkette in der Herstellung aufwändiger als Massivböden. Bereits im Werk oberflächenbehandelte Elemente haben den Vorteil, dass die anfangs hohen Emissionen zum Großteil bereits verflüchtigt sind, wenn die Böden verlegt werden. Kunden können auch bei werkseitig hergestellten Oberflächenbeschichtungen zwischen Kunst- und Naturharzen wählen. Manche werden mit UV-Licht gehärtet, wobei wenig bis gar kein Lösungsmittel verwendet wird. UV-härtende Öle ähneln in ihren Eigenschaften eher den Kunstharzlacken, tatsächlich ist der Anteil an nachwachsenden Rohstoffen in solchen Produkten eher gering. Eine vollflächige Verklebung erhöht die Lebensdauer.
- ☹ Laminatboden, emissionsarm: Heutzutage werden fast nur noch Laminatböden hergestellt, die eine leimlose (Klick-)Verbindung, zulassen, bei dem ein Paneel in das andere einrastet. Laminat fühlt sich - anders als echtes Holz - kühl an, und beim Begehen mit hartem Schuhwerk klingt er laut und die Oberflächenspannung kann hoch sein. Bei Beschädigungen kann er nicht abgeschliffen werden, beschädigte Stellen lassen sich jedoch mit speziellen Spachtelmassen ausbessern. Laminat lässt sich leicht reinigen, die thermische Verwertung in größeren Anlagen ist möglich.

- ☺ Korkfertigparkett, emissionsarm: Bei der ökologischen Produktauswahl sollte darauf geachtet werden, dass Trägerschicht und Gegenzug ebenfalls aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen und die Nutzschiene mindestens 4 mm dick ist, damit der Korkfertigbelag nachgeschliffen werden kann. Aus Melamin- und Phenol-Formaldehydharz in den Holzwerkstoffplatten, der Verleimung, aber auch aus der Oberflächenversiegelung kann Formaldehyd freigesetzt werden. Emissionen von Lösungsmitteln (VOC) und Formaldehyd können durch eine Fußbodenheizung erheblich steigen.

Böden aus mineralischen Ausgangsstoffen

Fliesen, Feinsteinzeug, Kunststein, Terrazzo und Naturstein bestehen aus mineralischen Ausgangsstoffen. Ihr hohes Gewicht und bei keramischen Erzeugnissen die hohen Brenntemperaturen führen in der Herstellung zu Umweltbelastungen. Wenig Reinigungsbedarf, so gut wie keine Emissionen und lange Lebensdauer wiegen diese Belastungen wieder auf. Für die Pflege und Imprägnierung von Steinböden werden allerdings oft stark lösungsmittelhaltige Produkte eingesetzt. Transporte aus Brasilien oder China sind keine Seltenheit. Radioaktivität kann bei manchen Gesteinen wie z.B. Granit oder Glasuren auftreten.

In der Entsorgung sind sie als inerte Produkte auf Baurestmassen ablagerbar, aber auch als Zuschlagsstoffe gut rezyklierbar.

- ☺☺ Gesintertes Feinsteinzeug: erfordert nur einfachen Brand und hat durch den homogenen Aufbau und die große Härte eine lange Lebensdauer
- ☺ Feinsteinzeug poliert: ist fleckanfälliger als normales Feinsteinzeug.
- ☹ Feinsteinzeug poliert in Eingangsbereichen und Feuchträumen.
- ☺☺ Terrazzo und Kunststein in stark beanspruchten Bereichen mit Zement als Bindemittel: sind langlebig und mit leicht zu reinigen. Für eine ebene Oberfläche werden sowohl die vor Ort verlegten Terrazzi als auch die Fliesen geschliffen und imprägniert. Zementär gebundene Werkstoffen sind auf saure Reinigungsmittel empfindlich. Dieser Umstand sollte bereits bei der Erstreinigung berücksichtigt werden und in die Ausschreibung integriert werden.
- ☹☹ Kunststeine mit Kunstharzen als Bindemittel: verursachen durch die Herstellung von Kunststoffbindemitteln Umweltbelastungen und Lösungsmittellemissionen.
- ☺ Naturstein, leicht zu pflegen
- ☹ Naturstein mit weiten Transportwegen, schwierig zu pflegen.

Elastische Bodenbeläge

Zu den elastischen Bodenbelägen zählen so unterschiedliche Produkte wie PVC-, Linoleum-, Gummi- bzw. Kautschuk-, Polyolefin- und Korkbelag. In manchen Normen werden Laminat und elastische Bodenbeläge gemeinsam behandelt.

- ☹☹ PVC-Bodenbeläge: Herstellung von PVC-Belägen aus z.T. giftigen Ausgangsstoffen, Migration von Weichmachern während Nutzung, Entsorgung in Müllverbrennungsanlagen zum Teil unter Rückgewinnung der Salzsäure, Rücknahmesysteme im Aufbau, Rücklaufquoten derzeit gering.
- ☹ Polyolefinbeläge: Starke Maßänderungen möglich, daher kurze Lebensdauer zu erwarten. Polyolefine gelten im Vergleich zu anderen Kunststoffen wie z.B. PVC als umweltverträglicher (direkte Gewinnung der Monomere ohne toxikologisch problematische Zwischenprodukte, keine Zugabe von Weichmachern notwendig, humantoxikologisch auch im Bereich des Monomeren relativ

unproblematisch, unproblematische Entsorgung). Sie neigen wegen starken Maßänderungen bei Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen zu Beulen und Blasenbildung. Eine fehlerfreie, lang haltbare Verklebung ist schwierig.

- ☺☺ Linoleumbeläge: Vorwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen wie Leinöl und Jute hergestellt, ist dieser Belag in der Herstellung wenig umweltbelastend. Bei richtiger Pflege hält der Belag lange. Linoleum ist bei guter Pflege ein empfehlenswerter Bodenbelag, gefährliche Inhaltsstoffe z.B. Schwermetalle in Farbstoffen sind ausgeschlossen, der Geruch gering.
- ☺ Linoleumbeläge im Bürobereich: gut geeignet, allerdings Pflegeaufwand eher hoch.
- ☹ Gummi- bzw. Kautschukbeläge, emissionsarm, in stark beanspruchten Bereichen: Angeboten werden meist Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR), Butylkautschuk (IIR), Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPM) sowie Ethylen-Propylen-Terpolymer (EPDM)-Beläge. Der bedeutendste Anteil kommt dabei SBR-Belägen zu, die leicht zu verarbeiten sind und eine gute Alterungsbeständigkeit aufweisen. Ihre Herstellung aus fossilen Rohstoffen mit problematischen Zwischenprodukten wie z.B. Styrol ist ihr ökologischer Schwachpunkt. Geruch und Emissionen z.B. von Nitrosaminen möglich.
- ☺ Gummi- bzw. Kautschukbeläge, emissionsarm, in stark beanspruchten Bereichen: Gummibeläge sind strapazierfähig und benötigen wenig Reinigungsaufwand. Ihre Entsorgung erfolgt z.B. in Müllverbrennungsanlagen oder sie werden recycelt z.B. als Gummigranulat für Fallschutzmatten.
- ☺ Korkfliesen, unbehandelt oder ökologisch beschichtet, mit emissionsarmen Klebstoff verlegt: Korkfliesen werden vollflächig mit dem Untergrund verklebt. Es empfiehlt sich ein geeigneter Kleber auf der Basis von Naturkautschuk, Kasein und Kolophoniumglycerinester, wie er von verschiedenen Naturfarbenherstellern angeboten wird, zumindest jedoch ein emissionsarmer lösemittelfreier Dispersionsklebstoff (z.B. Emicode EC1). Oberflächenbehandlungen mit Wachs bzw. Hartöl können schon ab Werk vorhanden sein, vor Ort wird dann eine entsprechende Endversiegelung durchgeführt.
- ☹☹ Korkboden mit PVC-Versiegelung: Eine Spezialform von Korkfliesen sind Platten aus einem Presskorkrücken, ggf. an der Oberseite mit Holz- oder Korkfurnier, und aufkaschierter homogener PVC-Verschleißschicht. Die Rückseite dieser Beläge ist mit einer PVC-Folie als Gegenzug versehen. Die PVC-Schicht ist äußerst widerstandsfähig, kann aber nie nachversiegelt oder erneuert werden. Diese PVC-Korkfliesen sind aus ökologischer Sicht nicht zu empfehlen: einerseits wegen der problematischen Produktlebenslinie von PVC, andererseits werden durch die vollständige Versiegelung die raumklimatisch vorteilhaften Eigenschaften von Korkfliesen zunichte gemacht.

Textile Bodenbeläge

Verschiedene Kunst- und Naturfasern (Polyamid (> 80), Polypropylen, Polyacrylnitril und Polyester, Wolle, Jute, Kokosfasern, Sisal, Seide und Baumwolle sowie Mischgarne werden in der Nutzschicht als Flor- bzw. Polmaterial verarbeitet. Als Trägermaterial werden i.d.R. Polypropylen und vereinzelt auch Jutegewebe eingesetzt. Als Kleber dienen synthetisches SBR-Latex oder Naturlatex, aber auch PVC wird eingesetzt.

Die Rückenschicht besteht aus folgenden Materialien:

Textilrücken aus Gewebe oder Vlies (ca. 80 % Marktanteil)

Schaumrücken aus Syntheselatex (ca. 10 % Marktanteil)

Schwerbeschichtung aus Bitumen, PVC oder Polyurethanschaum (ca. 10 % Marktanteil)

Rückenschichten aus Syntheselatex oder Naturlatex können dabei bis zu 75 % mineralische Füllstoffe (z.B. Kreide, Aluminiumhydroxid) enthalten, wobei Aluminiumhydroxid gleichzeitig als Flammschutzmittel dient.

Zur Farbgebung können anorganische und organische Pigmente sowie organische Farbstoffe eingesetzt werden, die zum Teil Schwermetalle enthalten. Neben den Farbmitteln werden auch Färbereihilfsmittel wie chlororganische Farbbeschleuniger (Carrier) sowie Antistatika eingesetzt.

Für Teppiche sprechen einige Komfortkriterien:

- verfügen über eine fußwarme und weiche Oberfläche;
- verbessern die Schalldämmung des Bodens (je schwerer und dicker der Teppich, desto günstiger der Trittschallschutz);
- verringern das Verletzungsrisiko beim Fallen;
- sind trittelastisch und wärmeisolierend.

Nachteilig sind je nach eingesetztem Material und Qualität mögliche Geruchsbelästigungen und Schadstoffemissionen, die aufwendige Reinigung und die problematische Entsorgung.

Ausgeschrieben werden sollte eine reversible Befestigung, entweder Verspannen auf Filzuntergrund oder Verkleben mittels Klettverschluss (Verklebung des Klettverschlusses mit emissionsarmem Klebstoff)

- ☺ Naturfaserteppich, emissionsarm, ohne Mottenschutz, wenn gewünscht, Verklebung emissionsarm
- ☹ Kunstfaserteppich, emissionsarm, lange Lebensdauer, Verklebung emissionsarm
- ☹☹ Kunstfaserteppich bei hoher Beanspruchung kurze Lebensdauer, Emissionen und Geruch, Verklebung nicht emissionsarm

9. TÜREN

9.1 Überblick

Eine Tür ist laut Norm ein beweglicher Bauteil, der dem Abschluss von Öffnungen dient und nicht für den Fahrzeugverkehr vorgesehen ist, samt zugehörigen Einbauelementen. Anforderungen an Innentüren sind Raumtrennung, Gestaltung, Schall- und Wärmeschutz. Türblätter werden in Füllungstürblätter, Vollbautürblätter und Stahltürblätter unterschieden.

Die Decklagen von Türblättern können aus Holz oder Holzwerkstoffen oder aus Stahl, Leicht- und Edelmetall bestehen. Beschichtungen sind mit Furnieren, Melaminharzplatten oder Lacken üblich. Stahltürblättern können verzinkt und pulverbeschichtet, grundiert und lackiert oder mit Aluminium oder Edelstahl beschichtet werden. An- oder Einleimer bestehen meist aus Hartholz, oft aus Ramin, weil diese Holzart gut zu bearbeiten ist und keine Äste hat. Wie für alle Holzprodukte muss ein Herkunftsnachweis gefordert werden. Dichtungen für Schallschutz und Luftdichtigkeit sollten aus halogenfreien Kunststoffen sein. Zubehöre wie Bänder, Drücker, Schilder und Schlösser sind für das Funktionieren einer Tür unerlässlich; ökologisch sind sie dann, wenn sie möglichst lange halten.

Türblätter sollten emissionsarm sein, allerdings sind sie mit einer Fläche von rund 2 m² weit weniger raumklimabeeinflussend als Boden, Wand und Decke. Vor allem die Beschichtungen können emittieren. Klebstoffe sind meist die als harmlos erachteten Weißleime.

Aus ökologischer Sicht von Interesse ist der Unterschied zwischen Holz bzw. Holzwerkstoffen und Stahl bzw. Metall.

Die Aufwendungen zur Herstellung von Stahl sind ca. um den Faktor 5 größer als die von Holz, die Oberflächenbeschichtung von Metallen ist aufgrund der Entfettung mit Lösungsmitteln jedenfalls aufwändiger als die Beschichtung von Holz. Metalle sind gut rezyklierbar, sind aber bei Stahltüren im Verbund mit Dämmschichten schwer trennbar. Die Verzinkung mindert ebenfalls die Qualität von Metallschrott.

Beim Einbau wird gerne Montageschaum eingesetzt. Polyurethan-Montageschäume setzen während der Anwendung stark reaktive Isocyanate frei. Hautkontakt kann zu Gesundheitsschäden führen. Die Gase reizen die Atemwege, Augen, Haut. Isocyanate wirken stark sensibilisierend.

9.2 Produktauswahl

Tabelle: Einstufung des IBO: Innentüren

	Bodenbeläge	und	deren Alternativen	
	Innentüren (LG 43)			
☹	Stahltüren verzinkt		Füllungstürblatt, massiv, unbehandelt	☺☺
☺	Vollbautürblatt aus Holzwerkstoff, furniert		Vollbautürblatt aus Holzwerkstoff, Melaminharzplattenbeschichtung	☺
☺	Vollbautürblatt aus Holzwerkstoff, lackiert		Füllungstürblatt, MDF, lackiert,	☺
☺	Röhrenspanplatten für erhöhten Schallschutz		Stahltüren, lackiert, für Brandschutzzwecke	☺

Gewerke

LG 43 Türen

9.3 Produktbeschreibung

Füllungstüren

Füllungstüren bestehen aus einer Rahmenkonstruktion aus Massivholz, in die Füllungen aus Glas, Holz oder Holzwerkstoffen eingearbeitet werden, eventuell mit Sprossen und Gittern, Zierleisten und –stäben versehen. Füllungstüren mit Füllungen aus MDF-Platten sind technisch leichter handhabbar, da die MDF-Platten aufgrund ihrer Homogenität weniger Verschnitt haben und leichter fräs- und lackierbar sind als Massivholzfüllungen. Solche Türen werden farbig deckend beschichtet. Die farbige Lackierung ist aufwändiger als eine transparente Beschichtung. Vor allem Herstellung und Entsorgung von Pigmenten sind oft mit Umweltbelastungen verbunden. Ihr Einsatz sollte daher nur gezielt erfolgen.

- ☺☺ Füllungstüren, massiv, unbehandelt oder geölt bzw. gewachst: Füllungstüren aus Massivholz sind langlebig. Sie sind aufgrund des geringen Leimanteiles emissionsarm.
- ☺ Füllungstürblatt, MDF, lackiert

Vollbautürblatt aus Holzwerkstoff

Ein glattes Türblatt ohne Rahmen, Füllungen oder Ausdoppelungen mit vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten. Eventuell werden Leisten als Schmuckelemente aufgebracht. Zusammengeheftete Leisten oder ein Massivholzrahmen oder Röhrenspanplatten werden beidseitig beplankt. Als Deckplatten werden meistens Holzwerkstoffe wie Holzhartfaserplatten, Sperrholz oder Tischlerplatten eingesetzt. Mehrschichtige, waben- oder wellenförmige bzw. wärmedämmende Einlagen aus Kork, Hartschaumplatten oder Karton beeinflussen Gewicht, Wärme- und Schalldämmeigenschaften des Türblattes.

- ☺ Holzhartfaserplatte mit Papierwaben oder Wellenstegpappe als Einlage, lackiert: Ein einfach aufgebautes, leichtes Türblatt, Papierwaben oder Wellenstegpappe bestehen aus Altpapier. Ähnlichkeit der eingesetzten Stoffe erleichtert die Entsorgung; Wenig Emissionen, vor allem aus der Beschichtung.
- ☺ Vollbautürblatt aus Holzwerkstoff, mit Melaminharzplattenbeschichtung: Die Melaminharzplatte emittiert keine Schadstoffe, sie ist leicht zu reinigen und sehr strapazierfähig. Für stark beanspruchte Bereiche ist die Beschichtung eine gute Wahl.
- ☹ Röhrenspanplatte, beidseitig beplankt: Türblatt für erhöhten Schallschutz, eventuell auch mit Sand gefüllt. Emissionen von Lösungsmittel (VOC) und Formaldehyd können auftreten.
- ☹ Holzfaserdämmplatten kombiniert mit Gipskartonplatten: werden manchmal für erhöhten Schallschutz eingesetzt. Die Kombination organischer und anorganischer Bestandteile erschwert die Entsorgung. Emissionen sind nicht zu erwarten.
- ☹ Vollbautürblatt aus Holzwerkstoff, furniert: Furniere müssen jedenfalls durch Lackierungen oder andere Oberflächenbeschichtungen geschützt werden, da sie aufgrund ihrer geringen Stärke (meist unter einem Millimeter) nicht durch Abschleifen instandgesetzt werden können. Emissionen aus den Beschichtungen und Verklebungen möglich.

Stahltüren

Glatte Türen aus beidseitigen Stahlblechen mit schall- und wärmedämmender Einlage als leichte Innentüren, strapazierfähige Mehrzwecktüren oder Brandschutztüren. Durch die Einlagen aus verschiedenen Dämmstoffen wird die Rezyklierbarkeit beeinträchtigt.

- ☹ Stahltüre, lackiert: Die Aufwände zur Herstellung von Metallen sind groß, allerdings sind die nur auf Metallen üblichen Pulverlackierungen sowohl bei Herstellung als auch Nutzung emissionsarm, weil für diese Art der Beschichtung keine Lösungsmittel benötigt werden. Unverzinkte Stahltüren können für Brandschutztüren sinnvoll sein.

7. FENSTER

10.1 Überblick

Fenster sind Bestandteile der Außenhaut eines Gebäudes und somit wichtige Grenzflächen zwischen Innenraum und Umwelt. Die drei wichtigsten Kriterien bei der Fensterauswahl sind:

- Hoher Wärmeschutz
- Hohe Farblichkeit und Lichtdurchlässigkeit der Verglasung

- Ökologisches Rahmenmaterial

Fensterglas ist der wesentliche Bestandteil des Fensters. Es ermöglicht das Einfallen des natürlichen Lichtes in den Raum und schützt gleichzeitig vor Umwelteinflüssen wie Lärm, Regen, Kälte, Hitze und Wind. Fensterglas wird heute wegen der besseren Glasqualitäten überwiegend im Floatglasverfahren hergestellt. Dabei läuft das geschmolzene Glas (aus Kalkstein, Quarz und Soda) unter Schutzgas über eine mit geschmolzenem Zinn gefüllte Wanne. Isoliergläser bestehen aus zwei oder mehreren Floatglasscheiben, in deren Zwischenraum eine trockene Luftschicht oder ein Gasgemisch luftdicht eingeschlossen sind. Als Folge der gestiegenen Wärmeschutzanforderungen wurden unbeschichtete Isoliergläser durch Wärmeschutzverglasungen abgelöst, die aus Mehrscheiben-Isolierglas bestehen, das im Zwischenraum mit Edelgasen gefüllt ist und dessen raumseitige Scheibe mit einer unsichtbaren Edelmetallschicht (meist aus Silber) bedampft ist. Diese Silberschicht lässt die kurzwelligen Lichtstrahlen durch, reflektiert aber die langwelligen Wärmestrahlen zurück in den Innenraum. Die Edelgasfüllung vermindert den Wärmetransport (Konvektion). Meist wird Argon eingesetzt, das am häufigsten in der Atmosphäre vorkommende Edelgas ($9,3 \text{ ml/m}^3$). Es fällt als Nebenprodukt bei der Ammoniak-Synthese nach Haber-Bosch-Verfahren an. Eine weitere Wärmeschutzverbesserung kann mit Edelgasfüllungen aus Krypton oder Xenon erzielt werden. Die Herstellung von Krypton und Xenon ist aufwändiger, da sie in geringeren Konzentrationen in der Luft enthalten sind ($1,1 \text{ ml/m}^3$ und $0,08 \text{ ml/m}^3$). Sie werden bei der fraktionierten Destillation von verflüssigter Luft gewonnen. Für jedes Edelgas ergibt sich ein günstiger Scheibenabstand (16 mm für Argon, 12 mm für Krypton, 8 mm für Xenon).

Wärmeschutzverglasungen sind vergleichsweise aufwändig in der Herstellung. Die Bedampfung und der relativ hohe Anteil an Fremdstoffen erschwert das Recycling. Trotzdem sind Wärmeschutzverglasungen in ihrer Bilanz über dem gesamten Lebenszyklus positiv zu bewerten, da der hohe Wärmeschutz zu großen Energieeinsparungen und damit Umweltentlastungen führt. Als Grundregel für die optimalen Eigenschaften von Fensterglas gilt: möglichst geringer Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) mit möglichst hohem Gesamtenergiedurchlassgrad, wobei die Orientierung des Fensters eine wesentliche Rolle für die Optimierung spielt.

Nach dem **Rahmenmaterial** wird unterschieden in Holzfenster, Holz-Aluminiumfenster, Kunststoff(PVC)-Fenster, Polypropylenfenster und Metallfenster (hier: Aluminiumfenster). Holz schneidet in Ökobilanzen in fast allen Umweltkategorien als der umweltverträglichste Rahmenwerkstoff ab (FICU1997 oder EMPA 1996). Auch die Erhöhung des Recyclinganteils von derzeit ca. 35 auf 85% bei Aluminium bzw. von 2 auf 70% bei PVC würde an der günstigen ökologischen Positionierung von Holzfenstern nichts verändern. Bei praxisüblicher Einbauart ist auch das Holz-Alu-Fenster dem PVC- und dem Aluminiumfenster deutlich überlegen [EMPA 1996].

Die **Wärmedämmeigenschaften** von Fenstern und Verglasungen sind ein wichtiger Faktor für den Energiehaushalt von Gebäuden. Für guten Wärmeschutz müssen Fenster folgende Anforderungen erfüllen:

- Hoher Wärmeschutz der Verglasung
- Wärmebrückenfreier Einbau
- Hochwärmedämmender Rahmen
- Verbessertes Randverbund des Glases, zum Beispiel thermisch getrennte Abstandhalter
- Geringer Rahmenanteil

- Je nach Anforderung an die Luftdichtheit des Gebäudes durchgängige Dichtungslippen

Wichtig für die Gesamtwärmebilanz ist auch die Orientierung der Fenster im Haus. Große Fensterflächen sollten nach Süden und Südwesten, kleinere mit hohem Wärmedämmwert nach Norden gerichtet sein. Es ist heute möglich, Verglasungen mit einem U-Wert von $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ herzustellen (Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung mit Kryptonfüllung). Zweifachverglasungen mit einem U-Wert von $1,1$ und Dreifachverglasungen mit einem U-Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ sind zu einem akzeptablen Preis erhältlich. Hochwärmedämmende Rahmen bestehen zur Zeit beispielsweise aus Polyurethan oder einem Holz-Polyurethan-Verbund. Es sind aber auch für den Passivhausbereich geeignete Fensterrahmen aus ausschließlich erneuerbaren Rohstoffen (z.B. Holz und Holzweichfaserplatte oder Kork) erhältlich. Andere Hersteller setzen bei der U-Wert-Optimierung auf die Weiterentwicklung des Holzfensters, indem z.B. der Stock vollständig von der Außenwanddämmung überdeckt und der gesamte Fensterflügel mit einer dritten außenliegenden Glasscheibe vollständig abgedeckt wird. Für durchschnittliche mitteleuropäische Lagen sind derzeit Dreifachwärmeschutzverglasungen mit U-Werten von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, hohen g-Werten und thermisch optimierter Randverbund ökologisch am günstigsten. Ein U-Wert der Verglasung bis zu $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ist als akzeptabel zu bezeichnen. In diesem Fall ist für den Gesamt-U-Wert der Fensterkonstruktion ein maximaler U-Wert von $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ anzustreben. Von den Herstellern sind Prüfberichte zum Wärmeschutz (neben den Prüfgutachten zum Schallschutz, zur Schlagregendichtheit, Luftdurchlässigkeit und Windbelastung) einzufordern.

Eine wichtige Funktion des Fensters ist der **Luft- bzw. Schadstoffaustausch** mit der Außenwelt sowie die Feuchtigkeitsregulierung. Schallschutz- und Wärmeschutzfenster haben besonders abgedichtete Fugen (Luftdichtigkeit der Gebäudehülle). Daher wird häufig der Einbau zusätzlicher schallgedämmter Lüftungseinrichtungen erforderlich.

Hinweise für die Bauausführung

Zur Minimierung der Energieverluste (Wärmebrücken-Vermeidung) und Erreichung der maximal möglichen Oberflächentemperaturen an der Rauminnenseite wird für mehrschichtige Wände der Einbau von Fenstern in der Ebene der Wärmedämmung empfohlen. Die exakt beste Einbaulage eines Fensters ist je nach Objekt unterschiedlich und sollte vom Bauphysiker je nach Lage der Isothermen ermittelt werden. Wichtig ist jedenfalls, dass die Laibung wärmegeklärt wird. Empfohlen wird außerdem, die Fensterrahmen zu überdämmen.

Eine wichtige Rolle spielt auch der Witterungsschutz. Das Fenster soll gegen direkte Witterungseinwirkung weitestgehend geschützt sein. Es ist sinnvoll, das Fenster um 10-15 cm gegenüber der Fassadenebene zurückzusetzen. Es ist auf die fachgerechte Ausführung der Anschlussfuge zwischen Rahmen und Mauerwerk zu achten. Es darf weder von außen durch Schlagregen, noch von innen durch Diffusion oder Konvektion Feuchtigkeit an die Anschlussfuge gelangen. Die Anschlussfuge ist mit Wärmedämmmaterialien auszufüllen und luftdicht zu verschließen. Auf der Baustelle sollte möglichst nur ein Handwerker mit der Ausführung aller luftdichten Anschlüsse und Fugen betraut werden. Es ist der Einbau mit Blindstock bzw. Anschlagzarge zu empfehlen. Diese gewährleisten einen leichten Ein- und Ausbau bzw. Austausch des Fensters. Der Blindstock ermöglicht darüber hinaus, dass die Fenster erst nach den Verputzarbeiten versetzt werden können und somit der Gefahr von Beschädigungen weniger ausgesetzt sind. Nachteilig ist der höhere Rahmenaufbau, wodurch es zu einer Verringerung der

Glaslichte kommt. Üblicherweise werden Blindstöcke und Fensterrahmen mit PU-Schäumen eingeschäumt. Ökologische Varianten sind Verschließen der Fugen mit Dämmwolle und Dichtschnüren aus Naturfasern (bei Zwischenräumen bis zu 10 mm) und Abdichtung mit Klebebändern.

10.2 Produktauswahl

	Fenster	und	deren Alternativen	
	Fenster (LG 51, 52, 53, 54)			
⊕	Aluminiumfenster		Holz-Holz-Fenster	😊😊
⊕	Aluminiumfenster für spezielle Anwendungen		Holzfenster bei konstruktivem Holzschutz	😊😊
⊕⊕	Holzfenster aus nicht-zertifiziertem Tropenholz		Holzfenster aus nachhaltig gewonnenen Hölzern und Oberflächenbeschichtungen	😊
⊕	Holzfenster mit schwermetallhaltigen Dickschichtlasuren		Holz-Alu-Fenster für spezielle Anwendungsfälle	😊
⊕⊕	PVC-Fenster		Holz-Alu-Fenster sonst	😊

LG 51 - Fenster und Fenstertüren aus Holz

LG 52 - Fenster und Fenstertüren aus Aluminium

LG 53 - Fenster und Fenstertüren aus Kunststoff

LG 54 - Fenster und Fenstertüren aus Holz-Alu

10.3 Produktbeschreibung

Aluminiumfenster

Aluminiumfenster werden aus im Strangpressverfahren verarbeitet Reinaluminium hergestellt. Da die Aluminiumoberfläche mit der Zeit durch eine graue Oxidschicht bedeckt würde, werden die Fenster in der Regel mit einem Spezial-Acryllack nach dem Pulverlack-Verfahren beschichtet. Zuvor werden die Aluminiumprofile noch einer chemischen Vorbehandlung (Chromatierung) unterzogen, bei der eine Haftvermittlungsschicht aufgebracht wird.

- ⊕ Aluminiumfenster: Metallfenster zeigen in Ökobilanzen die höchsten Belastungen über die Lebensdauer. Bei der Herstellung von Aluminium entstehen darüber hinaus toxische Emissionen (z.B. Fluor, Schwermetalle). Der anfallende Rotschlamm muss deponiert werden. Aluminiumfenster können sehr gut recycelt werden. Störend wirken Fremdmaterialien wie Beschichtungsmittel und Dichtstoffe. Potentielle Schwachstelle ist die hohe Wärmeleitfähigkeit des Materials. Mit hohem konstruktiven Aufwand werden die Aluminiumprofile zum Teil thermisch getrennt, jedoch bleiben immer noch Kältebrücken. Aluminiumfenster sind somit stark tauwassergefährdet.
- ⊕ Aluminiumfenster für spezielle Anwendungen: Aufgrund der hohen Formstabilität von Aluminium ist es besonders gut für große Fenster geeignet. Die gute Wetterbeständigkeit und die Oberflächenbehandlungsmöglichkeiten geben dem Aluminiumfenster eine hohe Lebensdauer auch bei stark bewitterten Flächen.

Holz-Aluminium-Fenster

Holz-Alu Fenster sind zweischalige Konstruktionen, bei denen die jeweiligen Materialeigenschaften optimal genutzt werden: Holz als Rahmenmaterial mit seinen guten Wärmedämmeigenschaften und Aluminium als wartungsfreier Wetterschutz auf der Außenseite. Rahmen und Flügel aus Holz sind nach innen sichtbar und bilden den tragenden Unterbau für die Außenschale aus stranggepressten Aluminiumprofilen. Prinzipiell können zwei Typen von Holz-Aluminium-Fenstern unterschieden werden, die sogenannte Verbundkonstruktion, bei der das Aluprofil die Funktion der Glashalteleiste übernimmt und ein etwas schwächer dimensioniertes Profil aufweist, sowie die Vorsatzrahmenkonstruktion, bei der das Aluprofil auf üblichen Holzfenster befestigt wird.

- ☺ Holz-Aluminium-Fenster für stark bewitterte Fenster und für Anwendungsfällen, in denen eine Wartung von Holzfenstern nicht garantiert ist (ev. im mehrgeschossiger Mietwohnbau, in öffentliche Bauten etc.): Die Gewinnung des Hochleistungswerkstoffes Aluminium ist mit großen Umweltbelastungen verbunden. Im Gegensatz zum Aluminiumfenster ist der Aluminiumeinsatz jedoch viel geringer und nur der Wetterschutzfunktion angepasst. Die Trennung des Alu-Rahmens vom Holzrahmen ist einfach möglich, Aluminium kann recycelt werden, Holz kann thermisch verwertet werden.
- ☺ Holz-Aluminium-Fenster in allen anderen Fällen

Holz-Holz-Fenster

Bei Holz-Holz-Fenstern übernimmt den Witterungsschutz eine abnehmbare Holzaußenschale.

- ☺☺ Holz-Holz-Fenster: Alle wesentlichen Bestandteile des Rahmens bestehen aus Holz. Durch die abnehmbare und austauschbare Außenschale wird die Wartung der Fenster denkbar einfach. Eine wirkstoffhaltige Ausrüstung des Fensterrahmens ist nicht erforderlich. Weitere Beschreibung siehe Holzfenster

Holzfenster

Holzfenster werden aus Fensterkanteln (Vollholz-, lamellierte oder keilgezinkte Profile) hergestellt, wobei für den Fensterbau nur qualitativ hochwertiges Holz eingesetzt werden soll. Entsprechende Anforderungen werden in den Normen gestellt. Das Holz soll möglichst astfrei sein, einen geringen Harzgehalt aufweisen, sowie ausreichend lange gelagert und getrocknet sein. Die für den Fensterbau heute üblichsten europäischen Holzarten sind: Nadelhölzer (Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche), Eiche, Oregon Pine, Hemlock. Als Beschichtung wird meist ein lasierender Anstrich oder ein deckendes Anstrichsystem aufgebracht. Die Beschichtung ist abhängig von Anwendungszweck, Eignung und Holzart.

- ☺☺ Holzfenster aus geeigneten heimischen Hölzern mit konstruktivem Holzschutz und umweltverträglicher Oberflächenbeschichtung: Holz ist bei nachhaltiger Bewirtschaftung – wie sie in Mitteleuropa üblich ist – ein ökologisch wertvoller Rohstoff. Der Wald bringt dem Menschen mannigfachen Nutzen: Bindung von Kohlendioxid, Luftreinigung, Sauerstoffproduktion, Regulierung des Wasserhaushaltes, usw. Bei konstruktivem Holzschutz kann auf Bläueschutz verzichtet werden (nicht normgerecht) und hält die Oberflächenbeschichtung länger. Laut den Erkenntnissen des österreichischen Holzforschungsinstituts sind die heute auf dem Markt befindlichen Holzfenster-

Systeme in Müllverbrennungsanlagen, die dem Stand der Technik entsprechen, weitgehend problemlos thermisch verwertbar.

- ☺ Holzfenster aus geeigneten heimischen Hölzern, lösemittelfreie Oberflächenbeschichtung
- ☹ Holzfenster aus geeigneten heimischen Hölzern, lösemittelhaltige Oberflächenbeschichtung
- ☹ Holzfenster mit schwermetallhaltigen Dickschichtlasuren
- ☹☹ Holzfenster aus nicht-zertifiziertem Tropenholz

Hinweis für Oberflächenbeschichtungen von Holzfenstern

Holzfenster werden in der Regel mit Acryllacken, Alkydharzlacken bzw. Mischungen der beiden beschichtet. Diese Lacktypen sind soweit diffusionsoffen, dass im Fensterbereich auftretendes Schwitzwasser durch die Holz/Glas-Stoßfuge im Falzbereich wieder austreten kann, andernfalls würde dies zur Abplatzung des Lackes führen. Im Fenstersanierungsbereich werden aus genanntem Grund hauptsächlich Alkydharzlacke und weniger Acryllacke verwendet. In den vergangenen Jahren haben sich Alternativen zu den konventionellen Systemen durchgesetzt. Dazu gehören unter anderem konstruktive Lösungen wie Holz-Alu-Rahmen (siehe Holz-Aluminium-Fenster), aufgeklippste abnehmbare Holzaußenschalen (siehe Holz-Holz-Fenster) oder die Verwendung von Beschichtungsmaterialien auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Auf die Verwendung besonders lösungsmittelhaltiger Produkte kann verzichtet werden, dem entspricht auch der Trend der letzten Jahre hin zu wasserverdünnbaren Produkten.

Ein hoher Pigmentanteil schützt die Holzoberfläche besser gegenüber UV-Strahlung. Wegen der hohen Temperaturen, die sich bei direkter Sonneneinstrahlung einstellen können, sind helle Farbtöne zu bevorzugen. Durch konstruktive Maßnahmen und Wahl geeigneter Hölzer wie Lärche oder Eiche ist es möglich, auf ökologisch bedenklichen chemischen Holzschutz zu verzichten. Bei Bewitterungsversuchen des österreichischen Holzforschungsinstituts [HFA 1998] zeigten Biozidausrüstungen keinen erkennbaren Einfluss auf das Abwitterungsverhalten und damit auf die Lebensdauer der Beschichtung selbst, sodass laut Holzforschungsinstitut kein Anlass besteht, bei statisch nicht beanspruchten Holzteilen wie z.B. Fenstern an einer Schutzausrüstung gegen holzerstörende Pilze weiter festzuhalten. Ein Bläueschutz gegen die in der Praxis immer wieder beobachteten Verblauungen wird vom Holzforschungsinstitut weiterhin als sinnvoll erachtet. Die Haltbarkeit der Anstriche hängt neben der Beschichtungsqualität wesentlich von der Bewitterungslage sowie Wartung und Instandsetzung ab. Bei Gebäuden, die regelmäßig kontrolliert und gewartet werden, ist eine Instandhaltung durch frühzeitiges Ausbessern kleiner Fehlstellen möglich und wird nach kleinflächigem Anschleifen bis auf das rohe Holz zumeist mit den Originalanstrichen erfolgreich durchgeführt.

Folgende Erfahrungswerte können für die Instandsetzungsintervalle von Beschichtungssystemen angesetzt werden [Info Holz 2001]:

Beschichtungssystem	Außenraumklima	Freiluftklima I	Freiluftklima II
Farblose und gering pigmentierte Systeme	5 Jahre	1 Jahr	< 1 Jahr
Dünnschichtlasuren mit ausr. Pigmentierung	8-10 Jahre	2-3 Jahre	1-2 Jahre
Dickschichtlasuren mit ausr. Pigmentierung	10-12 Jahre	4-5 Jahre	2-3 Jahre

Deckende Lacke ohne fungizide Grundierung	12-15 Jahre	3-4 Jahre	2-3 Jahre
Deckende Lacke mit fungizider Grundierung	12-15 Jahre	5-8 Jahre	4-5 Jahre

Außenraumklima: Die Bauteile (Fassaden) sind konstruktiv gegen die unmittelbare Wettereinwirkung geschützt, im Übrigen aber den wechselnden Luftfeuchtigkeiten und Temperaturen des Außenklimas ausgesetzt.

Freiluftklima I: Die Bauteile besitzen einen geringen konstruktiven Witterungsschutz.

Freiluftklima II: Das Klima wirkt ungehindert auf die Bauteile ein.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass bei konstruktivem Holzschutz das Instandsetzungsintervall durch fungizide Grundierung nicht verlängert wird.

Kunststoff-Fenster

Der weitaus größte Teil der heute am Markt befindlichen Kunststoff-Fenster besteht aus PVC-Hohlkammerprofilen mit drei oder vier Kammern, welche teilweise ausgeschäumt werden. PVC (Polyvinylchlorid) ist ein thermoplastischer Kunststoff, der in Extrudern zu Fensterprofilen verarbeitet wird. Die Dämmeigenschaften von PVC-Rahmen kommen denen von Holz sehr nahe. PVC-Fensterrahmen sind relativ widerstandsfähig gegen Verkratzen, so gut wie wartungsfrei und unempfindlich gegen Verunreinigungen am Bau durch Kalk, Gips oder Zement. Sie sind jedoch pflegeintensiv und kommt es dennoch zu Kratzern an der Oberfläche, so sind diese nicht wieder zu entfernen. PVC hat gegenüber Holz eine geringere Temperaturbeständigkeit. Es muss der Einfluss einer erhöhten Längenausdehnung infolge Oberflächenerwärmung bei Sonneneinstrahlung mitberücksichtigt werden, wobei es bei dunklen Farben zu einer Erwärmung auf 80 °C (helle Farben ca. 45 °C) kommen kann.

- ⊗⊗ PVC-Fenster: Aufgrund der problematischer Eigenschaften von Polyvinylchlorid entlang seiner Produktlebenslinie (Herstellung mittels Chlorchemie über das krebserzeugende Monomer Vinylchlorid, Zusatz bedenklicher Additive, Transporte gefährlicher Stoffe, problematisches Brandverhalten, problematische Entsorgung) sollte auf den Einsatz von PVC-Fenstern verzichtet werden, da ökologisch weniger belastende Alternativen bekannt sind. In Ökobilanzen wird von hohen PVC-Recyclingquoten von 70 % ausgegangen [z.B. EMPA 1996], dagegen sprechen die Entwicklungen der letzten Jahre, die kaum eine Steigerung des stofflichen PVC-Recyclings zeigen. Inwieweit der Einsatz von Recycling-PVC in PVC-Fenstern in Zukunft eine wichtige Rolle spielen wird, ist auch aus ökonomischer Sicht fraglich.
- ⊕ Alternative Kunststofffenster auf ABS (Acrylnitril Butadien Styrol)- und Polypropylen-Basis wurden wieder vom Markt genommen.

LITERATUR

- Arx 1999 Urs von Arx: Bauprodukte und -Inhaltsstoffe, BUWAL 1999
- Bauer 2006 B. Bauer: Zeichensalat in der Holzwirtschaft. Tagungsbeitrag „Branchenseminar für Frauen aus der Holzwirtschaft. 30.06.2006 Meran
- Baumann et al 1997 W. Baumann, A. Muth, Farben und Lacke, Springer Verlag, 1997
- Blauer Engel 38 2002 Emissionsarme Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen, RAL-UZ 38, Vergabegrundlage, Ausgabe April 2002, RAL, St. Augustin
- Brumi 1991 Bremer Umweltberatung, Fußbodenbeläge, Produktanalyse und Bewertung, 1991

Ökologische Baustoffwahl

- BTK 2006 Waltjen T. et al: Ökologischer Passivhaus-Bauteilkatalog. Hrsg: IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie. Springer 2006 (Geplante Publikation)
- Chalmers 1995 Chalmers University of Technology, Life Cycle Assessment of Flooring Materials, Göteborg 1995
- Check-It 2000 Oehme I. et al: Check It!: Kriterienkatalog zur umweltfreundlichen Beschaffung, Hrsg.: BMLFUW, BMBWK, BMVIT, BMWA, Land Stmk, Sbg, NÖ, Bgld, Magistrat; Wien, August 2001
- Dunky et al 2002 Dunky, M.; Niemz, P.: Holzwerkstoffe und Leime, Springer, Berlin, Heidelberg 2002
- SDB-RL EG-Sicherheitsdatenblatt-Richtlinie Richtlinie 91/155/EWG, 2. Änderung der EG-Sicherheitsdatenblatt-Richtlinie, Richtlinie 2001/58EG
- Ehrnsperger et al 2005 Ehrnsperger, R.; Misch, W.: Gesundheits- und Umweltkriterien bei der Umsetzung der EG-Bauprodukten-Richtlinie (BPR), Hrsg Umweltbundesamt Berlin: Download unter <http://www.bundesumweltamt.de> Mai 2005
- EMPA 1996 Richter K.; Künniger T.; Brunner K. Ökologische Bewertung von Fensterkonstruktionen verschiedener Rahmenmaterialien (ohne Verglasung). Studie im Auftrag der Schweizerischen Fachstelle für Fenster- und Fassadenbau SZFF in Zusammenarbeit mit dem Verband der Fenster- und Fassadenhersteller VFF, Frankfurt/Main. EMPA Abteilung Holz im Mai 1996
FICU 1997: Windsperger, A.; Steinlechner, S.; Piringer, M. Forschungsinstitut für Chemie und Umwelt (TU-Wien) gemeinsam mit Vertretern von Herstellern der einzelnen Produkte im Auftrag der NÖ Landesregierung. Wien, im Juni 1997.
- Ernst 1999 Dachabdichtung Dachbegrünung, Wolfgang Ernst, 1999
- EU Abfall 2002 EU-Entscheid vom 19.12.2002 „Entscheidung des EU-Rates vom 19. Dezember 2002 zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien gemäß Artikel 16 und Anhang II der Richtlinie 1999/31/EG“
- EU Bodenbeläge 2002 Entscheidungen der Kommission vom 25. März 2002 zur Festlegung der Umweltkriterien für die Vergabe des Umweltzeichens der Gemeinschaft für harte Bodenbeläge (2002/272/EG), K (2002), 1174
- Ficu 1997 Windsperger A.; Steinlechner S.; Piringer M.: Forschungsinstitut für Chemie und Umwelt (TU-Wien) gemeinsam mit Vertretern von Herstellern der einzelnen Produkte im Auftrag der NÖ Landesregierung. Wien, im Juni 1997.
- Fischer et al. 2000 Fischer, M.; Gürke-Lang, B.; Diel, F.: Textile Bodenbeläge, Eigenschaften, Emissionen, Langzeitbeurteilung; Hrsg. Institut für Umwelt und Gesundheit Fulda, Heidelberg: C.F. Müller 2000
- Galli 1997 Galli, Ökologisches Verhalten von Kalkanstrichen, Diplomarbeit TU-Wien, 1997
- GEV GEV-Emicode, Gemeinschaft emissionskontrollierter Verlegewerkstoffe e.V. (GEV), abrufbar unter <http://www.emicode.de>
- GISBAU <http://www.gisbau.de/home.html>
- Greenguard 2002 Hard surface flooring, Standards, 2002, Greenguard Environmental Institute, Atlanta, Georgia, abrufbar unter www.greenguard.org
- GRÜNBUCH zur Umweltproblematik von PVC, EC, KOM(2000) 469 endgültig
- GUT Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V., Aachen, Informationen der Homepage www.gut-ev.de, Stand: Januar 2004

Ökologische Baustoffwahl

- Hänger et al 1990 Hänger, R.; Streiff, H.R: Untersuchungen zur Ökobilanz von Holz als Baustoff, Schlussbericht. Impulsprogramm Holz des BfK, Zürich Mai 1990
- Härig 1990 Härig, S.; Günther, K.; Klausen, D.: Technologie der Baustoffe, Handbuch für Studium und Baupraxis (9. Aufl.). Karlsruhe: C.F.Müller 1990
- Härig 2003 Härig, S.; Klausen, D.; Hoscheid, R.: Technologie der Baustoffe, 14. Auflage, Heidelberg, C.F. Müller Verlag, 2003
- HFA 1998 Holzforschung Austria: Neue zukunftsorientierte Holzfenstersysteme. Beleg- und Arbeitsexemplar Abt. Holzhausbau und Fertigprodukte. Wien, Juli 1998
- Info Holz 2001 Informationsdienst Holz: Außenbekleidungen mit Holzwerkstoffplatten. Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf In Zusammenarbeit mit dem HOLZABSATZFONDS, Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft, Bonn (Hrsg.). Institut für Holzbau – Fachhochschule Biberach (Bearbeitung). Holzbauhandbuch, Reihe 1, Teil 10. Dezember 2001
- König 1997 H. König, Wege zum Gesunden Bauen, ökobuch Verlag, Freiburg 1997
- König 1997 König H.; Wege zum Gesunden Bauen. Wohnphysiologie, Baustoffe, Baukonstruktionen, Normen und Preise. Ökobuch. Staufen bei Freiburg 1997 (9. Aufl)
- Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung NRW, Baustoffe unter ökologischen Gesichtspunkten, 1993
- Leutgeb 2006 F. Leutgeb, Die Ixbau-Methodik zur Bewertung von Bauchemikalien. In: Häuser der Zukunft - Von der Forschung in die Praxis. IBO-Kongress 23-24.Feb.2006
- Lutz 2004 W. Lutz, Baunutzungskosten von Fußbodenbelägen, FIGR Forschungs- und Prüfinstitut für Facility Management, Metzingen 2004
- MAK 2003 Deutsche Forschungsgemeinschaft: MAK- und BAT-Werte-Liste 2003, Wiley VCH Verlag, Weinheim 2003
- Marutzky 1996 Marutzky, R.: Umweltrelevante Eigenschaften von Laminatböden, Kurzfassung, Wilhelm-Klauditz-Institut für Holzforschung, 1996
- Natur, 8/97
- natureplus-BK 2003 natureplus- Vergaberichtlinie 0000 "Basiskriterien". November 2003
- natureplus 1400 2003 Textile Bodenbeläge, Vergaberichtlinie 1400, Ausgabe Juli 2003, Natureplus e.V., Neckargemünd, 2003, abrufbar unter www.natureplus.org
- natureplus RL 209 2003 Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen, Vergaberichtlinie 0209, Ausgabe November 2003, Natureplus e.V., Neckargemünd, 2003, abrufbar unter www.natureplus.org
- Nebel 2003 Nebel, B.: Ökobilanzierung von Holzfußböden, Dissertation, Holzforschung München, Herbert Utz Verlag, München 2003
- N-Nitrosamine, Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 552, Ausgabe März 1996, zuletzt geändert BArbBl. Heft 9/1998
- Nordic Swan floorings 2002 Ecolabelling of floorings, Criteria document, 12 March 2002 – 14 December 2005, Version 3.0, Nordic Ecolabelling, December 2001, abrufbar unter www.svanen.nu
- Nordic Swan textiles 2002 Ecolabelling of textiles, Criteria document, 3 December 1999 – 15 June 2005, Version 2.5, Nordic Ecolabelling, March 2002, abrufbar unter www.svanen.nu
- Ökokauf 2005 Bauer B.; Fechner J.; Mötzl H.: Ökokauf Kriterien für Schwarzdecker und für Innenausstattung: Boden, Wand, Platten. Auftraggeber: Ökokauf Wien, AG Innenausstattung. Juni 2005

Ökologische Baustoffwahl

- Ökoleitfaden Bau 2000 Oehme I.; Torghelle K.; Mötzl H.; Meschik M.; Lenz D.; Ertl T.; Haberl R.: Ökoleitfaden: Bau. Hrsg: Umweltverband, Vorarlberger Gemeindehaus. Dornbirn, Mai 2000
- Ökotest 2002 PVC-Bodenbeläge. Testbericht, Ratgeber Bauen, Wohnen, Renovieren, April 2002, Öko-Test Verlag GmbH, Frankfurt, 2002
- Ökotex100 2004 Ökotex-Standard 100, Allgemeine und spezielle Bedingungen, Ausgabe 1. März 2004, Öko-Tex, Zürich, abrufbar unter www.oeko-tex.com
- Proholz 1994 PROHOLZ-Holzinformation Österreich, Holzfußböden, 3. Auflage, Wien 1994
- Proholz 1999 PROHOLZ-Holzinformation Österreich, Massivholzplatten aus Österreich, Wien 1999
- Reichle 2003 Vortrag „Einflussfaktoren aus der Schalung“ von E. Reichle im Rahmen der Veranstaltung „Praxisgerechter Sichtbeton“ am 28.03.2003 im St. Johanneszentrum / Neumarkt. URL: http://www.kompetenzbau.de/upload/6672d6Xf457bdb762XY1a8e/161132791_Reichle.pdf abgerufen am 09.02.2006
- Schweinle et al 1996 Schweinle, J.: Analyse und Bewertung der forstlichen Produktion als Grundlage für weiterführende forst- und holzwirtschaftliche Produktlinien-Analysen, Institut für Ökonomie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg 1996
- Stasny 1998 Thomas Stasny, Ökologisches Verhalten einer Reinsilikatfarbe 1998, Diplomarbeit TU Wien
- Umweltrecht 2004 Kodex Umweltrecht, 22. Auflage, Orac Verlag, Wien 2004
- UZ 01 200 Richtlinie zum Österreichischen Umweltzeichen f. Lacke, Lasuren u. Holzversiegelungslacke (UZ 01)
- UZ 07 2003 Richtlinie zum Österreichischen Umweltzeichen für Holz bzw. Holzwerkstoffe (UZ 07)
- UZ 17 2003 Richtlinie zum Österreichischen Umweltzeichen für Wandfarben (UZ17)
- UZ 35 2003 Richtlinie zum Österreichischen Umweltzeichen für textile Bodenbeläge (UZ 35)
- UZ 42 2003 Richtlinie zum Österreichischen Umweltzeichen für elastische Bodenbeläge (UZ 42)
- UZ07 2003 Holz und Holzwerkstoffe, UZ 07, Stand 1. Juli 2003, Österreichisches Umweltzeichen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2003, abrufbar unter www.umweltzeichen.at
- VCI 2006 Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI): Leitfaden Sicherheitsdatenblatt mit Hinweisen zur Einstufung und Kennzeichnung. Frankfurt. Stand: 26. Juli 2005
- Vinyl 2010 Vinyl 2010 – Freiwillige Selbstverpflichtung der PVC-Industrie zur nachhaltigen Entwicklung, Fortschrittsbericht, Vinyl 2010, Brüssel, 2003
- Windsperger et al 1998 Windsperger, Piringner, Steinlechner, Institut für Industrielle Ökologie, Ökovergleiche Leitfaden Bodenbeläge, Amt der NÖ Landesregierung, St.Pölten 1998
- Wool pile carpet 2002 Wool pile carpet, Voluntary Environmental Labelling Association, 24 October 2002, abrufbar unter www.aela.org.au
- Zwiener 2006 Zwiener, G; Mötzl, H.: Ökologisches Baustofflexikon (3. Aufl.) Heidelberg: C.F. Müller 2006