



**Fachwissen**

# Leitfaden Dämmstoffe 3.0

## Mit Schwerpunkt Naturdämmstoffe

Bauphysik – Planung – normgerechter Einsatz –  
Qualitätssicherung – Ökobilanz

## **Impressum**

Herausgeberin:

Landeshauptstadt München  
Referat für Klima- und Umweltschutz  
Bauzentrum München  
Konrad-Zuse-Platz 12  
81829 München

Stand: Oktober 2017

Umschlag: Reisserdesign, München  
Foto Cover: Fachagentur Nachwachsende  
Rohstoffe e.V.

# **Leitfaden Dämmstoffe 3.0**

## **mit Schwerpunkt Naturdämmstoffe**

Bauphysik – Planung – normgerechter Einsatz – Qualitätssicherung - Ökobilanz

3. überarbeitete Auflage, Oktober 2017

### **Inhaltsverzeichnis**

- 0 Einführung**
- 1 Einsatzmöglichkeiten für Dämmstoffe  
entsprechend der Bayerischen Bauordnung (BayBO)**
  - 1.1 Neue Struktur für die Brandschutzanforderungen nach der BayBO 2017
  - 1.2 Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen/Bauteilen
    - 1.2.1 Baustoffe unterschieden nach ihrem Brandverhalten
    - 1.2.2 Bauteile unterschieden nach ihrer Feuerwiderstandsfähigkeit
    - 1.2.3 Die Beschreibung der Gebäudeklassen nach BayBO 2017
    - 1.2.4 Die geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit nach den Gebäudeklassen
    - 1.2.5 Die Zuordnung der Baustoffklassen zur Feuerwiderstandsfähigkeit
  - 1.3 Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von Naturfaserdämmstoffen nach den Gebäudeklassen der BayBO 2017
  - 1.4 Weitere wichtige Anforderungen der BayBO 2017
- 2 Der Dämmstoffmarkt in Deutschland - langfristige Entwicklung**
  - 2.1 Dämmstoffgruppen
  - 2.2 Wärmedämmstoffe im Überblick
- 3 Erläuterung wichtiger bauphysikalischer Begriffe, Normen und Anwendungen**
  - 3.1 Baustoffklasse
  - 3.2 Dampfdiffusionswiderstand
  - 3.3 Rohdichte
  - 3.4 Wärmeleitfähigkeit
  - 3.5 Spezifische Wärmekapazität
  - 3.6 Regelwerke, Normen und Zulassungen
  - 3.7 Anwendungsgebiete der Dämmstoffe nach DIN EN 13162 bis DIN EN 13171
  - 3.8 Harmonisierte europäische Dämmstoff-Produktnormen seit 1.1.2004
- 4 Planungsgrundsätze**
  - 4.1 Sanierungskonzepte
  - 4.2 Bauphysikalische Eigenschaften
  - 4.3 Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit
- 5 Praxiserfahrungen**
  - 5.1 Einsatz von Naturdämmstoffen am Beispiel des BauTuning-Projektes
    - 5.1.1 Bedürfnis nach baubiologischer Sanierung
    - 5.1.2 Praxiserfahrungen zum Einsatz natürlicher Dämmstoffe
  - 5.2 Betrachtung der Vor- und Nachteile von Naturdämmstoffen in der Praxis
    - 5.2.1 Das Kostenargument
    - 5.2.2 Bauphysikalische Nachteile
    - 5.2.3 Bauphysikalische Vorteile
  - 5.3 Eigenleistung

- 5.4 Innendämmung
  - 5.4.1 Energetische Nachteile der Innendämmung
  - 5.4.2 Bauphysikalische Risiken der Innendämmung
  - 5.4.3 Räumliche Nachteile der Innendämmung
  - 5.4.4 Bauphysikalische Lösungsansätze / Risikovermeidung bei der Innendämmung
- 5.5 Biologischer Bewuchs an Fassadenoberflächen (Algen, Schimmel)
  - 5.5.1 Forschungsergebnisse des Fraunhofer Instituts für Bauphysik
  - 5.5.2 Verhinderungsstrategien gegen Algenwachstum

## **6 Qualitätssicherung**

- 6.1 Der Münchner Qualitätsstandard (MüQua) zum Bauen und Sanieren
- 6.2 Öffentlich-rechtliche Konformitätszeichen für Wärmedämmstoffe
  - 6.2.1 Das CE-Zeichen (EU, verpflichtend)
  - 6.2.2 Das Ü-Zeichen (Deutschland, optional)
- 6.3 Verfahren zum Nachweis der Wärmebrückenfreiheit
  - 6.3.1 Blower-Door-Test
  - 6.3.2 Thermografie
- 6.4 Privatrechtliche Güte- und Qualitätssiegel und produktunabhängige Informationsquellen
  - 6.4.1 Güte- und Qualitätssiegel für Bauprodukte
    - 6.4.1.1 RAL – [www.RAL.de](http://www.RAL.de)
    - 6.4.1.2 natureplus – [www.natureplus.de](http://www.natureplus.de)
    - 6.4.1.3 [www.positivlisten.info](http://www.positivlisten.info)
    - 6.4.1.4 Der Blaue Engel – [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)
    - 6.4.1.5 FSC (Forest Stewardship Council) – [www.fsc-deutschland.de](http://www.fsc-deutschland.de)
    - 6.4.1.6 Naturland – [www.naturland.de](http://www.naturland.de)
    - 6.4.1.7 EMICODE® Kennzeichnungssystem - [www.emicode.de](http://www.emicode.de)
    - 6.4.1.8 GISBAU / GISCODE – [www.bgbau.de/gisbau](http://www.bgbau.de/gisbau)
    - 6.4.1.9 Umwelt-Produktdeklarationen EPD (Environmental Product Declaration) - [epd-online.com](http://epd-online.com)
    - 6.4.1.10 ÖkoPlus - [www.oekoplus.de](http://www.oekoplus.de)
  - 6.4.2 Güte- und Qualitätssiegel für ganze Gebäude
    - 6.4.2.1 DGNB-Zertifizierungssystem – [www.dgnb-system.de](http://www.dgnb-system.de)
    - 6.4.2.2 Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) - [www.bnb-nachhaltigesbauen.de](http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de)
    - 6.4.2.3 Sentinel-Haus Institut (SHI) – [www.sentinel-haus.eu](http://www.sentinel-haus.eu)
    - 6.4.2.4 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) – [www.usgbc.org/leed](http://www.usgbc.org/leed)
  - 6.4.3 Weitere (überwiegend) produktunabhängige Informationsquellen
    - 6.4.3.1 Umweltbundesamt (UBA) – [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)
    - 6.4.3.2 WECOBIS - [www.wecobis.de](http://www.wecobis.de)
    - 6.4.3.3 IPEG-Institut – [www.ipeg-institut.de](http://www.ipeg-institut.de)
    - 6.4.3.4 Ökobau.dat – [oekobaudat.de](http://oekobaudat.de)
    - 6.4.3.5 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) – [www.fnr.de](http://www.fnr.de)  
Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V. (C.A.R.M.E.N.) - [www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de)
    - 6.4.3.6 Institut für Baubiologie und Nachhaltigkeit (IBN) – [www.baubiologie.de](http://www.baubiologie.de)
    - 6.4.3.7 Verband Baubiologie e.V. (VB) – [www.verband-baubiologie.de](http://www.verband-baubiologie.de)
    - 6.4.3.8 Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V. - [www.baubiologie.net](http://www.baubiologie.net)
    - 6.4.3.9 [www.baubook.info](http://www.baubook.info)
    - 6.4.3.10 Informationsportal Nachhaltiges Bauen - [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)
- 6.5 Hersteller-Informationen

## **7 Ökobilanzen, Umweltvorsorge und Gesundheitsvorsorge**

### 7.1 Gesetze, Richtlinien und rechtliche Instrumente – Kurzbeschreibung

#### 7.1.1 REACH (Registration, Evaluation, and Authorisation of Chemicals) - [www.reach-info.de](http://www.reach-info.de)

#### 7.1.2 GHS (Globally Harmonised System) / CLP-Verordnung (Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures)

#### 7.1.3 Verordnung über Biozid-Produkte (BPR)

#### 7.1.4 Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB)

### 7.2 Ökobilanzen

### 7.3 Begriffserläuterung Ökobilanzparameter

### 7.4 Zuschlagstoffe und Bindemittel

#### 7.4.1 Bindemittel und Stützfasern

#### 7.4.2 Brandschutz

#### 7.4.3 Schutz vor Schädlingen

### 7.5 Zusammenfassende Bewertung von Naturfaserdämmstoffen

## **8 Produktionsprozesse und Prozessketten**

### 8.1 Produktionsprozess von Holzfaserdämmstoffen

#### 8.1.1 Herstellung von Holzfaserdämmplatten im Trockenverfahren

#### 8.1.2 Herstellung von Holzfaserdämmplatten im Nassverfahren

### 8.2 Prozessketten von Naturfaserdämmstoffen am Beispiel von Zellulose und Flachs

### 8.3 Prozesskette und Bewertung Polystyrol

### 8.4 Prozesskette und Bewertung Polyurethan / Polyisocyanurat

### 8.5 Prozessketten und Kurzbewertung Mineralfaser-Dämmstoffe

## **9 Entsorgung der Dämmstoffe**

### 9.1 Entsorgung von Polystyrol-Dämmplatten

## **10 Preise, Investitionskosten, Fördermöglichkeiten**

### 10.1 Preisvergleich Wärmedämmstoffe für Dachdämmung

### 10.2 Preisvergleich Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

### 10.3 Förderprogramme für Naturfaserdämmstoffe

### 10.4 Beispiel Berechnungsmöglichkeit von U-Werten

## **11 Steckbriefe Dämmstoffe**

### 11.1 Naturdämmstoffe ohne chemische Additive und Flammschutzmittel

#### 11.1.1 Getreidegranulat

#### 11.1.2 Holzspäne (Patent Baufritz)

#### 11.1.3 Jasmin® (Patent Holz-Lehmhaus GmbH)

#### 11.1.4 Rohrkolben (Typha)

#### 11.1.5 Schilfrohr

#### 11.1.6 Seegras

#### 11.1.7 Stroh – Baustrohballen / Strohballebauweise

### 11.2 Industriell gefertigte Naturfaserdämmstoffe

#### 11.2.1 Flachs

#### 11.2.2 Hanf

#### 11.2.3 Holzfaser

#### 11.2.4 Holzwolle-Leichtbauplatten

#### 11.2.5 Jute

#### 11.2.6 Kokos

#### 11.2.7 Kork

#### 11.2.8 Schafwolle

- 11.2.9 Zellulose
- 11.3 Naturdämmstoffe auf der Basis mineralischer Rohstoffe
  - 11.3.1 Blähton / Blähschiefer
  - 11.3.2 Dämmziegel (Perlitgefüllt)
  - 11.3.3 Glasschaum-Granulat
  - 11.3.4 Kalzium-Silikat
  - 11.3.5 Mineralische Putze: Perlit-Dämmputz / Brandschutzputz / Aerogel-Dämmputz
  - 11.3.6 Mineralschaum / Minerale Dämmplatte
  - 11.3.7 Perlite
  - 11.3.8 Schaumglas
- 11.4 Konventionelle mineralische Dämmstoffe
  - 11.4.1 Mineralfaser (Glaswolle / Steinwolle)
- 11.5 Konventionelle organisch/synthetische Dämmstoffe
  - 11.5.1 Polyesterfaser
  - 11.5.2 Polystyrol
  - 11.5.3 Polyurethan (PUR) / Polyisocyanurat (PIR)
  - 11.5.4 Resol-Hartschaum / Phenolharzschaum
- 11.6 Sonstige Dämmstoffe
  - 11.6.1 Vakuumdämmung

## **12 Fazit**

## **13 Impressum**

## **14 Verwendete Literatur und Bildnachweise**

- 14.1 Literatur-Quellen
- 14.2 Bildnachweise

## **0. Einführung**

Dieser Leitfaden stellt verschiedene Dämmstoffe produktneutral und firmenneutral im Vergleich dar. Sie erleichtert allen Bauherrinnen und Bauherren die individuelle und passgenaue Auswahl des richtigen Dämmstoffes für jedwede Aufgabenstellung. Weil sich zwischenzeitlich viele Regelungen im Bauwesen grundlegend geändert haben war eine Überarbeitung der Broschüre notwendig. Dieser Leitfaden soll - insbesondere unter dem Blickwinkel der Stärkung der regionalen Wirtschaft - die Marktchancen für Naturdämmstoffe aufzeigen. Auf Grund der großen Nachfrage und der positiven Rückmeldungen weit über die Münchner Stadtgrenzen hinaus, erscheint nunmehr diese dritte komplett überarbeitete Auflage.

Eine energetisch optimierte Gebäudehülle (Keller, Fassade, Fenster und Dach) stellt die beste Voraussetzung dar um die unerwünschten Wärmeverluste und gleichzeitig die laufenden Betriebskosten zu reduzieren. Damit einher gehen eine deutliche Umweltentlastung und ein vorbeugender Klimaschutz durch den stark reduzierten Rohstoffverbrauch. Dies gilt für Neubauten und Bestandsgebäude gleichermaßen. Allerdings ist nicht nur die Quantität (zum Beispiel Dämmstoffdicke) entscheidend für den niedrigen Energieverbrauch eines Gebäudes, sondern auch die Qualität bei Planung, Produktauswahl, Verarbeitung und Instandhaltung. Insbesondere bei Sanierungen ist professionelles und fachlich übergreifendes Wissen und Qualitätsmanagement aller Beteiligten die Voraussetzung dafür, ein gutes Gesamtergebnis zu erreichen und unerwünschte Folgen (zum Beispiel Probleme mit Schall- und Brandschutz, zu niedrige Raumluffeuchten, Wärmebrücken und Schimmelpilzbefall oder überhöhte Schadstoffkonzentrationen der Raumluff) zu vermeiden.

## **Danksagung**

Besonderer Dank gilt Herrn Herbert Danner als Initiator und Verfasser der ersten beiden Ausgaben dieser Broschüre und für seine fachliche Unterstützung bei dieser 3. Auflage, sowie Frau Teresa Sauczek für die aufwändige redaktionelle und inhaltliche Überarbeitung der vorliegenden Fassung.

Frau Pamela Jentner (Kapitel 6.4 und Kapitel 7.4.), Herrn Holger König (Kapitel 7.2), Herrn Bernhard Sack (Kapitel 9), Herrn Falk Buhse und Herrn Christian Steinlehner danken wir für ihre wichtigen fachlichen Informationen und inhaltlichen Ergänzungen.

Des Weiteren danken wir allen ehrenamtlichen Beraterinnen und Beratern vom Bauzentrum München, die sich in vielen Diskussionen am fachlichen Austausch zur Entwicklung ganzheitlicher Kriterien zum Sanieren und Bauen beteiligt haben. Dies gilt natürlich auch für alle Fachleute, die sich seit vielen Jahren mit ihren Beiträgen im Bauzentrum München an der vernetzenden Diskussion zu nachhaltigen und effizienten Bauweisen beteiligen.

## **Der lange Weg der Verordnungen zum Energie effizienten Bauen**

Die erste Ölkrise erschwerte in den frühen 70er Jahren den Zugang zu dem begehrten Industrie-Rohstoff Mineralöl und führte zu gestiegenen Preisen für Roh- und Heizöl. Als Konsequenz aus dieser Entwicklung verabschiedete die deutsche Bundesregierung 1977 die erste Wärmeschutzverordnung mit dem Ziel, den Wärmeenergieverbrauch in Wohnhäusern zu reduzieren. Die zweite Ölkrise in den 80er Jahren trieb den Rohölpreis nochmals nach oben. Seit etlichen Jahren ist der Ölpreis nicht mehr kalkulierbar, womit eine kurz- und mittelfristige Berechnung der Wirtschaftlichkeit ebenfalls an Verlässlichkeit verliert. Zunehmend werden deshalb ganzheitliche Betrachtungen als Entscheidungsgrundlage angestellt, in denen langfristige Wirkungen wie Beständigkeit, Intervalle zur Wartung und Instandhaltung bis hin zur Entsorgung berücksichtigt werden.

Infolge der Wärmeschutzverordnung (1982 und 1994) gilt seit Februar 2002 die Energieeinsparverordnung (EnEV) mit der übergeordneten Zielsetzung, den Primärenergiebedarf in Gebäuden deutlich zu reduzieren. Die aktuelle Fassung der EnEV ist gültig seit Mai 2014 - auch die im Januar 2016 in Kraft getretenen letzten stufenweisen Änderungen bei den Anforderungen sind Bestandteil dieser aktuellen Fassung. Seit 2008/2009 ist der Energieausweis bei Immobilienverkauf und Neuvermietung Pflicht. Anfang 2009 ist auch das erneuerbare Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) in Kraft getreten, mit der Verpflichtung für Neubauten, erneuerbare Energien zur Wärmeenergieversorgung des Gebäudes zu nutzen, oder angemessene energetische Ersatzmaßnahmen zu realisieren. Absehbar ist die Zusammenlegung von Energieeinsparungsgesetz (EnEG), Energieeinsparverordnung (EnEV) und Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (EEWärmeG) zu einem GebäudeEnergieGesetz (GEG) aufgrund



der EU-Gebäuderichtlinie (2010), mit einem noch nicht definierten Niedrigstenergie-Standard für Neubauten (zunächst für öffentliche und anschließend für privatwirtschaftliche Gebäude).

### **Definition Naturdämmstoff - Naturfaserdämmstoff**

Wenn im nachfolgenden Text die Begriffe „Naturdämmstoff“ und „Naturfaserdämmstoff“ verwendet werden, ist damit folgendes gemeint:

- Naturdämmstoff = natürlicher mineralischer oder pflanzlicher Dämmstoff
- Naturfaserdämmstoff = Dämmstoff pflanzlichen Ursprungs

### **Die Frage nach dem idealen Dämmstoff**

Den idealen Dämmstoff - geeignet für jeden Einsatzbereich, gesundheitsverträglich, preisgünstig, ressourcenschonend, nachwachsend, feuerbeständig und vieles mehr – gibt es nicht. Weder in der Gruppe der Naturfaser-Dämmstoffe, noch bei den mineralischen oder synthetischen Dämmstoffen. Ein unerlässliches Kriterium für den einzusetzenden Dämmstoff ist die Beachtung der gesetzlichen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel der Bayerischen Bauordnung, die Einhaltung verschiedener DIN-Normen oder sonstiger baurelevanter Regelwerke (siehe Kapitel 1 und 3). Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die bauphysikalische Eignung von Dämmstoffen für den jeweiligen Einsatzzweck (siehe nachfolgende Kapitel). Diese Fachinformation zeigt auf, dass Naturfaser-Dämmstoffe vielseitig eingesetzt werden können und sich in der Praxis zum Teil schon seit vielen Jahrzehnten bewährt haben.

### **Wärmedämmung in der Kritik**

In den letzten Jahren mehren sich kritische Medienberichte über „Schadensrisiko Wärmedämmung“, „Unsinn Wärmedämmung“, „Brandrisiko Wärmedämmung“ oder „Gesundheitsrisiko Wärmedämmung“. Diese Kritik zielt häufig auf die energetische Amortisation der Dämmung, die Durchfeuchtung der Dämmstoffe oder den Brandschutz ab. In diesem Leitfaden werden möglichst alle Entscheidungskriterien zur Auswahl der Dämmstoffe dargestellt, damit kein Dämmstoff diskriminiert wird.

Alle Dämmstoffe haben eines gemeinsam: Der Aufwand an Energie zur Herstellung und Montage amortisiert sich über die Energieeinsparung in wenigen Jahren! Die Notwendigkeit einer guten Bauausführung gilt für alle Dämmstoffe – denn nur so kann eine lange Lebensdauer erreicht werden. Eine Durchfeuchtung des Baumaterials in der Bauphase und Wärmebrücken sind bei allen Konstruktionen zu vermeiden. Ein zunehmend wichtiges Thema wird die Entsorgung der Materialien, dies wird in einem eigenen Kapitel dargestellt. Es bleibt der Bauherrin oder dem Bauherren selbst überlassen, ob und in welchem Umfang zur Entscheidungsfindung Parameter wie Nachhaltigkeit, umweltfreundliche Produktionsweise, Transportwege oder der vorbeugende Gesundheitsschutz (sowohl für die ausführenden Handwerkerinnen und Handwerker als auch für die Bewohnerinnen und Bewohner) herangezogen werden sollen.

**Definition:**

"Wärmedämm-Verbundsystem" ist eine Bezeichnung für eine im System zugelassene Dämmlösung. Seit vielen Jahren werden auf dem Markt Systeme mit unterschiedlichen Dämmstoffen angeboten – auch mit Naturfaser-Dämmstoffen.

**Informelle und finanzielle Förderung von Naturdämmstoffen**

Als finanziellen Anreiz zur Verwendung nachwachsender und kohlenstoffspeichernder Baustoffe hat die Landeshauptstadt München im Frühjahr 2013 den sogenannten CO<sub>2</sub>-Bonus als neue Fördermaßnahme eingeführt (siehe eigenes Kapitel). Diese Fördermaßnahme gilt in Deutschland als vorbildhaft.

## **1. Einsatzmöglichkeiten für Dämmstoffe entsprechend der Bayerischen Bauordnung (BayBO)**

Der Naturdämmstoffmarkt bietet heute ein großes Sortiment, insbesondere für die Gebäude der Gebäudeklassen (GKL) 1 bis 3 nach der BayBO 2017 (entspricht Gebäuden geringer Höhe nach der BayBO 1998). Anders verhält es sich bei Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5, dort stellt die BayBO 2017 erhöhte Brandschutzanforderungen an Baustoffe und Bauteile.

Bei der Dämmung gegen Erdreich und im Außenbereich eines Flachdaches sind organische Naturfaserdämmstoffe derzeit bauaufsichtlich nicht zugelassen. Für diese speziellen Einsatzbereiche sind zurzeit zum Beispiel folgende Dämmstoffe zugelassen und geeignet:

- Schaumglas/Schaumglas-Schotter als Vertreter der mineralisch-synthetischen Dämmstoffe
- XPS und mit Einschränkungen EPS als Vertreter der organisch-synthetischen Dämmstoffe
- Mineraldämmplatten für Flachdachdämmung

### **1.1. Neue Struktur für die Brandschutzanforderungen nach der BayBO 2017**

Die aktuelle Bayerische Bauordnung enthält neben dem bisherigen Kriterium Gebäudehöhe bezüglich brandschutztechnischer Risikobetrachtung auch das neue Kriterium der Größe von Nutzungseinheiten. Aus der Kombination dieser beiden Kriterien ergeben sich nun fünf Gebäudeklassen (GKL). Für Gebäude mit Nutzungseinheiten bis 400 Quadratmeter, die brandschutztechnisch in sogenannter „Zellenbauweise“ gegeneinander abgetrennt sind, gelten geringere Brandschutzanforderungen an Bauteile.

Für die neue Gebäudeklasse 4 (bis einschließlich fünf Geschosse) wurde die neue Anforderung „hochfeuerhemmend“ (HFH) mit Feuerwiderstandszeit 60 Minuten eingeführt. Dadurch wird im Ergebnis die konstruktive Verwendung von Holz für Gebäude mit bis zu fünf Geschossen eröffnet. Die alten bayerischen Brandschutzvorschriften kannten zwischen feuerhemmend (FH, 30 Minuten) und feuerbeständig (FB, 90 Minuten) keinen Zwischenschritt.

Den konkreten Einzelanforderungen an die Bauteile (Wände, Decken, et cetera) ist in den jeweiligen Artikeln eine für alle Bauaufgaben geltende allgemein gehaltene „Schutzzielbeschreibung“ als ganz wesentliches Element der BayBO 2017 vorangestellt. Aus dieser ergibt sich, welche Eigenschaften zu welchem Zweck das Bauteil im Brandfall haben soll. Diese Schutzzielbeschreibung erleichtert die Beurteilung von „Sonderbau-Brandschutzkonzepten“ wie auch die „Abweichung im Einzelfall“.

## **1.2. Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen/Bauteilen**

Aus den „Allgemeinen Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ (Art. 24 BayBO) ergibt sich deren Zulässigkeit in Abhängigkeit der Gebäudeklassen.

### **1.2.1. Baustoffe unterschieden nach ihrem Brandverhalten**

- a) nichtbrennbar
- b) schwerentflammbar
- c) normalentflammbar (zum Beispiel Naturfaserdämmstoffe).

Leichtentflammbare Baustoffe dürfen nicht verwendet werden, außer im zugelassenen System im Verbund mit anderen Baustoffen!

### **1.2.2. Bauteile unterschieden nach ihrer Feuerwiderstandsfähigkeit**

- a) feuerbeständig (FB)
- b) hochfeuerhemmend (HFH)
- c) feuerhemmend (FH)

### 1.2.3. Die Beschreibung der Gebäudeklassen nach BayBO 2017

## Art 2 Gebäudeklassen

- **Gebäudeklasse 1**
  - Freistehende Gebäude
  - Höhe\* maximal 7 m
  - 2 Nutzungseinheiten mit insgesamt max. 400 m<sup>2</sup> \*
  - land- /forstwirtschaftliche Gebäude
- **Gebäudeklasse 2**
  - Höhe maximal 7 m
  - 2 Nutzungseinheiten mit insgesamt max. 400 m<sup>2</sup>
- **Gebäudeklasse 3**
  - Sonstige Gebäude (z.B. 3 Einheiten oder > 400 m<sup>2</sup>)
  - Höhe maximal 7m
- **Gebäudeklasse 4**
  - Höhe maximal 13 m
  - je Nutzungseinheit maximal 400 m<sup>2</sup>
- **Gebäudeklasse 5**
  - Sonstige Gebäude
  - unterirdische Gebäude

Planungsreferat München  
LBK IV/10

\* Höhe = Fußbodenoberkante des höchst gelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist  
 \* Fläche = Brutto-Grundfläche ohne Kellergeschoss

### 1.2.4. Die geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit nach den Gebäudeklassen

#### Geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit nach Gebäudeklassen laut BayBO 2017

Geschlosszahl	Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile (hier tragende Wände und Decken)				
...					FB
8					GKL 5
7					
6					
5					
4					
3	ohne Anforderung	FH	FH	HFH	
2					
1					
	<b>GKL 1</b>	<b>GKL 2</b>	<b>GKL 3</b>	<b>GKL 4</b>	

## 1.2.5. Die Zuordnung der Baustoffklassen zur Feuerwiderstandsfähigkeit

### Kombinationsmöglichkeiten von Feuerwiderstand und Baustoffklasse laut BayBO 2017

	FH	HFH	FB
Nicht brennbare Bauteile	+	+	+
Bauteile mit tragenden Teilen und ggfs. durchgehender Schicht jeweils aus nichtbrennbaren Baustoffen	+	+	+
Bauteile mit tragenden Teilen aus brennbaren Baustoffen und mit Brandschutzverkleidung	+	+	-
Brennbare Bauteile	+	-	-

## 1.3. Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von Naturfaserdämmstoffen nach den Gebäudeklassen der BayBO 2017

Am Bau verwendbare Naturfaserdämmstoffe sind meist der Baustoffklasse B2 – normal entflammbar – zugeordnet. Zur Einstufung in diese Baustoffklasse (Erläuterung siehe Kapitel 3, Seite 12) wird ein bauaufsichtliches Prüfzeugnis benötigt. Detailfragen und Unklarheiten sind in den Landesbauordnungen nachzulesen beziehungsweise mit der Architektin, dem Architekten oder der Genehmigungsbehörde zu klären.

In und an **Gebäuden der GKL 1 bis 3** BayBO 2017 (früher Gebäude geringer Höhe) können Naturfaserdämmstoffe meist vorbehaltlos eingesetzt werden. Einschränkungen kann es lediglich bei Doppel- und Reihenhäusern im Bereich der Kommunnwand geben (hier sind gegebenenfalls erhöhte Brandschutzanforderungen einzuhalten, zumindest wenn dies gleichzeitig eine Brandwand ist), sowie im Perimeterbereich (im Erdreich) und auf Flachdächern. Detailfragen und Unklarheiten sind in den Landesbauordnungen nachzulesen beziehungsweise mit der Architektin, dem Architekten oder der Genehmigungsbehörde zu klären.

In und an **Gebäuden der GKL 4** BayBO 2017 (früher Wohn- und Bürogebäude mittlerer Höhe) sind folgende Einschränkungen beziehungsweise Zusatzanforderungen zu beachten: Die Anwendung brennbarer Baustoffe (zum Beispiel konstruktives Holz) wird laut BayBO 2017 Art. 24 (3) wie folgt geregelt:

„Bauteile, deren tragende und aussteifende Teile aus brennbaren Baustoffen bestehen und die allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen

haben“, erfüllen die Anforderungen an HFH-Bauteile. Die Verwendung von brennbaren B2- (Naturfaser-) Dämmstoffen ist hier nicht möglich! (siehe Kapitel Außenwand, Art. 26 BayBO)

In und an **Gebäuden der GKL 5** BayBO 2017 ist die Verwendung von brennbaren (Naturfaser-) Dämmstoffen nicht möglich (Art. 24 Abs. 2).

Sondergebäude wie Hotels, Schulen, Kindertagesstätten, Krankenhäuser, Altenheime und Ähnliches sollten gesondert betrachtet werden.

#### **1.4. Weitere wichtige Anforderungen der BayBO 2017, die für den Einsatz von Dämmstoffen wichtig sind**

Außenwand: In der BayBO 2017 Artikel 26, wird ausgeführt in

Absatz 5: „Die Abs. 2, 3 und 4 Halbsatz 2 gelten nicht für Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3, Abs. 4 Halbsatz 1 nicht für Gebäude der GKL 1 und 2.“

Absatz 1: „Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist.“

Absatz 2: „Nichttragende Außenwände und nichttragende Teile tragender Außenwände müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen; sie sind aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn sie als raumabschließende Bauteile feuerhemmend sind. Satz 1 gilt nicht für Fenster und Türen, Fugendichtungen und brennbare Dämmstoffe in nichtbrennbaren geschlossenen Profilen der Außenwandkonstruktion“

Absatz 3: „Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwand-bekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein. Unterkonstruktionen aus normalentflammbaren Baustoffen sind zulässig, wenn die Anforderungen nach Abs. 1 erfüllt sind.

Absatz 4: „Bei Außenwandkonstruktionen mit geschoss-übergreifenden Hohl- oder Lufträumen wie Doppelfassaden sind gegen die Brandausbreitung besondere Vorkehrungen zu treffen; das gilt für hinterlüftete Außenwandbekleidungen entsprechend.“

Treppen: „Notwendige Treppenräume“ müssen (laut BayBO 2017, Art. 33, Abs. 1) so angeordnet und ausgebildet sein, dass die Nutzung der notwendigen Treppen im Brandfall ausreichend lang möglich ist.

Die tragenden Teile „notwendiger Treppen“ müssen (laut BayBo 2017 Art. 32, Abs. 4)

nach Satz 1: in Gebäuden der GKL 5 feuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen sein.

nach Satz 2: in Gebäuden der GKL 4 aus nichtbrennbaren Baustoffen sein.

nach Satz 3: in Gebäuden der GKL 3 aus nichtbrennbaren Baustoffen oder feuerhemmend sein.

Flure: „Notwendige Flure“ müssen so angeordnet und ausgebildet sein, dass die Nutzung im Brandfall ausreichend lang möglich ist (BayBO 2017 Art. 34, Abs. 1). Wände und Decken (in notwendigen Fluren) aus brennbaren Baustoffen müssen eine Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen in ausreichender Dicke haben (BayBO 2017 Art. 34, Abs. 6, Satz 2).

Dachgeschoss: GKL 1 bis 5: Die Dämmung der obersten Geschossdecke sowie die Dämmung der Dachschrägen mit B1/B2 (Naturfaser-) Dämmstoffen ist im unbewohnten Dachgeschoss (DG) durchaus möglich. Die Brandschutzanforderungen im DG bei GKL 4 und 5 sind allerdings teilweise so umfangreich, dass hier im Einzelfall eine Sachverständige, ein Sachverständiger für Brandschutz zu Rate gezogen werden sollte.



## **1.5. Wichtiger Hinweis zum Bestandsschutz bei Sanierungsmaßnahmen**

Eine besondere Situation ergibt sich bei der Sanierung von älteren Gebäuden (zum Beispiel Mehrfamilienhäuser), die den aktuellen Brandschutzanforderungen nicht mehr entsprechen und gegebenenfalls auch noch unter Denkmalschutz oder Ensembleschutz stehen. Hier muss ein Brandschutz-Konzept für alle erforderlichen Details von je nach Gebäudeklasse unterschiedlichen Berechtigten erstellt werden.

## 2. Der Dämmstoffmarkt in Deutschland - langfristige Entwicklung

Der bundesdeutsche Dämmstoffmarkt hat sich nach den Energiepreissteigerungen in den 70er, 80er und 90er Jahren sehr dynamisch entwickelt bis zu einem vorläufigen Höhepunkt im Jahr 1999 mit etwa 34 Millionen Kubikmetern (inklusive Naturfaserdämmstoffe).

Anschließend ist der Absatz als Folge geringerer Bautätigkeit wieder deutlich zurückgegangen und erreicht seitdem ein jährliches Volumen von etwa 23 bis 30 Millionen Kubikmetern (ohne Naturfaserdämmstoffen, deren Anteil bei etwa 7 Prozent liegt, also weiteren etwa 2 Millionen Kubikmetern)

Baumarktstatistik Gesamtverband Dämmstoffindustrie (GDI) detailliert,  
Angaben in 1000 Kubikmetern

Produktgruppen	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011**	2012**	2013**
Mineralwolldämmstoffe	14574	13320	14835	14301	14285	15798	16969	17406	16355
EPS-Hartschaumdämmstoffe	7757	7439	7836	8911	8959	9583	10120	10129	9025
PUR-Hartschaumdämmstoffe	1398	1198	1602	1746	2005	2280	2566	2692	2702
XPS Polystyrol-Extruder-Schaumstoffe	1452	1426	1406	1414	1556	1830	1992	1978	2005
Dämmende Leichtbauplatten	132	95	66	70	75	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
EPS-Hartschaumdämmstoffe*	72	-50	-35	-40	-45	---	---	---	---
Dämmstoffmarkt BRD**	25241	23428	25709	26402	26832	29491	31647	32205	30087

\* Diese Mengen EPS-Hartschaumdämmstoffe sind in Holzwolle-Mehrschichtenplatten nach DIN EN 13168 verarbeitet, damit auch in der Gruppe Dämmende Leichtbauplatten dieser Statistik enthalten und werden daher von der Gesamtmenge abgezogen.

\*\* Diese Mengen der im GDI vertretenen Produktgruppen stellen etwa 94 Prozent des Gesamtmarktes Hochbau in Deutschland dar.

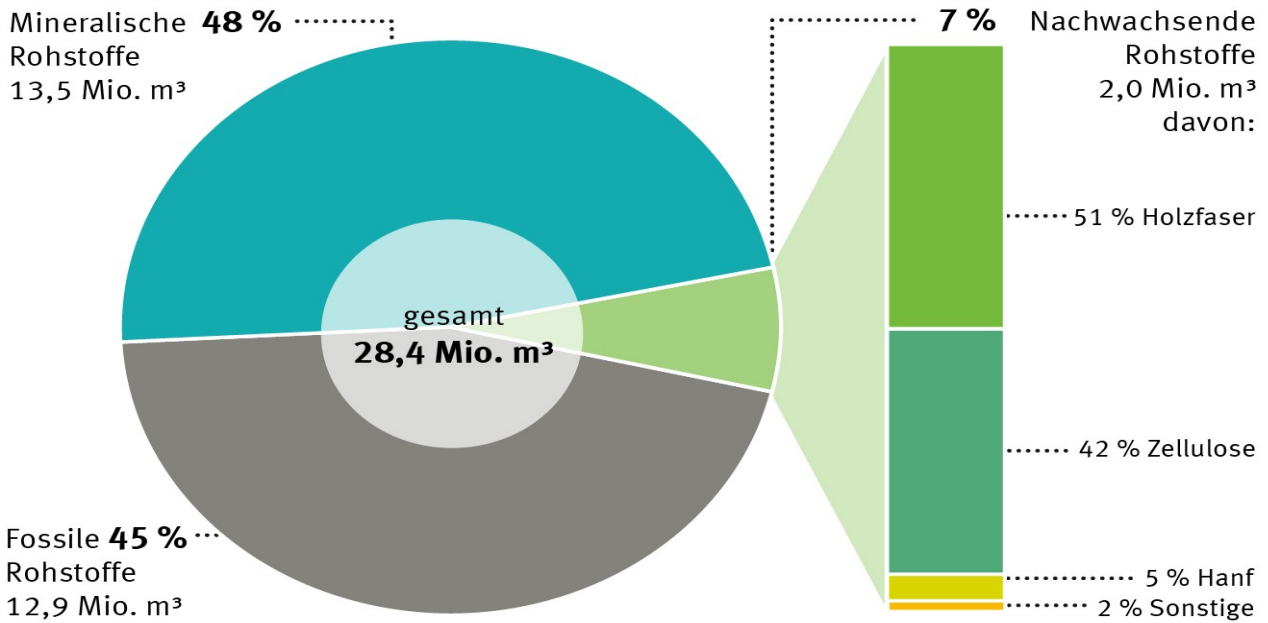
Die Zahlen aus obiger Statistik zeigen uns:

- Die konventionell-synthetischen Dämmstoffe beherrschten in den letzten Jahrzehnten den gesamten bundesdeutschen Dämmstoffmarkt (inklusive der Naturfaser-Dämmstoffe) mit deutlich über 90 Prozent Marktanteil.
- Der konventionelle Dämmstoffmarkt unterlag in der letzten Dekade Schwankungen von bis zu 30 Prozent, mit einem Absatzhoch im Jahr 2012.
- Mineralwolle (Glaswolle und Steinwolle) dominiert den Markt klar (Marktanteil größer 50 Prozent), allerdings – das zeigen andere Statistiken – dominieren EPS-Dämmstoffe bei Fassaden-WDVS.
- Der Anteil von Dämmstoffen aus EPS (30 bis 35 Prozent), PUR (3 bis 8 Prozent) und XPS (4 bis 6 Prozent) hat im letzten Jahrzehnt deutlich zugelegt, mengenmäßig jeweils deutlich über 10 Prozent, während die Mineralfaserdämmstoffe zunächst verloren, zuletzt aber wieder zulegten.
- Holzwolle-Leichtbauplatten spielen am Dämmstoffmarkt kaum mehr eine Rolle .
- Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen haben sich seit Mitte der 90er Jahre einen geringen aber relativ stabilen Marktanteil (etwa 4 bis 7 Prozent). Sonstige mineralische Dämmstoffe (zum Beispiel Perlite, Blähton und Schaumglas) erreichen seit Jahren etwa ein Prozent Marktanteil.

Die Baumarktstatistik des GDI zeigt auch, dass die Naturfaserdämmstoffe über den klassischen Baumarkthandel kaum bedient werden.

Die höchsten Anteile am Naturfaserdämmstoffmarkt halten Zellulose und Holzweichfaser. Flachs und Hanf haben sich vor einigen Jahren auf Grund öffentlicher Marktanreizprogramme neue Marktanteile erobert. Hobelspäne, Kork, Kokos, Schilf, Stroh (Sonstige) halten zusammen etwa 2 Prozent des Naturdämmstoffmarktes.

# GESAMTMARKT DÄMMSTOFFE IN DEUTSCHLAND 2011



Quelle: FNR (2014)

© FNR 2014

## 2.1. Dämmstoffgruppen

Dämmstoffe lassen sich aufgrund ihrer Rohstoffe in zwei Hauptgruppen einteilen - organisch und anorganisch. Darüber hinaus unterscheidet man in diesen beiden Gruppen zwischen natürlichen und synthetischen Materialien. In Abhängigkeit von der Struktur wird dann zum Beispiel in Faserdämmstoffe, Schäume und Granulate unterschieden. Die größte Produktvielfalt hat die Gruppe der organisch natürlichen Rohstoffe zu bieten.

organisch (natürlich/nachwachsend)		anorganisch bzw. mineralisch	
natürliche Rohstoffe	synthetische Rohstoffe	natürliche Rohstoffe	synthetische Rohstoffe
Flachs	Harnstoff- F-Ortsschaum	Blähglimmer	Blähglas
Getreidegranulat	Melaminharz-Hartschaum	Blähton	Kalziumsilikat
Hanf	Resol-Hartschaum (Phenolharz)	Naturbims	Mineralfaser
Holzfasern	Polyesterfasern	Perlite	Mineralschaum
Holzspäne	expandiertes Polystyrol EPS		Schaumglas
Holzwohle	extrudiertes Polystyrol XPS		Schaumglas-Schotter
Kokosfaser	Polyurethan Hartschaum PUR		
Kork	Polyurethan Ortsschaum PUR		
Schafwolle			
Schilfrohr			
Stroh			
Wiesengras			
Zellulose			

## 2.2. Wärmedämmstoffe im Überblick

Material/ Produkt	Brand- schutz- klasse	Diffusions- widerstand $\mu$	Rohdichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Wärmeleitfähig- keit Lambda $\lambda$ (W/mK)	U-Wert bei 10 cm (W/m <sup>2</sup> K)	Spezifische Wärmekapazität c (J/kgK)
<b>Organische Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen</b>						
Flachs	B2	1 – 2	30 – 60	0,036 – 0,050	0,36 – 0,5	1600
Hanf	B2	1 – 2	30 – 80	0,040 – 0,060	0,4 – 0,6	1600 – 2200
Holzfasern	B1/B2	2 – 5	150 – 270	0,040 – 0,060	0,4 – 0,6	1700 – 2100
Holzspäne	B2	1 - 2	50 – 90	0,045	0,45	2100
Holzwolle LBP	B1/B2	2 – 5	360 – 600	0,075 – 0,150	0,75 – 1,5	2100
Kokosfasern	B2	1	70 – 110	0,045 – 0,050	0,45 – 0,5	k. A.
Korkplatte	B2	5 – 10	100 – 140	0,045	0,45	1800
Korkschröt	B2	5 – 10	50 – 150	0,050	0,5	1800
Roggen/Getreide	B2			0,050 – 0,070	0,5 – 0,7	1900
Schafwolle	B2	1 – 5	30 – 90	0,033 – 0,040	0,33 – 0,40	1720
Schilfrohr	B2	6,5	190 -200	0,045 – 0,065	0,45 – 0,65	k. A.
BauStrohballen	B2	2	90 -100	0,052 – 0,080	0,5 – 0,7	2000
Zelluloseflocken	B2	1 – 2	30 – 55	0,040 – 0,045	0,4 – 0,45	2100
Zelluloseplatten	B2	1 – 2	65 – 100	0,040 – 0,045	0,4 – 0,45	2000
<b>Anorganische Dämmstoffe aus synthetischen und natürlichen Rohstoffen</b>						
Blähglas	A1	k. A.	120 – 400	0,060 – 0,070	0,6 – 0,7	
Blähglimmer	A1	1	70 – 220	0,070	0,7	
Blähton	A1	2 – 8	300 – 800	0,080 – 0,200	0,8 – 2,0	
Kalziumsilikat	A1/A2	3	100 – 120	0,050 – 0,070	0,5 – 0,7	
Mineralschaum	A1	5	k. A.	0,045	0,45	
Perlite	A1	4 – 5	90 – 300	0,045 – 0,100	0,45 – 1,0	
Schaumglas	A1/A2	Dampfdicht	100 – 165	0,040 – 0,055	0,4 – 0,55	
<b>Konventionelle Mineralfaser Dämmstoffe</b>						
Glaswolle	A1/A2/B1	1 – 2	10 – 400	0,032 – 0,040	0,32 – 0,40	
Steinwolle	A1/A2/B1	1 – 4	10 – 400	0,032 – 0,040	0,32 – 0,40	
<b>Konventionelle organisch-synthetische Dämmstoffe</b>						
Polyesterfaser	B1	1	15 – 20	0,035 – 0,045	0,35 – 0,45	
Polystyrol EPS 15	B1/B2	20 – 50	15	0,032 – 0,040	0,32 – 0,40	
Polystyrol EPS 20	B1/B2	30 – 70	20	0,032 – 0,040	0,32 – 0,40	
Polystyrol EPS 30	B1/B2	40 – 100	30	0,032 – 0,040	0,32 – 0,40	
Polystyrol EPS 40	B1/B2	60 – 100	40	0,032 – 0,040	0,32 – 0,40	
Polystyrol XPS	B1/B2	80 – 300	28 – 45	0,035 – 0,040	0,35 – 0,40	
Polyurethan PUR	B1/B2	50 – 100	20 – 80	0,020 – 0,040	0,20 – 0,40	
Resol-Hartschaum	B1/B2	20 – 50	> 35	0,022 – 0,025	0,22 – 0,25	
<b>Innovative Entwicklungen am Dämmstoffmarkt</b>						
Vakuumpplatten	A	Dampfdicht	ca. 200	0,004 – 0,008	0,04 – 0,08	

Erläuterungen wichtiger Begriffe – inklusive der europäischen Brandschutz-Klassifizierung – siehe Kapitel 3

### 3. Erläuterung wichtiger bauphysikalischer Begriffe, Normen und Anwendungen

#### 3.1. Baustoffklasse

Durch Brandprüfungen gemäß DIN 4102 werden Baustoffe entsprechend ihrem Brandverhalten einer Baustoffklasse zugeordnet. Anforderungen an die Bauausführung (Baustoffe/Bauteile) ergeben sich aus den jeweiligen Landesbauordnungen. Für Gebäude der GKL 4 und 5 (Erläuterungen siehe BayBO, Kapitel 1) gelten erhöhte Brandschutzanforderungen. Leichtentflammbare B3-Baustoffe sind in Deutschland bauaufsichtlich nicht zugelassen.

Baustoffklasse	bauaufsichtliche Bezeichnung
A	nichtbrennbare Baustoffe
A1	
A2	
B	brennbare Baustoffe
B1	schwerentflammbare Baustoffe
B2	normalentflammbare Baustoffe
B3	leichtentflammbare Baustoffe

Erläuterungen zur europäischen Norm DIN EN 13501 in Verbindung mit der DIN 4102. Beide Normen gelten bis auf Weiteres parallel nebeneinander.

#### Klassifizierung des Brandverhaltens von Baustoffen nach DIN EN 13 501 (ohne Bodenbeläge)

Bauaufsichtliche Anforderungen	Zusatz-Anforderungen		EU-Klasse nach DIN EN 13 501-1	Klasse nach DIN 4102-1
	kein Rauch	kein brennendes Abfallen/Abtropfen		
Nicht brennbar	X	X	A1	A1
mindestens	X	X	A2 – s1 d0	A2
Schwerentflammbar	X	X	B, C – s1 d0	B1
		X	A2 – s2 d0	
	X		A2, B, C – s3 d0	
mindestens			A2, B, C – s1 d1	B2
		X	A2, B, C – s1 d2	
			A2, B, C – s3 d2	
Normalentflammbar		X	D – s1 d0	B2
			– s2 d0	
mindestens			– s3 d0	
Leichtentflammbar			E	B3
			D – s1 d2	
			– s2 d2	
			– s3 d2	
			E – d2	
			F	

#### Erläuterungen zu obiger Tabelle

Herleitung des Kurzzeichens	Kriterium	Anwendungsbereich
s (smoke)	Rauchentwicklung	Anforderungen an die Rauchentwicklung
d (droplets)	brennendes Abtropfen/Abfallen	Anforderungen an Brennendes Abtropfen/Abfallen
fl (florings)		Brandverhaltensklasse für Bodenbeläge

### **3.2. Dampfdiffusionswiderstand ( $\mu$ )**

Die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ist ein Maß für die Eigenschaft von Baustoffen, die Diffusion von Wasserdampf zu verhindern. Dampfdichte Baustoffe haben einen hohen  $\mu$ -Wert. Geringe  $\mu$ -Werte begünstigen das schnelle Abtrocknen eines Baustoffes nach dem Eindringen von Feuchtigkeit.

### **3.3. Rohdichte (P)**

Die Rohdichte beschreibt die Masse eines Stoffes in Kilogramm pro Kubikmeter ( $\text{kg/m}^3$ ). Hohe Rohdichten bewirken meist einen guten Schallschutz. Ob die Speichermassen auch einen sommerlichen Hitzeschutz bieten, ist im Einzelfall zu prüfen.

### **3.4. Spezifische Wärmekapazität (c)**

Die spezifische Wärmekapazität ist das Maß der Energiemenge die benötigt wird, um einen Kilogramm eines Stoffes um ein Kelvin (entspricht 1 Grad Celsius) zu erwärmen. Baustoffe mit hohen c-Werten haben eine hohe thermische Speicherkapazität und können auf Grund ihres trägen Temperaturverhaltens für die Erreichung eines guten sommerlichen Hitzeschutzes eingesetzt werden.

### **3.5. Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ )**

Die Wärmeleitfähigkeit bezeichnet die Größe des Wärmestroms, der pro Sekunde durch einen Quadratmeter eines ein Meter dicken Baustoffes bei einer Temperaturdifferenz von einem Kelvin übertragen wird. Niedrige  $\lambda$ -Werte entsprechen einer geringen Wärmeleitfähigkeit und damit guten Wärmedämm-Eigenschaften. Die Wärmeleitfähigkeit ist die Basis für die U-Wert-Berechnung, siehe Kapitel 10.4

### **3.6. Regelwerke, Normen und Zulassungen**

Die Zulassung von Bau- und Dämmstoffen ist in Deutschland in einer Fülle von Vorschriften geregelt. Die zur Anwendung vorgesehenen Produkte müssen entweder genormt sein (zum Beispiel verschiedene Holzfaser- und Zelluloseprodukte sowie Holzwolleleichtbauplatten) oder bedürfen einer „Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung“ (zum Beispiel Flachs, Hanf,



Holzspäne und Schafwolle). Möglich ist auch eine sogenannte „Zustimmung im Einzelfall“ durch die Baugenehmigungsbehörde für neue Produkte auf dem Dämmstoffmarkt. In harmonisierten europäischen Dämmstoff-Produktnormen sind die Anwendungsgebiete der einzelnen Dämmstoffe symbolhaft geregelt (siehe unten).

#### **Wichtige Dämmstoffnormen (Auswahl):**


















DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN 4108	Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
DIN EN 13162	Mineralwolle Werksprodukte
DIN EN 13163	Expandiertes Polystyrol EPS
DIN EN 13164	Expandiertes Polystyrol XPS
DIN EN 13165	Polyurethan-Hartschaum PUR
DIN EN 13166	Phenolharz-Hartschaum
DIN EN 13167	Schaumglas
DIN EN 13168	Holzwohle-Leichtbauplatten HWLP
DIN EN 13169	Blähperlit
DIN EN 13170	Expandierter Kork
DIN EN 13171	Holzfasern
DIN EN 13172	Wärmedämmstoffe - Konformitätsbewertung
DIN EN 13501-1/2	Europäisches Klassifizierungssystem – Brandverhalten/Feuerwiderstand

### **3.7. Anwendungsgebiete der Dämmstoffe nach DIN EN 13162 bis DIN EN 13171**

Entsprechend den harmonisierten europäischen Dämmstoff-Produktnormen in Verbindung mit der DIN 4108 Teil 10 werden Dämmstoffe nach den im Einbauzustand erwarteten Anforderungen in verschiedene Anwendungsgebiete eingeteilt. In dieser Norm werden Anwendungsgebiete und Anwendungsbeispiele gegenüber alten Normen (zum Beispiel DIN 18165) dem neuesten Stand der Technik angepasst, differenziert beschrieben und mit Piktogrammen visualisiert (siehe Tabelle nächste Seite). Die Piktogramme sind Teil der Produktinformation gemäß der „Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassung“ (ABZ).

### 3.8. Harmonisierte europäische Dämmstoff-Produktnormen seit 1.1.2004

nach DIN EN 13162 bis DIN EN 13171 in Verbindung mit DIN V 4108-10

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Anwendungsbeispiele	Piktogramm
Decke, Dach	DAD	Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Deckungen	
	DAA	Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Abdichtung	
	DUK	Außendämmung des Daches, der Bewitterung ausgesetzt (Umkehrdach)	
	DZ	Zwischensparrendämmung, zweischaliges Dach, nicht begehbare, aber zugängliche oberste Geschoßdecken	
	DI	Innendämmung der Decke (unterseitig) oder des Daches, Dämmung unter den Sparren/Tragkonstruktion, abgehängte Decke, usw.	
	DEO	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich ohne Schallschutzanforderungen	
	DES	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich mit Schallschutzanforderungen	
Wand	WAB	Außendämmung der Wand hinter Bekleidung	
	WAA	Außendämmung der Wand hinter Abdichtung	
	WAP	Außendämmung der Wand unter Putz	
	WZ	Dämmung von zweischaligen Wänden, Kerndämmung	
	WH	Dämmung von Holzrahmen- und Holztafelbauweise	
	WI	Innendämmung der Wand	
	WTH	Dämmung zwischen Haustrennwänden mit Schallschutzanforderungen	
	WTR	Dämmung von Raumtrennwänden	
Perimeter	PW	Außen liegende Wärmedämmung von Wänden gegen Erdreich (außerhalb der Abdichtung)	
	PB	Außen liegende Wärmedämmung unter der Bodenplatte gegen Erdreich (außerhalb der Abdichtung)	

## **4. Planungsgrundsätze**

Sorgfältige und fachkundige Planung ist die Voraussetzung für eine energieeffiziente und schadensfreie Wärmedämmung sowohl im Neubau als auch im Sanierungsfall. Bei Holzbalkendecken im Bestand empfiehlt es sich, die Auswirkungen der geplanten Sanierungs-Maßnahme fachmännisch prüfen zu lassen. Nur dann können die prognostizierten Energieeinsparungen tatsächlich auch erreicht werden. Unter Berücksichtigung gültiger Regelwerke, bauphysikalischer Eigenschaften sowie ökologischer und gesundheitlicher Kriterien sollte der für den Einzelfall geeignetste Dämmstoff ausgewählt werden.

### **4.1. Sanierungskonzepte**

Bei Sanierungen empfiehlt sich ein ganzheitliches Sanierungskonzept unter besonderer Würdigung möglicher bauphysikalischer Problemzonen im Detail. Bauherrinnen und Bauherren sollten gemeinsam mit den beauftragten Planungsbüros klare Zielvorgaben für ein Sanierungskonzept vereinbaren. Diese Zielvorgaben sollten aus wirtschaftlichen Gründen neben den allgemein gültigen baulichen Anforderungen auch individuelle Qualitätsstandards für Energie, Ökologie, Wohngesundheit, Schallschutz, Lüftung, Wartung und Instandhaltung und Barrierefreiheit vorgeben. Sofern Grundrisse geändert werden, empfiehlt sich eine Analyse der sich wandelnden Bedürfnisse der Bewohnerinnen und Bewohner. Anpassungen an den Klimawandel (zum Beispiel sommerlicher Wärmeschutz oder Maßnahmen zur Entwässerung) sollten ebenfalls geprüft werden. Nachträgliche Einzelmaßnahmen nach Abschluss einer Sanierung sind im Regelfall deutlich teurer. Der „Münchner Qualitätsstandard“ bietet hierzu viele hilfreiche Anregungen. Änderungen der Zielsetzungen im fortgeschrittenen Planungsstadium oder während der Ausführung führen immer zu Qualitätseinbußen und sollten daher vermieden werden.

### **4.2. Bauphysikalische Eigenschaften**

Bei der Auswahl des geeigneten Baustoffes sollten vorrangig die bauphysikalischen Eigenschaften in Abhängigkeit vom jeweiligen Anwendungsgebiet berücksichtigt werden. Die wichtigsten bauphysikalischen Kennwerte für Dämmstoffe sind Baustoffklasse (Brandschutz), Dampfdiffusionsfähigkeit, Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität sowie Ausgleichsfeuchte, dynamische Steifigkeit und längenbezogener

Strömungswiderstand (beides wichtige Schallschutzeigenschaften). Nähere Erläuterungen zu den Kennwerten sind unter anderem in Kapitel 3 zu finden.

#### **4.3. Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit**

Allumfassende Ökobilanzen sind für das einzelne Produkt nur sehr aufwändig zu erstellen, da zahlreiche Parameter zu berücksichtigen sind, zum Beispiel der Energieverbrauch und die Art des Energieerzeugers bei Herstellung, Transport, Verarbeitung, Nutzung und Entsorgung. Ebenso spielen die Lebensdauer eines Rohstoffs, dessen Verfügbarkeit, sein Masseverbrauch und seine Wiederverwertbarkeit eine wichtige Rolle. Letztendlich sind auch noch die gesundheitlichen Auswirkungen auf die Bewohnerinnen und Bewohner, sowie der Beschäftigten in Handwerk und Produktion von großer Bedeutung. In den letzten Jahren haben sich mehrere Institute und öffentliche Einrichtungen mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung mit Ökobilanzen von Dämmstoffen beschäftigt. Näheres dazu im Kapitel 7. Wenn nur der erforderliche Energieaufwand bis zur Verarbeitung jedes marktüblichen Dämmstoffes betrachtet wird kann jedoch allgemein festgestellt werden, dass sich dieser in der Regel innerhalb weniger Monate bis maximal zwei Jahren durch die Energieeinsparung am gedämmten Gebäude amortisiert hat.

## **5. Praxiserfahrungen**

### **5.1. Einsatz von Naturfaserdämmstoffen am Beispiel des BauTuning-Projektes**

Im Rahmen des Münchner Projektes „Effektive Wärmenutzung im Altbaubestand“ wurde auch das Projekt „BauTuning – Begleitende Altbauanierung“ initiiert. Damit verbunden war die fachkundige Begleitung (Architekt, Fachingenieur Heizung und Versorgungstechnik, Baubiologe) von zehn Gebäudesanierungen in München. Das BauTuning-Team hatte die Aufgabe, Hemmnisse und Probleme hinsichtlich energieeffizienter Sanierungen und entsprechende Defizite der verschiedenen Bauakteurinnen und Bauakteure festzustellen und zu dokumentieren. Dabei sollte auch der Einsatz natürlicher Dämmstoffe ausdrücklich beobachtet werden. Hier die wichtigsten Erkenntnisse zu Hemmnissen und Defiziten aus diesem Projekt. Diese Erkenntnisse haben bis heute nicht an Aktualität und Bedeutung verloren.

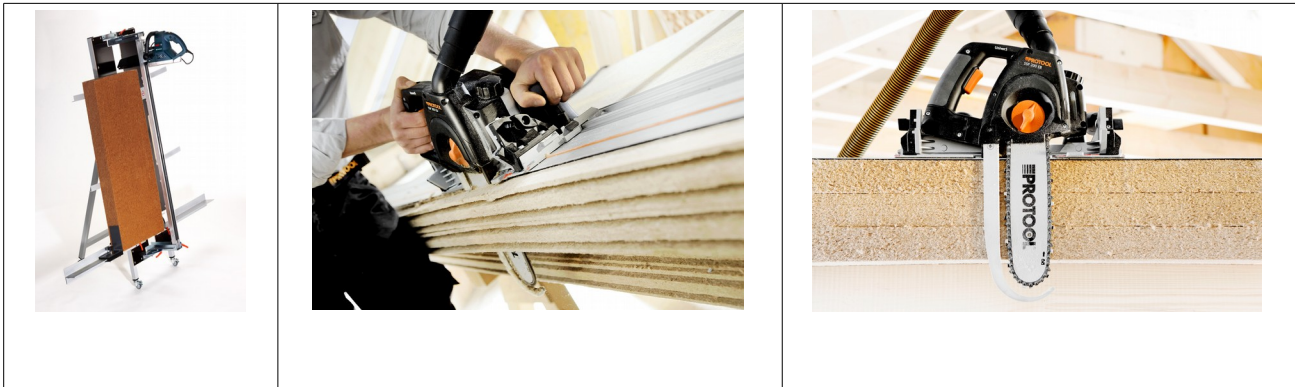
#### **5.1.1. Bedürfnis nach baubiologischer Sanierung**

Das Bedürfnis der Eigentümerinnen und Eigentümer nach Verwendung umweltverträglicher und gesundheitlich unbedenklicher Baustoffe war im BauTuning-Projekt sehr unterschiedlich ausgeprägt. Das grundsätzliche Interesse schien jedoch deutlich höher zu sein, als dies der geringe Marktanteil natürlicher Dämmstoffe widerspiegelte. Hohes Interesse an einer baubiologischen Sanierung zeigten insbesondere die Besitzerinnen und Besitzer eigengenutzter Einfamilienhäuser. Gesundheitlich unbedenkliche Produkte hatten bei diesen Personen einen hohen Stellenwert. Die teils höheren Kosten für den höheren ökologischen Standard wurden hier bei Dach und Fassadendämmung in Kauf genommen. Allerdings traten auf Grund von Informationsdefiziten bei den Planungsbüros und Handwerksbetrieben sowie einer unzureichenden handwerklichen Ausrüstung unnötige Probleme und Reibungsverluste auf, die bei entsprechender Qualifikation der beauftragten Firmen leicht hätten vermieden werden können. Bei der Sanierung von Mehrfamilienhäusern und Geschosswohnungsbauten dominierten eindeutig die konventionellen Dämmstoffe Mineralwolle und Polystyrol. Argumentiert wurde hier ausschließlich mit günstigeren Sanierungskosten, meistens jedoch, ohne die Differenz zu Naturdämmstoffen tatsächlich im Detail geprüft zu haben.

## 5.1.2. Praxiserfahrungen zum Einsatz natürlicher Dämmstoffe

### Beispiel Fassadendämmung:

Ein Bauherr wünschte eine Wärmedämmung aus Naturfaserdämmstoffen. Die Planung führte zu einem Wärmedämmverbundsystem aus Holzweichfaserplatten. Beauftragt wurde ein Handwerksbetrieb, der mit diesem Material bislang weder vertraut war noch die erforderlichen Spezialwerkzeuge besaß. Die Ausführung war entsprechend mangelhaft.



Profi-Schneidetechnik erleichtert die Arbeit + begünstigt ein gutes Gesamtergebnis

(Fotos: Steico)

**Idealfall:** Planungsbüro und Bauherr achten bei der Auswahl des Handwerksbetriebes darauf, dass dieser bereits über Erfahrung mit dem entsprechenden Naturdämmstoff verfügt, einschlägige Fortbildungsveranstaltungen besucht hat und technisch entsprechend gut ausgerüstet ist. Adressen sachkundiger Fachbetriebe erhält man bei den Herstellerfirmen oder Naturbaumärkten.

### Beispiel Dachdämmung:

Die Zwischensparrendämmung wurde auf ausdrücklichen Wunsch des Bauherren mit Zellulose ausgeführt. Im Bereich der Gaube wurde jedoch ohne Rücksprache mit dem Bauherren Mineralwolle eingesetzt, weil hier nach Einschätzung der ausführenden Firma die Verarbeitung von Zellulose nicht möglich war. Andere Naturdämmstoffe wurden als Alternative gar nicht in Betracht gezogen. Der Bauherr verlangte letztendlich die Mineralwolle wieder zu entfernen und durch Naturfaserdämmstoffe zu ersetzen.

**Idealfall:** Planungsbüro und Bauherr sollten gegenüber den Handwerksfirmen bei Ausschreibung beziehungsweise Auftragsvergabe den hohen Stellenwert ökologischer Baumaterialien deutlich herausstellen und in einem Kriterienkatalog schriftlich fixieren. Handwerksbetrieben, die Erfahrung im Umgang mit ökologischen Baumaterialien haben,

sollte – auch bei einem angemessenem Preisaufschlag – der Vorzug gegeben werden.  
Wichtige Erkenntnis: Qualitätsarbeit hat ihren Preis!

### **Beispiel Fußbodendämmung:**

Die Fußbodenheizung sollte auf Wunsch des Bauherren auf Naturfaserdämmmaterialien verlegt werden. Der Handwerksbetrieb behauptete, dass keine entsprechenden Systeme am Markt verfügbar seien. Ein klarer Irrtum – wie sich herausstellte. Der Bauherr vertraute dem Handwerksbetrieb, ließ widerwillig ein System mit synthetischen Schaumstoffen verlegen und erfuhr erst im Nachhinein von der ökologischen Alternative.

**Idealfall:** Bei der Aussage „für diesen Anwendungsfall existiert keine ökologische Alternative“ ist grundsätzlich Vorsicht angebracht. Für nahezu jeden Einsatzbereich im Bauwesen sind heute ökologisch verträgliche Materialien verfügbar und erprobt. Ökologisch verantwortliche Planungsbüros und Handwerksbetriebe sind hier auf dem Laufenden. Außerdem können über Recherchen im Internet, dem ökologischen Baustoffhandel oder über unabhängige Beratungsstellen wie dem Bauzentrum München einschlägige Informationen eingeholt werden.

### **Beispiel Fenster:**

Beim Einbau neuer Fenster hat sich der Einsatz von PUR-Ortschaum durchgesetzt. Wie aus der Prozesskette in Kapitel 8 ersichtlich ist, sollten Alternativen geprüft werden. Nur wenige Handwerksbetriebe setzen bei der Hohlraumdämmung des Fensters gegen den Baukörper die traditionelle Art der Dämmung mit natürlicher Stopfwole ein.

**Idealfall:** Bereits bei Ausschreibung sollte dieses Thema schriftlich fixiert werden, der Handwerksbetrieb sollte beim Fenstereinbau über entsprechende Erfahrung verfügen. Die Detailanschlüsse der Fenster an den Baukörper sind mit größter Sorgfalt auszuführen, da hier bei mangelhafter Ausführung unerwünschte Wärmebrücken entstehen können, mit dem Risiko von Energieverlusten und verdeckten Bauschäden.

**Anregung:** Fenster- und Türenmontage nach „RAL-Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren“. Dort steht im Kapitel Fugendämmung: „Der eingesetzte Fugendämmstoff muss die Hohlräume vollständig ausfüllen. Bei Faserdämmstoffen ist auf ausreichende Verdichtung zu achten.“ Die Anforderungen der Wind- und Feuchtedichtheit werden häufig selbst bei optisch sauberer Verarbeitung nicht erfüllt. In diesem Leitfaden (ein sehr empfehlenswertes Nachschlagewerk für

Planungsbüros und Handwerksbetriebe) ist deshalb auch die fachgerechte Wind- und Feuchtedichtheit vorbildlich beschrieben – sowohl die Ausführung als auch die praxisbewährten Dichtsysteme.

## **5.2. Betrachtung der Vor- und Nachteile von Naturdämmstoffen in der Praxis**

### **5.2.1. Das Kostenargument**

Konventionelle Dämmstoffe können wegen größerer Produktionsmengen günstiger angeboten werden als die meisten Naturdämmstoffe. Das gilt aber nicht in jedem Fall. Der Dämmstoff Zellulose ist auch preislich absolut konkurrenzfähig, vor allem bei Hohlraumdämmung im Einblasverfahren. Auch andere Naturbaustoffe liegen preislich durchaus im Rahmen, insbesondere, wenn neben dem Materialpreis auch die Handwerksleistung berücksichtigt wird.

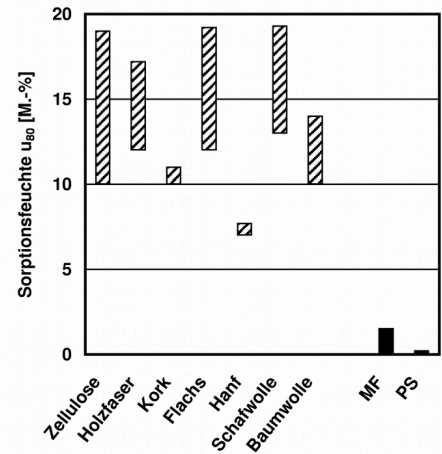
### **5.2.2. Bauphysikalische Nachteile**

Naturfaserdämmstoffe erfüllen derzeit keine erhöhten Brandschutzanforderungen, wie sie die Landesbauordnungen für bestimmte Gebäude fordern (siehe Kapitel 1) und sind deshalb nur bei einer eingeschränkten Auswahl an Gebäuden einsetzbar. Ebenso wenig sind sie im Perimeterbereich und auf Flachdächern bauaufsichtlich zugelassen. Konventionelle Dämmstoffe sind teilweise in WLG 0,022 – 0,035 eingestuft und erreichen dadurch mit geringeren Dämmstoffstärken eine vergleichbare Wärmedämmung wie Naturfaserdämmstoffe mit WLG 0,040 bei stärkeren Dämmstoffdicken. Bei Wärmedämmverbundsystemen aus Holzfaserdämmstoffen im Nassverfahren werden derzeit nur Dämmstoffstärken bis maximal 16 cm angeboten. Dies reicht unter Umständen nicht aus, um öffentliche Fördergelder (zum Beispiel aus dem Münchner Förderprogramm Energieeinsparung) zu erhalten. Eine zweilagige Dämmung ist zwar technisch möglich, aber mit erhöhtem Aufwand und deutlich höheren Kosten verbunden.

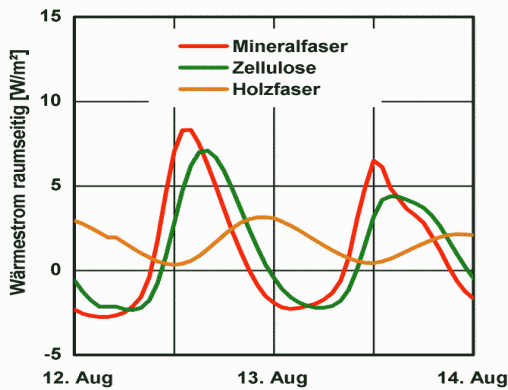


### 5.2.3. Bauphysikalische Vorteile

Dämmstoffe aus Naturfasern zeichnen sich durch ihre günstige Dampfdiffusionsfähigkeit aus, d.h. Feuchtigkeit, die in den Dämmstoff eingedrungen ist, kann auch leicht wieder ausdiffundieren. Sie können auf Grund ihrer hygroskopischen Faserstruktur deutlich mehr Feuchtigkeit aufnehmen (Sorptionsfähigkeit) als konventionelle Dämmstoffe ohne gleichzeitig ihre günstigen Wärmedämmeigenschaften einzubüßen. (Quelle: Vortrag Fraunhofer Institut, Fachforum „Ökologische Wärmedämmstoffe“, Bauzentrum München, 26.4.2010)



MF = Mineralfaser  
S = Polystyrol



Dachdämmung je 10 cm

Einige Naturdämmstoffe verfügen neben einer günstigen Wärmeleitfähigkeit von WLG 0,040 auch über eine hohe Rohdichte sowie eine hohe spezifische Wärmekapazität und bieten dadurch einen guten sommerlichen Hitzeschutz als auch winterlichen Wärmeschutz. Verschiedene Forschungsergebnisse zum Thema bestätigen dies. Das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IPB) kommt in einer Versuchsreihe zu dem Ergebnis, dass insbesondere die schwere Holzfaserdämmung die Temperaturspitzen deutlich abmildern kann und die Raumtemperaturen über 24 Stunden insgesamt wesentlich ausgeglichener sind als beispielsweise bei leichter Mineralwolle. (Quelle: Fraunhofer IPB, Fachforum Dämmstoffe, Bauzentrum München, 26.4.2010)

Allerdings spielen beim sogenannten sommerlichen Hitzeschutz auch noch andere Faktoren eine wesentliche Rolle, zum Beispiel der Standort des Gebäudes, Fläche und Verschattung von Fenstern, die Lüftung und die Wärmespeicherkapazität von Wänden, Fußböden und Decken.

### **5.3. Eigenleistung**

Naturfaserdämmstoffe eignen sich grundsätzlich für eine Eigenleistung geschickter Heimwerkerinnen und Heimwerker. Insbesondere Hohlräumfüllungen und Zwischensparrendämmungen mit flexiblen Matten / Platten sind in der Regel einfach zu verarbeiten. Eine gute Atemschutzmaske ist dennoch bei Arbeiten mit hoher Staubbeziehungsweise Faserbelastung anzuraten. Dämmungen im Einblasverfahren sind eindeutige Aufgabe für Fachbetriebe.

Problem Bauphysik: Allerdings erfordert der fachgerechte Einbau von Dämmstoffen zumindest bauphysikalische Grundkenntnisse. Deshalb sollte ein Fachplanungsbüro konsultiert werden, das Problemstellen entdecken und Empfehlungen geben kann, beziehungsweise in der Lage ist, ein Sanierungskonzept auszuarbeiten. Ohne Berücksichtigung wichtiger Detailfragen erwächst ein bauphysikalisches Risiko, das erhebliche Bauschäden und hohe Kosten zur Folge haben kann (siehe auch Kapitel 4).

### **5.4. Innendämmung**

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Außendämmung von Gebäudefassaden gegenüber der Innendämmung deutliche energetische, bauphysikalische und räumliche Vorteile hat. Deshalb sollte die Innendämmung nur in Situationen realisiert werden, wo eine Außendämmung nicht möglich ist, zum Beispiel mangels behördlicher Genehmigung bei denkmalgeschützten Gebäuden oder in Eigentumswohnungen mangels Sanierungsbeschluss der Eigentümergemeinschaft.

#### **5.4.1. Energetische Nachteile der Innendämmung**

Eine Außendämmung kann flächendeckend über die gesamte Fassade aufgebracht werden, mit Ausnahme einzelner Gebäudeöffnungen (Türen/Fenster) und Vorsprünge (zum Beispiel Balkone). Dadurch werden Wärmebrücken vermieden beziehungsweise eliminiert, wie zum Beispiel durchgehende wärmeleitende Zimmerdecken beziehungsweise Innenwände/Wohnungstrennwände aus Stahlbeton oder Heizkörpernischen. Die Dämmung kritischer Details wie Fensterlaibungen, Balkone und Heizkörpernischen sind als Teil einer Außendämmung einfacher fachgerecht auszuführen als innerhalb des Gebäudes. Eine

professionelle Außendämmung wird deshalb die Transmissionswärmeverluste deutlicher reduzieren als eine Innendämmung und deshalb energetisch besser abschneiden.

#### **5.4.2. Bauphysikalische Risiken der Innendämmung**

Die Innendämmung birgt immer bauphysikalische Risiken in sich, die nur durch perfekte Planung, Ausführung und Materialwahl beherrschbar sind. Dies liegt daran, dass die zu dämmende Fläche nach der Dämmmaßnahme deutlich kühler ist (weil künftig vom warmen Wohnraum abgeschottet). Bildet diese Fläche einen geeigneten Nährboden zum Wachstum von Schimmelpilzen (zum Beispiel mit Raufasertapete oder Anstrich mit üblichen Dispersionsfarben), so entsteht ein kritisches hygienisches Kleinklima, sobald erhöhte Raumluffeuchte zwischen alter Innenwand und neuer Innendämmung eindringt. Dies kann geschehen durch Diffusion, Flankendiffusion, Fehlstellen/Fugen in der Innendämmung oder Kontaktstellen mit einer Innenwand. Dann kondensiert auf dieser kalten Fläche die feuchte Luft (Unterschreitung des Taupunktes) und die Schimmelbildung nimmt ihren Lauf - meist ungestört und unbemerkt durch die Bewohnerinnen und Bewohner. Enorme Bauschäden und Gesundheitsrisiken können die Folge sein. Bauphysikalische Untersuchungen beziehungsweise Studien (zum Beispiel vom Fraunhofer Institut für Bauphysik in Holzkirchen) bestätigen die vorgenannten Risiken.

#### **5.4.3. Räumliche Nachteile der Innendämmung**

Die Innendämmung reduziert den Wohnraum, selbst wenn nur die Außenwände gedämmt werden und dadurch zahlreiche Wärmebrücken (siehe oben) verbleiben. Will man diese Wärmebrücken reduzieren, müssten Bauteile, die Kontakt mit der Außenwand haben (Zimmerdecken und Fußböden, Innenwände und Wohnungstrennwände) beidseitig gedämmt werden. Dadurch geht weiterer Wohnraum verloren und bringt unkomfortable Situationen in Form von Vorsprüngen oder Bodenschwellen in die Wohnräume.

#### **5.4.4. Bauphysikalische Lösungsansätze / Risikovermeidung bei der Innendämmung**

Sollte mangels Alternative eine Innendämmung in einem Gebäude erforderlich werden, so sind folgende Vorschläge als hilfreiche Lösungsansätze zu betrachten:

- Alte Tapeten und Dispersionsanstriche (gute Nährböden für Schimmelpilzwachstum) entfernen.

- Eine Hinterströmung der Innendämmung ist unbedingt zu vermeiden, zum Beispiel durch vollflächige, fugenfreie Verklebung mit möglichst flexiblen Dämmstoffen.
- Naturfaserdämmstoffe in Verbindung mit Lehm als Putz und Kleber erbringen eine äußerst günstige Feuchtepufferwirkung und senken mit ihrer Diffusionsfähigkeit das Schadensrisiko. Material ohne Feuchtepufferwirkung sollte vermieden werden.
- Mineralische Materialien (zum Beispiel Kalziumsilikat- oder Mineralschaumplatten, Kleber, Putz und Anstrich) bieten aufgrund ihres hohen pH-Wertes und ihrer Diffusionsfähigkeit eine günstige Fehlertoleranz und damit ein geringeres Schadensrisiko.
- An temperaturkritischen Stellen (zum Beispiel Sockelbereich, Fensterlaibungen, et cetera) sollte mittels Wandheizung oder Temperierschleifen die Oberflächentemperatur etwas erhöht werden.
- Ein erfahrenes Bauphysikbüro sollte zur Beratung in die Planung eingebunden werden.

Die vorgenannten Lösungsvorschläge mit mineralischen und/oder natürlichen Materialien reduzieren das Risiko einer Schadstoffbelastung durch synthetische Dämmstoffe erheblich.

## **5.5. Biologischer Bewuchs an Fassadenoberflächen (Algen, Schimmel)**

### **5.5.1. Forschungsergebnisse des Fraunhofer Instituts für Bauphysik**

Mikrobieller Bewuchs auf Bauteiloberflächen ist ein natürlicher Umstand, der aber an Fassaden aus optischen Gründen meist als inakzeptabel angesehen wird. Es gibt einen Zusammenhang zwischen Fassadendämmung und äußerem Algenwachstum auf Grund häufigerer Taupunktunterschreitungen infolge nächtlicher Auskühlung der Fassadenoberflächen. Geringe Dachüberstände führen wegen verstärkter Bewitterung zu überhöhter Oberflächenfeuchte und fördern dadurch mikrobielles Wachstum. Westfassaden sind wegen der häufigeren Schlagregen besonders gefährdet, Nordfassaden kühlen mangels direkter Sonnenstrahlung am schnellsten aus. Fungizide Anstriche (Auswaschung häufig ins Grundwasser) verlieren in der Regel innerhalb von fünf Jahren ihre Wirkung.

Aktuelle Studienergebnisse aus der Schweiz kommen zu dem Ergebnis, dass die Fungizid-Belastungen im Grundwasser geringer ausfallen als befürchtet, und dass die neuere Methode der Wirkstoff-Kapselung in den Anstrichen die Auswaschungen verzögert, aber langfristig nicht verhindert.

### 5.5.2. Verhinderungsstrategien gegen Algenwachstum

- Konstruktive Maßnahmen:
  - Möglichst großer Dachüberstand
  - Bäume und Sträucher von der Fassade abrücken
- Optimierung der Abstrahlungseigenschaften zum Beispiel durch dunklere Farbtöne
- Reduzierung des Algenrisikos an Fassaden durch Farben mit metallischen Anteilen (sogenannte IR-Farben)
- Erhöhung der Wärmespeichereigenschaften, zum Beispiel durch Dickputz und Verwendung von Dämmstoffen mit möglichst hoher Wärmespeicherkapazität (schwere Materialien wie Holzweichfaser-WDVS)
- Verwendung von PCM Materialien (Latentwärmespeicher - Phase Changing Materials)

## 6. Qualitätssicherung

Die folgenden Bilder aus dem Projekt „BauTuning“ (Kurzbeschreibung siehe Kapitel 5) sollen exemplarisch Schwachstellen in der Praxis aufdecken und alle Beteiligten an Bau- und Sanierungsmaßnahmen motivieren, eine hohe Qualität von Dämmmaßnahmen anzustreben! Qualität hat ihren Preis – am teuersten wird letztendlich aber der Schadensbeziehungsweise Sanierungsfall nach unprofessioneller und schlampiger Planung beziehungsweise Ausführung.



Bild 1: Polystyrol-WDVS im Perimeterbereich - schlampig und lückenhaft verlegt, Stückwerk statt fachgerechtem Plattenverbund



Bild 2: Polystyrol WDVS – keine fachgerechte Verarbeitung (vom Bauleiter nicht beanstandet) überbreite und unsachgemäß geschlossene Fuge



Bild 3: Brandschutzvorschriften missachtet! Holzweichfaser-WDVS (B2) wurde über die Brandwand geführt (siehe Brandschutz)



Bild 4: Fehlerhaftes Eck-Detail! Der Anschluss WDVS/Fensterrahmen/Fensterbrett ist nicht schlagregendicht ausgeführt, Feuchterisiko!



Bild 5: Wärmebrücke im Traufbereich! Holzweichfaser-WDVS wurde unsachgemäß angebracht, Detailaufgabe schlampig gelöst.



Bild 6: Holzfaser-WDVS schlampig verarbeitet und lückenhaft verlegt, kein fachgerechter Plattenverbund. Wärmebrücken!

Qualitätssicherung sollte ein unverzichtbares Instrument im alltäglichen Baugeschehen sein. Nicht immer ist die mangelhafte Ausführung so einfach und schnell zu erkennen wie auf diesen Bildern. Gerade Wärmebrücken sind – je nach Baufortschritt und Verarbeitung der Wärmedämmung – nicht immer mit bloßem Auge feststellbar. Als Beispiel sei hier das Einblasen von losen Dämmflocken aus Zellulose oder Holzfaser genannt.

Wärmebrückenfreiheit ist aber eine wichtige Voraussetzung für geringen Energieverbrauch und dauerhafte Bauschadensfreiheit. Zum Aufspüren verdeckter Mängel gibt es heute neben einer Untersuchung der Bausubstanz (meist mit teilweiser Zerstörung von Bauteilen verbunden) oder zerstörungsfreier Temperaturmessung der Bauteiloberflächen mittels Infrarotthermometer professionelle und bewährte Verfahren wie Blower-Door-Test oder Thermografie (siehe Kapitel 6.3).

### **6.1. Der Münchner Qualitätsstandard (MüQua) zum Bauen und Sanieren**

Die Qualitätssicherung in der Bauphase soll zum Beispiel verhindern, dass Fehler unter dem nächsten Arbeitsgang verschwinden. Zur Vermeidung beziehungsweise Reduzierung von Baumängeln, wurde im Jahr 2008 von der Landeshauptstadt München der „Münchner Qualitätsstandard“ (MüQua) als Ergänzung zum „Münchner Förderprogramm Energieeinsparung“ (FES) eingeführt. Zur Förderung von Energiesparmaßnahmen ist seitdem auch die Einhaltung erhöhter Standards bei Baumaßnahmen gefordert – zum Beispiel über die nachgewiesene Abgabe von Fachunternehmererklärungen zum Brandschutz, Schallschutz und Feuchteschutz, die Erstellung eines Abnahmeprotokolls nach RAL-Gütezeichen Solar, der Fenstereinbau und Türeinbau nach RAL-Gütezeichen Fenster+Haustüren oder der hydraulische Abgleich von Heizungsanlagen. Empfohlen und finanziell gefördert werden im MüQua ebenso spezielle Sanierungskonzepte – zum Beispiel zur erhöhten Energieeffizienz, zur 100-prozentigen Versorgung mit erneuerbaren Energien oder zur Barrierefreiheit, sowie für eine qualitätssichernde Baubegleitung. Diese Qualitätskriterien sollen sicherstellen, dass die geplanten Energieeinsparungen durch die geförderten Maßnahmen auch tatsächlich erreicht werden können. Der aktuelle Stand des MüQua ist stets im Internet abrufbar: [www.muenchen.de/bauzentrum](http://www.muenchen.de/bauzentrum).

### **6.2. Öffentlich-rechtliche Konformitätszeichen für Wärmedämmstoffe**

Bei allen als Baustoff zugelassenen Wärmedämmstoffen wurden zur Ermittlung und Bestätigung der Übereinstimmung (Konformität) mit den einschlägigen Gesetzen und

Regelwerken in Deutschland zwei öffentlich-rechtliche Konformitätsnachweise eingeführt - das CE-Zeichen als „Pflichtzeichen“ und das optionale Ü-Zeichen. Weitere Informationen finden sich in den betreffenden Normen!

Aufgrund einer Entscheidung des Europäischen Gerichtshofes (EuGH) in Bezug auf den freien Warenverkehr von CE-gekennzeichneten Bauprodukten (neben dem CE-Zeichen darf kein Ü-Zeichen verlangt werden) wird derzeit die Musterbauordnung (MBO) geändert, dies betrifft die Regelungen zur Verwendung von Bauprodukten und Bauarten in Deutschland. Die neue Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VV TB) soll die besonderen deutschen Bauvorschriften EU-rechtskonform machen.

#### **Hinweis:**

- Im Bauproduktengesetz (BauPG) ist festgelegt, dass als "Bauprodukte" im baurechtlichen Sinne alle Erzeugnisse (Baustoffe, Bauteile und Anlagen) zu verstehen sind, die werksmäßig hergestellt werden, um dauerhaft in Bauwerke des Hoch- und Tiefbaues eingebaut zu werden.
- Die Bauart beschreibt die Verarbeitungsart / Herstellungsart sowie die Einbaulage und Befestigungsart eines Bauprodukts. Dies ist zum Beispiel für den Brand- und Schallschutz von Bedeutung.

#### **Wichtiger Hinweis:**

Der Einsatz von nicht zugelassenen Baumaterialien kann zu umfassenden Schadensersatz- und Haftungsansprüchen führen!

#### **6.2.1. Das CE-Zeichen (EU, verpflichtend)**

Das CE-Zeichen ist in der EU für Dämmstoffprodukte verpflichtend vorgeschrieben und Voraussetzung für den freien Warenverkehr innerhalb des EU-Binnenmarktes. Es dokumentiert, dass das Produkt die notwendigen Prüf- und Bescheinigungsverfahren durchlaufen hat und damit bestimmte Mindestanforderungen für die allgemeine Gebrauchstauglichkeit für „Wärmedämmung an Gebäuden“ erfüllt. Das CE-Zeichen ist kein Qualitätszeichen. Es sagt nichts über die Verwendbarkeit des Produkts für bestimmte Anwendungsgebiete nach DIN 4108-10<sup>1)</sup> aus (siehe weiter unten). Alle Dämmstoffe, die in harmonisierten Normen (siehe Kapitel 3) oder in Europäisch Technischen Zulassungen





(ETA) beschrieben sind, tragen das CE-Zeichen. Es ist eine Herstellererklärung ohne Pflichtprüfung.

## 6.2.2. Das Ü-Zeichen (Deutschland, optional)

Nachdem derzeit noch keine abschließende Regelung infolge der oben genannten Entscheidung des Europäischen Gerichtshofes (EuGH) getroffen wurde, sind die nachfolgenden Aussagen dieses Kapitels als fachliche Information zu verstehen.

### Muster eines Beipackzettels (Quelle: Informationsdienst Holz)

Problemstellung: Diese Zeichen sind aufgrund der Vielzahl von Parametern nicht besonders anwenderfreundlich. Auf der Baustelle können die wenigsten Bauakteurinnen und Bauakteure etwas mit dieser Datenflut anfangen, es sei denn, sämtliche entsprechenden Regelwerke liegen schriftlich vor.

Handelsbezeichnung	<b>MUSTERHERM — Holzfaserdämmplatten</b>	 Konformitätszeichen	
Hersteller	<b>Mustermann AG, Musterhausen</b>		
Herstelldatum / Werk	<b>30.02.2008 Werk II</b>		
Brandverhalten	<b>Klasse E nach EN 13501-1</b>		
Nennwert $R_D$	<b><math>R_D = 2,63 \text{ m}^2\text{K/W}</math></b>		
Nennwert $\lambda_D$	<b><math>\lambda_D = 0,038 \text{ W/(m K)}</math></b>		
Nennstärke	<b>Dicke 100 mm</b>		
Nennlänge, Nennbreite	<b>Länge 1.020 mm, Breite 600 mm</b>		Druckspannung bei 10% Stauchung
Verpackungsinhalt	<b>40 Stück = 24,5 m<sup>2</sup></b>		Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene
Bezeichnungsschlüssel nach EN 13171	<b>WF – EN 13171 – T3 – CS(10\Y)40 – TR5,0 – WS2,0 – MU5 – AFR100 ... *</b>		Strömungswiderstand Wasserdampfdiffusion Kurzeitige Wasseraufnahme
*Weiteremögliche Bezeichnungen:			
DSi Dimensionsstabilität			
SDi Dynamische Steifigkeit			
CPI Zusammendrückbarkeit			
AW Schallabsorptionsgrad			
	<b>Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit</b> gemäß Zulassung Z-23.15-XXXX: <b><math>\lambda = 0,040 \text{ W/(m K)}</math></b> <b>Baustoffklasse gemäß DIN 4102-1: B2</b> <b>Anwendungsgebiete gemäß DIN 4108-10:</b> <b>DAD-dk /-dm, DZ, DI-zk /-zg, DEO-dg /-dm, WAB-dk /-dm, WH, WI-zk /-zg, WTR</b>	 Übereinstimmungszeichen	
	Kurzzeichen der Anwendungsgebiete und Eigenschaftskurzzeichen gemäß DIN 4108-10		

Diese unterschiedlichen Kennzeichnungen der als Baustoff zugelassenen Wärmedämmstoffe haben erhebliche Konsequenzen auf die nach DIN 4108-4 einzusetzenden Bemessungswerte für die Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)!

Gemäß DIN 4108-4 Tabelle 2 und 3 gibt es zwei Kategorien von Dämmstoffen, wenn diese in harmonisierten Spezifikationen (zum Beispiel DIN 4108-10) beschrieben sind. Für Produkte der Kategorie I wird der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit durch Multiplikation des deklarierten Nennwertes  $\lambda_D$  mit dem normativ festgelegten Sicherheitsfaktor von 1,2 bestimmt. Das bedeutet, dass der für die Berechnung der Wärmeleistung nach EnEV erforderliche Bemessungswert um 20 Prozent höher liegt, also ungünstiger deklariert ist als der Nennwert  $\lambda_D$ . Dies trifft für alle Wärmedämmstoffe zu, die nur das CE- Zeichen tragen.

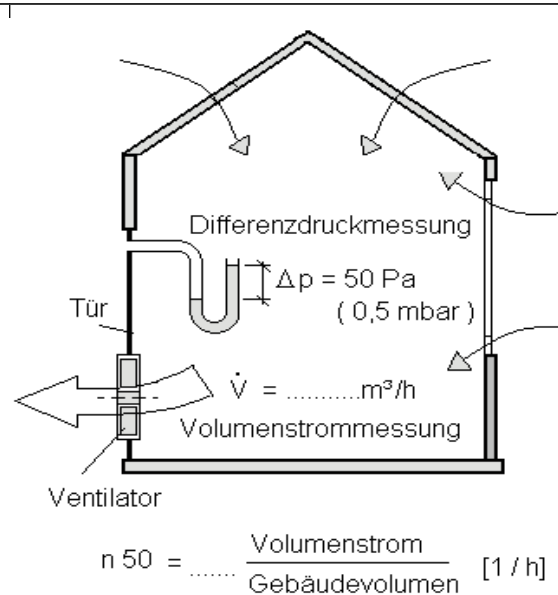
Alle Dämmstoffe mit dem Ü-Zeichen müssen einen Grenzwert ( $\lambda_{\text{grenz}}$ ) der Wärmeleitfähigkeit einhalten, wie er für Produkte der Kategorie II nach DIN 4108-4 festgelegt ist. Aufgrund dieses Übereinstimmungszertifikats wird der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit lediglich mit einem Sicherheitsfaktor von 1,05 (entspricht 5 Prozent Zuschlag) auf den Grenzwert ( $\lambda_{\text{grenz}}$ ) laut DIN 4108-4 beaufschlagt. Dieser günstigere Bemessungswert laut Kategorie II entspricht in der Regel exakt dem Nennwert von Kategorie I und fällt somit um 20 Prozent günstiger aus als der Bemessungswert laut Kategorie I (ohne Ü-Zeichen). Das Ü-Zeichen bringt also für die Berechnung der Wärmeleitfähigkeit nach EnEV einen rechnerischen Vorteil von 20 Prozent gegenüber einem gleichwertigen Dämmstoff ohne Ü-Zeichen. Aus diesem Grund sind fast alle hier gebräuchlichen Dämmstoffe neben dem CE-Zeichen auch mit dem Ü-Zeichen ausgezeichnet.

- 1) DIN 4108-10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe - Teil 10: Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe
- 2) Bemessungswerte für die Berechnung wärmeschutztechnischer Eigenschaften von Bauteilen. Im Kontext des europäischen Normenwerkes entspricht dieser Messwert noch dem Messwert in der Produktion. Der bisherige Rechenwert wurde durch die neue Normung zum sogenannten Bemessungswert. Dieser Bemessungswert soll das typische Verhalten eines Produktes im Einbauzustand beschreiben, d.h. er berücksichtigt sowohl die Alterung als auch die klimatypische praktische Bauteilfeuchte.

## 6.3. Verfahren zum Nachweis der Wärmebrückenfreiheit

### 6.3.1. Blower-Door-Test

Der Blower-Door-Test ist ein Differenzdruck-Messverfahren zur Überprüfung eines Gebäudes auf Luftdichtheit beziehungsweise zum Aufspüren von Leckagen in der Gebäudehülle. Bei geschlossenen Außentüren und Fenstern wird in der ersten Phase mittels eines Ventilators bei konstantem Unterdruck von 50 Pascal die Gebäudehülle nach Leckagen abgesucht. In einer zweiten Phase wird mit geringeren Drücken begonnen und der Unterdruck schrittweise erhöht. In einer dritten Phase wird analog zu Phase Eins und Zwei ein Messverfahren mit Überdruck durchgeführt. Luftgeschwindigkeitsmesser oder Rauchmaschinen dienen bei kleineren, nicht fühlbaren Öffnungen als Hilfsmittel. Die Ergebnisse werden während der Messreihe sorgfältig protokolliert



Quelle: Wikipedia,  
Urheber/Zeichner: Kino

### 6.3.2. Thermografie

Die Thermografie ist ein zerstörungsfreies Prüfverfahren mit Infrarotkamera zur Beurteilung von Materialien und Bauteilen. Die Gebäude werden dabei von innen oder von außen mit der Infrarotkamera aufgenommen. Voraussetzung für eine erfolgreiche Arbeit sind winterliche Außentemperaturen, günstige Witterungsbedingungen und beheizte Innenräume. Die Thermografie bildet dann die für das menschliche Auge unsichtbare Wärmestrahlung eines Objektes ab, kennzeichnet die Temperaturunterschiede an der Gebäudehülle durch verschiedene Farbbereiche (siehe Grafik) und entlarvt dabei Wärmebrücken aufgrund baulicher Mängel oder aufgrund bekannter wärmetechnischer Schwachstellen (zum Beispiel Fenster und Türen). Je wärmer die Temperatur an der

Außenseite der Außenwand gemessen wird, umso mehr Wärme wandert an dieser Stelle durch die Gebäudehülle nach außen. Entscheidend für eine aussagefähige Untersuchung sind hochauflösende Kameras sowie eine Auswertung der Bilder mit entsprechender Fachkenntnis.



Quelle: Lutz Weidner Bauthermografie & Luftdichtheitsprüfung

#### 6.4. Privatrechtliche Güte- und Qualitätssiegel und produktunabhängige Informationsquellen

Neben den öffentlich-rechtlichen Konformitätsnachweisen gibt es eine Reihe privatrechtlicher Gütesiegel zur freiwilligen Produktzertifizierung zu den Themen Energie, ökologische Bau- und Dämmstoffe sowie Wohngesundheit. Die freiwillige Produktzertifizierung hat in Deutschland eine lange Tradition. So hat zum Beispiel der deutsche Normenausschuss (DNA) bereits 1928 das Verbandszeichen DIN beim Reichspatentamt eintragen lassen. Mit der Einführung europäischer Produktnormen hat sich die „Landschaft“ freiwilliger Gütezeichen deutlich erweitert. Im Rahmen dieser Broschüre können nur einige dieser in Deutschland geläufigen und wichtigen Gütezeichen in Kürze vorgestellt werden (Kapitel 6.4.1 und 6.4.2). Eine umfassendere Auswahl und Bewertung liefert der „Kompass Gütesiegel 2010“ vom Ökotest Verlag.

Im Kapitel 6.4.3 werden weitere produktunabhängige Informationsquellen vorgestellt, auch hier ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

### **6.4.1. Güte- und Qualitätssiegel für Bauprodukte**

(ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

#### **6.4.1.1 RAL - [www.RAL.de](http://www.RAL.de)**

RAL ist als gemeinnützige Institution anerkannt in der Rechtsform eines eingetragenen Vereins. Bereits 1925 gründete sich der „**Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen**“ aus der damaligen Regierung und der deutschen Privatwirtschaft mit dem gemeinsamen Ziel der Vereinheitlichung und Präzisierung technischer Lieferbedingungen auf Basis festgelegter Qualitätsanforderungen. Ein Kuratorium aus Vertreterinnen und Vertretern der Industrie, der Verbraucherinnen und Verbraucher, der Landwirtschaft, aus Bundesorganisationen und Bundesministerien soll die Unabhängigkeit des Vereins sichern.

RAL-Gütezeichen werden für verschiedenste Bauprodukte von der jeweils spezialisierten Gütegemeinschaft vergeben, zum Beispiel für Mineralwolle, für Fenster und Haustüren oder für Solaranlagen. Auch Firmen können sich zertifizieren lassen, wenn die Herstellung und Verarbeitung gütegesicherter Produkte gewährleistet wird. Sehr hilfreich für Planung und Praxis sind die branchenspezifischen Leitfäden. Die wichtigsten Aufgaben der Gütegemeinschaft definieren sich heute wie folgt:

- Gütesicherung und Förderung von Produkten und deren Verarbeitung
- Schaffung der hierfür erforderlichen Güte- und Prüfbestimmungen
- Kennzeichnung der gütegeprüften Produkte und Firmen mit dem „RAL-Gütezeichen“
- Durchführung der RAL-Gütesicherung laut RAL-Durchführungsbestimmungen
- Überwachung der Güte- und Prüfbestimmungen bei den zertifizierten Firmen

Das RAL-Gütezeichen ist ein Qualitätszeichen, jedoch kein ausgewiesenes Öko-Siegel.

#### **Beispiel 1 - Das „RAL-Gütezeichen für Mineralwolle“:**

Seit 1. 1. 2005 gilt die neue europäische Gefahrstoffverordnung. Sie enthält ein Herstellungs- und Verwendungsverbot von biopersistenten (verbleiben auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung lange im Körper) beziehungsweise kanzerogenen (krebserregenden) Fasern für Wärme- und Schalldämmungen im Hochbau. Dieses Verbot gilt im EU-Raum auch für im Ausland hergestellte Erzeugnisse. Für die Einhaltung dieser Verordnung und damit für eine gute Biolöslichkeit (KI40, Halbwertszeit  $\leq 40$  Tage) bürgt

das Gütezeichen RAL-GZ 388 „Erzeugnisse aus Mineralwolle“. Dadurch soll - nach heutigem Kenntnisstand - das erhebliche Krebsrisiko früherer Mineralfaser-Dämmstoffe ausgeschlossen werden. Darüber hinaus hat dieses Label (laut Ökotest Gütesiegel-Kompass 2010) keine Aussagekraft.

### **Beispiel 2 - „Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren“ der RAL-Gütegemeinschaft:**

Dieser Leitfaden beschreibt praxisnah und anschaulich die fachgerechte Montage von Haustüren und Fenstern sowie deren professionelle Einbindung in die gedämmte Gebäudehülle. Diese hervorragende und für Planungsbüros sowie Handwerksbetriebe unverzichtbare Fachlektüre hilft, häufige Fehlerquellen bei Neubau und Sanierung zu vermeiden und damit Feuchteschäden am Gebäude vorzubeugen. Eine aus bauökologischer Sicht wünschenswerte kritische Beurteilung von Rahmen aus Polyvinylchlorid-Kunststoff (PVC) und Ortschaum aus Polyurethan (PU) beziehungsweise eine positive Aussage zu Gunsten umweltfreundlicher Produkte wie Holzfenster oder Stopfwole wird hier leider nicht getroffen.

#### **6.4.1.2. natureplus - [www.natureplus.de](http://www.natureplus.de)**

natureplus ist ein Qualitätszeichen für qualitativ hochstehende Baustoffe, Bauprodukte und Einrichtungsgegenstände. Produkte mit diesem Gütezeichen sind - laut natureplus - für die Gesundheit unbedenklich, umweltgerecht hergestellt und funktionell einwandfrei.

Aufwändige Prüfungen nach strengen Kriterien sollen garantieren, dass der hohe Anspruch auch erfüllt wird. Dafür bürgt der internationale Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen natureplus e.V.. Dem Verein gehören als Mitglieder alle interessierten Sparten an, wie Herstellerfirmen, Handelsbetriebe, Planungsbüros und Beratungsbüros, Verbraucher- und Umweltorganisationen und Prüfinstitute sowie Anwenderinnen und Anwender. Der Verein fördert laut seiner Statuten den Umwelt- und Gesundheitsschutz im Bauwesen sowie die Information der Verbraucherinnen und Verbraucher hinsichtlich umweltverträglicher, gesundheitlich unbedenklicher Bauprodukte, Baustoffe und Einrichtungsgegenstände. Zu diesem Zweck verleiht er Produkten, die den strengen Kriterien (je nach Produktpalette unterschiedlich) in den Bereichen Umwelt, Gesundheit und Funktionalität genügen, das Qualitätszeichen natureplus. Voraussetzung ist die Produktvolldeklaration der Herstellerfirma, die allerdings leider – nach Kenntnis der Verfasser – dem Endkunden nicht zur Verfügung steht. Dies ist aus Gründen des Verbraucherschutzes beziehungsweise der

Materialbilanzierung ein erheblicher Schwachpunkt. Die derzeitige Zertifizierung von Bauprodukten mit ökologisch bedenklichen Bestandteilen (zum Beispiel isocyanathaltige Bindemittel in Holzfaserdämmstoffen beim Trockenverfahren - siehe Kapitel 7 Ökobilanzen) wird in baubiologischen Fachkreisen seit einiger Zeit teils heftig kritisiert.

#### **6.4.1.3. [www.positivlisten.info](http://www.positivlisten.info)**

Die Arbeitsgemeinschaft kontrolliert deklarierte Rohstoffe (Arge kdR e.V.), ein Zusammenschluss namhafter Verbände, Institute und Baufachleuten, präsentiert mit dem 3-farbigem R ein Symbol, welches den Anteil der verwendeten Substanzen und Rohstoffe in Bauprodukten anzeigt. Die Käuferinnen und Käufer können auf einen Blick erkennen, welche Rohstoffgruppen in einem Produkt enthalten sind. In einer 10-stufigen Skala im R-Symbol werden die nachwachsenden Anteile grün ausgewiesen, die mineralischen gelb und die fossilen Produktanteile rot. Nachhaltige Produkte werden damit gut sichtbar, die Produktdaten – im Internet nachzulesen – transparent gemacht. Auch allergisierende Stoffe und gesundheitlich bedenkliche Gefahrstoffe werden gekennzeichnet. Die Vergabe des Labels wird von einem unabhängigen Fachbeirat überwacht. Ziel ist die Förderung des nachhaltigen Bauens und gesunden Wohnens. Die Herstellerfirmen haben hierzu eine verbindliche Volldeklaration vorzulegen. Die Volldeklaration ist für manche Produkte auf der Homepage nachvollziehbar dargestellt. Neben einzelnen Produkten können auch ganze Gebäude zertifiziert werden. Das Label ist ein sehr klares, leicht verständliches und verbraucherfreundliches Gütezeichen. Derzeit sind jedoch nur 16 Dämmstoffe gelistet.

#### **6.4.1.4. Der Blaue Engel - [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)**

Der Blaue Engel ist seit 1977 das weltweit erste und älteste Umweltzeichen. Es bietet den Verbraucherinnen und Verbrauchern eine praktische Orientierungshilfe bei etwa 3.500 Produkten aus etwa 80 Produkt- und Dienstleistungsgruppen von etwa 500 Firmen aus dem In- und Ausland. Seit vielen Jahren wird dieses gut eingeführte und sichtbare Umweltzeichen von Industrie, Handel und Handwerk als Marketinginstrument eingesetzt. Im Rahmen eines Vergabeverfahrens entscheidet die Zeichenvergabestelle RAL unter Beteiligung des Umweltbundesamtes und des jeweiligen Bundeslandes über die Verwendung des Blauen Engel.

Eine unabhängige Jury beschließt die technischen Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen für die Vergabe, wenn diese im Vergleich zu anderen Angeboten gleichen Nutzens umweltverträglicher sind. Die Vergabekriterien für die einzelnen Produkt- und Dienstleistungsgruppen sind im Internet nachzulesen oder beim Umweltbundesamt beziehungsweise bei der RAL-Vergabestelle erhältlich. Entsprechend der Produktentwicklung haben alle Vergabegrundlagen eine begrenzte Laufzeit von in der Regel 3 bis 4 Jahren. Für Produktgruppen, bei denen mit einer rascheren Weiterentwicklung des Standes der Technik zu rechnen ist, können auch kürzere Laufzeiten festgelegt werden. Die Jury Umweltzeichen überprüft vor Ablauf dieses Zeitraums die bestehenden Kriterien und entscheidet, ob eine Vergabegrundlage mit oder ohne Veränderungen verlängert werden soll oder aufgehoben wird.

Stellt sich heraus, dass ein Produkt die im Vertrag festgehaltenen Anforderungen nicht erfüllt oder der Blaue Engel in sonstiger Weise missbräuchlich verwendet wird, wird der Herstellerfirma das Recht auf die Nutzung des Blauen Engels entzogen. Produkte mit dem Blauen Engel entsprechen einem Kriterienkatalog, der gesundheitsschutz- und umweltrelevante Aspekte berücksichtigt. Insofern bietet der Kauf von Produkten mit dem Blauen Engel eine Gewähr für Produkte mit einer geringeren Umweltbelastung und einem höheren Gesundheitsschutz im Vergleich zu anderen Produkten mit dem gleichen Gebrauchszweck. Wie hoch der Beitrag ist, hängt jedoch immer vom Vergleichsprodukt und natürlich von der Nutzung des Produktes ab.

Bei gesundheitlich bedeutsamen Produkten (Farben, Lacke, Holzschutzmittel, lärmintensive Geräte) stehen die Anforderungen an den Gesundheitsschutz im Vordergrund. Einige Labels wurden vorrangig aus diesen Gründen vergeben, zum Beispiel für emissionsarme Produkte aus Holzwerkstoffen oder insektizidfreie Schädlingsbekämpfungsmittel für Innenräume. Krebserzeugende oder andere gesundheitsgefährdende Stoffe werden durch die Vergabekriterien für Blaue-Engel-Produkte ausgeschlossen. Ausnahmen hiervon kann es allerdings dann geben, wenn technisch keine alternativen Stoffe zur Verfügung stehen und nach wissenschaftlichem Kenntnisstand eine Gesundheitsgefährdung mit Sicherheit auszuschließen ist.

Kritisiert wird die unzureichende Transparenz mangels Volldeklaration. Auch der Ökotest Gütesiegel-Kompass kritisiert die Labels für manche Produktgruppen im Hinblick auf die Schadstoffbelastung als nur eingeschränkt hilfreich.



Seit 2009 gibt es für „Emissionsarme Wärmedämmstoffe und Unterdecken für die Anwendung in Gebäuden“ den Blauen Engel (RAL-UZ 132). Die Vorgaben sind – laut Ökotest Gütesiegel-Kompass – relativ streng und sehr hilfreich für Eigenheimbesitzerinnen und -besitzer im Hinblick auf eine geringe Schadstoffbelastung in Innenräumen. Verboten sind demnach bei den ausgezeichneten Dämmstoffen folgende Substanzen: Phtalate, Biozide (Lebensgifte) und halogenorganische Verbindungen (zum Beispiel in Flammschutz- oder Treibmitteln). Flüchtige organische Verbindungen (VOC) werden strenger bewertet als bei vielen vergleichbaren Gütesiegeln. Die Verwendung entsprechender Produkte könnte die immer wieder zu beobachtende Problematik erhöhter Schadstoffkonzentrationen in Innenräumen (Privathäuser, Schulen, Kindertagesstätten, Versammlungsräume) nach Sanierungen und im Neubau deutlich reduzieren (siehe auch Kapitel 5.4. Innendämmung).

Ein weiterer Blauer Engel – RAL-UZ 140 wird seit 2009 für „Wärmedämmverbundsysteme“ vergeben. Auch hier sind die Anforderungen sehr hoch. Produkte dürfen keine Stoffe enthalten, die als giftig, krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend oder fruchtschädigend eingestuft sind. Auch Biozide oder Flammschutzmittel mit PBT-Stoffen (persistent – bioakkumulativ – toxisch, siehe Kapitel 8 Prozesskette Polystyrol) sind verboten.

#### **6.4.1.5. FSC (Forest Stewardship Council) - [www.fsc-deutschland.de](http://www.fsc-deutschland.de)**

Der weltweite jährliche Waldverlust wird auf 13 bis 15 Millionen Hektar geschätzt, das bedeutet alle zwei Sekunden ein Gebiet von der Größe eines Fußballfeldes. Insbesondere die äquatorialen Urwälder, aber auch die letzten unberührten borealen Nadelwälder sind massiv bedroht. Um dem weiteren Raubbau dieser „grünen Lungen“ vorzubeugen, wurde das Label „Forest Stewardship Council“ (FSC) entwickelt. Das FSC-Label bietet eine empfehlenswerte weltweite Orientierungshilfe zur Auswahl von Hölzern. Ziel des FSC ist es, einen Beitrag zur Verbesserung der Waldbewirtschaftung weltweit zu leisten. Ökologische und soziale Minimumstandards bei der Bewirtschaftung von Wäldern müssen eingehalten werden.

#### **6.4.1.6. Naturland** - [www.naturland.de](http://www.naturland.de)

Naturland zertifiziert Wald und Holz. Die „Naturland Richtlinien zur Ökologischen Waldnutzung“ regeln alle Aspekte einer nachhaltigen und naturverträglichen Waldbewirtschaftung. Sie wurden bereits 1995 von Naturland gemeinsam mit den Umweltverbänden BUND, Greenpeace und Robin Wood entwickelt, um eine glaubwürdige Öko-Zertifizierung von Waldbetrieben zu gewährleisten. Die Verarbeiter von Holz aus Ökologischer Waldnutzung produzieren umweltschonend Sägewerksprodukte, Holzwerkstoffe und gebrauchsfertige Holzprodukte. Naturland engagiert sich mit seiner Kompetenz als internationale Zertifizierungsorganisation und als Vorreiter der Ökologischen Waldnutzung im deutschen Ableger des FSC.

#### **6.4.1.7. EMICODE® Kennzeichnungssystem** - [www.emicode.de](http://www.emicode.de)

Die Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegestoffe, Klebstoffe und Bauprodukte e.V. (GEV) führte 1997 das EMICODE® Kennzeichnungssystem ein. Seither wurden weltweit tausende Produkte hinsichtlich ihres Emissionsverhaltens von Schadstoffen durch anerkannte Institute geprüft und bei Einhaltung der Prüfkriterien mit dem EMICODE® Siegel ausgezeichnet. Beurteilt werden Verlegestoffe, Klebstoffe und expandierende Fugendämmstoffe sowie imprägnierte Dichtungsbänder aus Schaumkunststoff gemäß DIN 18542. Eine umfangreiche Produktaufstellung, alphabetisch sortiert nach Hersteller ist im Internet unter [www.emicode.de](http://www.emicode.de) zu finden und bietet Unterstützung bei der Auswahl möglichst emissionsarmer Produkte. Die höchsten Anforderungen der EMICODE® Siegelkategorien weist die „Exklusiv-Klasse“ EC1 plus auf, gefolgt von EC1 (sehr emissionsarm) und EC2 (emissionsarm). Manche EMICODE® Siegel weisen zusätzlich ein „R“ im Hintergrund auf. Das „R“ steht für „reguliert“ und bedeutet, dass diese Produkte zwar als (sehr) emissionsarm eingestuft wurden, aber bei der Verarbeitung spezielle Arbeitsschutzmaßnahmen, zum Beispiel Schutzhandschuhe oder Schutzbrille einzuhalten sind.

#### **6.4.1.8. GISBAU / GISCODE** – [www.bgbau.de/gisbau](http://www.bgbau.de/gisbau)

Die Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft (BG Bau) hat ein Gefahrstoff-Informationssystem entwickelt: GISBAU. Mit dem Kennzeichnungssystem GISCODE wird eine Vielzahl von Produkten mit vergleichbarer Gesundheitsgefährdung und somit

identischen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln zu wenigen Produktgruppen zusammengefasst und somit auf einfache Weise vergleichbar. Folgende Produktgruppen werden derzeit aufgelistet: Verlegewerkstoffe, Epoxidharz-Beschichtungsstoffe, Oberflächenbehandlungsmittel für Parkett und andere Holzfußböden, kaltverarbeitbare Bitumenprodukte in der Bauwerksabdichtung, zementhaltige Produkte, Methylmethacrylat-Beschichtungsstoffe, Polyurethan-Systeme im Bauwesen, Korrosionsschutz-Produkte. Durch eine Codierung, die aus einer Buchstaben- und Zahlenkombination besteht, wird jedes Produkt eindeutig einer bestimmten Produktgruppe zugeordnet. Zum Beispiel steht D1 für Lösemittelfreie Dispersions-Verlegewerkstoffe, und RE3 für Epoxidharzprodukte, lösemittelhaltig, sensibilisierend.

#### **6.4.1.9. Umwelt-Produktdeklarationen EPD (Environmental Product Declaration) - [epd-online.com](http://epd-online.com)**

Das Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) bietet das branchenübergreifende EDP-Online Tool an zur Vergabe von Umwelt-Produktdeklarationen für Bauprodukte des Typs III nach den internationalen Normen ISO 14025 und EN 15804. Es beinhaltet die erforderlichen Datengrundlagen für ökologische Gebäudebewertungen, wie zum Beispiel für die DGNB-Zertifizierungssysteme der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen und das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Dargestellt werden Informationen zum Beispiel zu Energieeinsatz und Ressourceneinsatz, Ökobilanz, Beeinflussung des Treibhauseffekts, der Ozonschicht, Beeinträchtigungen der Qualitäten von Luft, Boden und Wasser. Erfasst werden auch produktbezogen technische Daten zu Lebensdauer, Wärme- und Schallisolierung sowie der Einfluss auf die Innenraumluftqualität. Die Datenbank, die nach Online-Registrierung kostenfrei genutzt werden kann, dient als Hilfestellung für Fachplanungsbüros, Architekturbüros, Bauunternehmen, ausführende Betriebe und Bauherren aber auch für Immobiliengesellschaften und Facility-Management-Unternehmen sowie für Herstellerfirmen von Produkten.

#### **6.4.1.10. ÖkoPlus - [www.oekoplus.de](http://www.oekoplus.de)**

ÖkoPlus ist ein Zusammenschluss von derzeit 30 ökologischen Baumärkten in ganz Deutschland. Nach Angabe von ÖkoPlus sind oft auch Handwerksbetriebe an die ÖkoPlus Baumärkte angeschlossen. Vor allem private Bauherinnen und Bauherren und Interessierte finden auf der Website von ÖkoPlus eine begrenzte Auswahl an ökologischen Produkten

sowie Beschreibungen von verschiedenen ökologischen Bauweisen. Gelistet sind (für Neubau und Bestand) Baumaterialien, Dämmstoffe, Böden, unterschiedliche Naturfarben, Lehm und Kalk, bis hin zum Strohballenhaus. Schwerpunkt dabei ist, ökologische Produkte zu empfehlen und Bauherinnen und Bauherren in der Baustoffhandlung vor Ort zu beraten.

#### **6.4.2. Gütezeichen für ganze Gebäude**

Gütezeichen für ganze Gebäude sind seit 1999 auf dem internationalen Markt vertreten. Inzwischen gibt es eine Reihe verschiedener Labels. Neben den ökologischen und gesundheitlichen Beweggründen spielen ökonomische Gründe eine wichtige Rolle für die Investorinnen und Investoren. So ergab eine Untersuchung aus dem Jahr 2008 (sogenannte CoStarim-Studie), dass „LEED-zertifizierte Gebäude“ (siehe Kapitel 6.4.2.4) im Schnitt

- höhere Belegungsraten (4,1 Prozent),
- höhere Mieteinnahmen (122 US-Dollar pro Quadratmeter im Jahr), sowie
- höhere Verkaufspreise (1840 US-Dollar pro Quadratmeter)

als Gebäude von vergleichbarer Qualität ohne LEED-Status erzielen.

Diese interessante Entwicklung auf diesem relativ neuen globalen Markt darf mit Spannung beobachtet werden.

##### **6.4.2.1. DGNB-Zertifizierungssystem – [www.dgnb-system.de](http://www.dgnb-system.de)**

Mit dem Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB) ein umfassendes Bewertungssystem für nachhaltige Gebäude entwickelt. Das Gütesiegel soll herausragende Planungsleistungen im Bereich des nachhaltigen Bauens würdigen und für alle Marktbeteiligten (Bauherrinnen und Bauherren, Planungsbüros, Nutzerinnen und Nutzer, Investorinnen und Investoren, et cetera) sichtbar machen. Es zeichnet sich durch die umfassende Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden und ein einheitliches, objektiv nachvollziehbares Bewertungssystem aus.

Bei diesem Label geht es nicht nur um ein relativ neues Marketinginstrument sondern auch um eine neue Generation der Nachhaltigkeitsbewertung. Die Bemühungen der deutschen Regierung sind darauf gerichtet, mit diesem Nachhaltigkeitssiegel ein umfassendes,

wissenschaftlich fundiertes und planungsbasiertes Bewertungssystem für nachhaltige Gebäude zu schaffen. Der Weg vom reinen Kostenwettbewerb hin zu einem Qualitätswettbewerb eröffnet dabei allen Beteiligten neue Chancen auch im internationalen Wettbewerb. Die Kernaufgabe der Auditorin, des Auditors ist die Bewertung des Planungs- und Bauprozesses, also die Zusammenstellung der Unterlagen und Nachweise im Hinblick auf die DGNB-Kriterien (Vorzertifikat und Zertifikat) sowie die organisatorische Abwicklung des Prozesses.

Aufgabe der beratenden Auditorin, des beratenden Auditors ist es, während des Planungs- und Bauprozesses die Anforderungen des Pflichtenheftes entsprechend eines DGNB-Dokumentationshandbuchs zu überwachen und festzuhalten. Nach Fertigstellung des Gebäudes prüft die DGNB den ordnungsgemäßen Ablauf des Verfahrens. Sind alle Kriterien erfüllt, wird das Vorzertifikat dauerhaft bestätigt. Die Bauherrin, der Bauherr bekommt von der DGNB ein Zertifikat sowie eine Plakette für ihr / sein Gebäude ausgehändigt

### **DGNB-Zertifikat für Innenräume**

Als neue ergänzende Variante zu den bisherigen DGNB-Zertifizierungssystemen für Neubauten und Bestandsgebäude ist jetzt auch das neue DGNB-Zertifikat für Innenräume erhältlich – auch für nicht komplett zertifizierte Gebäude. In der Pilotphase bis Juni 2017 wurde das neue Zertifizierungssystem mit einer Vielzahl an Projekten erprobt. Die Gültigkeit der Zertifizierung für nachhaltige Innenräume beträgt zehn Jahre für Büroflächen und fünf Jahre für Handelsflächen beziehungsweise bis zum Umbau der zertifizierten Flächen. Durch Rezertifizierung ist eine Verlängerung um fünf Jahre möglich. Neu eingebrachte Baustoffe und auch die Möblierung der Räume fließen nach Angabe des DGNB in die Bewertung mit ein. Weitere Kriterien sind zum Beispiel auch Raumluftqualität und Lüftungsraten, optimierte Beleuchtungssituationen mit Tageslicht und Kunstlicht, Ergonomie und lange Nutzungsdauer von Möbeln, Klimaneutralität des Ausbaus und die Verwendung von Ökostrom.

Nach Angabe des DGNB umfasst die Zertifizierung für nachhaltige Innenräume derzeit 16 Kriterien bei Büro- und Verwaltungsgebäuden beziehungsweise 13 Kriterien bei Handelsbauten. Der Umfang der Zertifizierung sowie die Nachweisführung ist dementsprechend gering. Der Kriterienkatalog kann an individuelle Projekte angepasst werden. Die Zertifizierung kann als verbesserter Anreiz zur Erstellung von nachhaltigen

Räumen gesehen werden, sofern nicht durch eine zu geringe Anzahl der ausgewählten Kriterien wichtige Faktoren zur Beurteilung außer Acht gelassen werden.

#### **6.4.2.2. Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) -**

[www.bnb-nachhaltigesbauen.de](http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de)

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), wissenschaftlich begleitet durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), hat für Büro- und Verwaltungsgebäude des Bundes, ergänzend zum DGNB das Bewertungssystem „Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude“ (BNB) entwickelt. Ziel ist, wie beim DGNB, die ganzheitliche Betrachtung und Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten für Gebäude anhand eines definierten Kriterienkatalogs. Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude des Bundesbauministeriums stellt ein ganzheitliches quantitatives Bewertungsverfahren für Büro und Verwaltungsbauten zur Verfügung in Ergänzung zum Leitfaden Nachhaltiges Bauen.

#### **6.4.2.3. Sentinel-Haus Institut (SHI) - [www.sentinel-haus.eu](http://www.sentinel-haus.eu)**

Ziel des SHI ist es, gesunde Lebensräume in einem bezahlbaren Standard zu errichten sowie Rechtssicherheit durch garantierte Qualität sowohl für Anbieterinnen und Anbieter als auch für Kundinnen und Kunden zu schaffen. Im Vordergrund steht die Reduzierung von Luftschadstoffen und gesundheitlich problematischen Substanzen auf ein für die Bewohnerinnen und Bewohner verträgliches Maß. Dazu werden laufend aktualisierte Daten aus speziellen Baustoffdatenbanken inklusive Bewertung der Emissionswerte zu Hilfe genommen. Das SHI arbeitet mit Unternehmen zusammen, die sich den Zielen des SHI anschließen .

#### **6.4.2.4. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) - [www.usgbc.org/leed](http://www.usgbc.org/leed)**

Dieses nordamerikanische Gebäudelabel wurde eingeführt, um einen Maßstab für nachhaltige Gebäude zu entwickeln. Das Green Building Council, eine US-Behörde, kümmert sich um die Förderung der „besten Beispiele der Nachhaltigkeit am Bau“ und um die Verbreitung ökologischer Erkenntnisse aus diesem Prozess. Dieses Gütezeichen hatte Vorbildcharakter für andere Gebäudelabels und wurde auch in Staaten außerhalb der USA eingeführt.

LEED ist ein Programm zur freiwilligen Zertifizierung. Anhand der Gebäudebewertung hat das Planungsbüro die Möglichkeit, die Tragweite seiner gestalterischen Entscheidungen bezogen auf Umwelteinwirkungen zu kennen - unterteilt in fünf Kategorien, die die Gesundheit von Mensch und Umwelt betreffen und mit einbeziehen. Die Kategorien sind wiederum in Anforderungen unterteilt, die auf wissenschaftlicher Grundlage bewertet werden. Diese sind: Nachhaltige Baustellen, Wassereffizienz, Energie und Atmosphäre, Materialien und Ressourcen sowie Luftqualität im Gebäude.

Beurteilt werden die Ökobilanzierung, die Bewertung der Inanspruchnahme von Ressourcen, die Lebenszykluskosten, die Wertstabilität, die gesundheitliche Gestaltung, die Barrierefreiheit und Sicherheit, die gestalterische Qualität eines Bauwerks, die technische und funktionale Qualität und die Dauerhaftigkeit / Anpassung der gewählten Bauprodukte an die Nutzungsdauer. Der LEED-Standard greift oft auf US-amerikanische Normen zurück, welche in Europa nur wenig bekannt sind. Seit einiger Zeit bieten daher auch deutsche Ingenieurbüros Berechnungen nach US-amerikanischen Normen an.

#### **6.4.3. Weitere (überwiegend) produktunabhängige Informationsquellen**

##### **6.4.3.1. Umweltbundesamt (UBA) - [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)**

Das UBA forscht in Zusammenarbeit mit weiteren bundesdeutschen und europäischen Partnern, sonstigen anerkannten Forschungsinstituten (zum Beispiel Fraunhofer-Institut für Toxikologie und experimentelle Medizin – ITEM) sowie externen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu zahlreichen umweltrelevanten Themen, unter anderem auch über problematische Inhaltsstoffe in Baumaterialien. Die Bewertung der Analysedaten stellt eine wichtige Grundlage für die Durchführung und Weiterentwicklung der Stoffregelungen unter REACH dar. Die Ergebnisse werden beispielsweise in Presseinformationen (zum Beispiel „Bromierte Flammschutzmittel: Schutzengel mit schlechten Eigenschaften?“) oder in Broschüren veröffentlicht, zum Beispiel in der Broschüre „Karzinogene, mutagene, reproduktionstoxische (CMR) und andere problematische Stoffe in Produkten – Identifikation relevanter Stoffe und Erzeugnisse, Überprüfung durch Messungen, Regelungsbedarf im Chemikalienrecht“ (diese Studie wurde im April 2011 veröffentlicht).

#### **6.4.3.2. WECOBIS - [www.wecobis.de](http://www.wecobis.de)**

WECOBIS (Nachfolger von ecobis) ist ein hervorragendes und umfassendes Informationssystem für Planungsbüros, Handwerksbetriebe und Baufamilien. Alle Bauakteurinnen und Bauakteure können sich hier über Details und aktuelle Erkenntnisse zu Baumaterialien und mögliche Auswirkungen informieren, die in vielen Produktinformationen verschwiegen werden. WECOBIS wurde im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ initiiert und wird laufend um neue und aktualisierte Daten ergänzt und an aktuelle Entwicklungen angepasst. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) stellt in Kooperation mit der Bayerischen Architektenkammer (ByAK) herstellerneutrale Informationen zu Umwelt- und Gesundheitsrelevanz von Bauproduktgruppen und Grundstoffen zur Verfügung. Die Baustoffinformationen werden aktuell und frei zugänglich über das internetbasierte ökologische Fachinformationssystem WECOBIS bereitgestellt. WECOBIS bietet für die wichtigsten Bauproduktgruppen und Grundstoffe umfassende, strukturiert aufbereitete, herstellerneutrale Informationen zu gesundheitlichen und umweltrelevanten Aspekten einschließlich möglicher Anwendungsbereiche an. Diese Informationen werden für die Lebenszyklusphasen Rohstoffe, Herstellung, Verarbeitung, Nutzung und Nachnutzung zur Verfügung gestellt.

#### **6.4.3.3. IPEG-Institut - [www.ipeg-institut.de](http://www.ipeg-institut.de)**

Das IPEG-Institut hat aktuell über 230 unterschiedliche Dämmstoffe verschiedener Herstellerfirmen gelistet. Aufgeführt sind, aufgeteilt in sieben verschiedene Dämmstoffkategorien, zahlreiche Informationen wie Anwendungsbereiche, Rohstoffe, physikalische und chemische Eigenschaften, Baustoffklasse, Primärenergieinhalt, Zulassungen, ungefähre Kosten, Lieferformen, Entsorgung und die Herstellerfirma. Die laufend aktualisierten Listen sind gegen Entgelt online bestellbar. Ergänzend zu den Dämmstofflisten bietet das IPEG-Institut auch Dämmstofftipps für Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer an sowie Informationen zu Wärmebrücken, Luftdichtheit und vieles mehr.

#### **6.4.3.4. Ökobau.dat - [oekobaudat.de](http://oekobaudat.de)**

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) erstellte im Rahmen eines Forschungsprojektes der Forschungsinitiative ZukunftBau in Zusammenarbeit mit der deutschen Baustoffindustrie die Ökobilanzindikatoren-Datenbank



„Ökobau.dat“. Mit der „Ökobau.dat“, einer produktspezifischen deutschen Baustoffdatenbank für die Bestimmung globaler ökologischer Wirkungen, steht allen Akteurinnen und Akteuren eine vereinheitlichte Datenbasis (zum Beispiel Umweltproduktdeklarationen – EPD) für ökologische Bewertungen von Bauprodukten zur Verfügung. In zahlreichen Datenblättern werden Baumaterialien sowie Bau- und Transportprozesse vielfältiger Kategorien hinsichtlich ihrer ökologischen Wirkungen beschrieben: zum Beispiel Mineralische Baustoffe, Dämmstoffe, Holzprodukte et cetera. In jedem Datensatz werden neben den ökologischen Angaben auch Informationen zu den Quelldaten wie Bezugseinheit, Gültigkeitsdauer, Datenqualität et cetera geliefert. Die Datensätze können in bestehende Lebenszyklus-Berechnungswerkzeuge eingebunden werden. Die Inhalte der Datenbank wurden 2015 auf die neuen Regelungen der DIN EN 15804 und DIN EN 15978 umgestellt. Damit werden die Daten der Ökobilanzmodule auf einzelne Phasen verteilt: A1-A3 Herstellung, B Nutzungsphase, C1–C 4 Rückbau und Entsorgung, D Prozesse außerhalb des Lebenszyklus des Bauprodukts. Mit dieser Neuregelung wird die Datenbank auf einer Internetplattform zur Einsicht und Download angeboten. Damit können auch Drittanbieter Datensätze zu Verfügung stellen.

**6.4.3.5. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) – [www.fnr.de](http://www.fnr.de)  
Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V.  
(C.A.R.M.E.N.) - [www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de)**

Die FNR versteht sich - als Teil des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) - als zentrale bundesweite Koordinierungsstelle für den Bereich Nachwachsende Rohstoffe. Die FNR verfügt seit 2011 auch über ein eigenes modellhaftes Bürogebäude aus Holz, Lehm- und Naturfaserdämmstoffen für Informations- und Demonstrationszwecke. Die FNR veröffentlicht Informationsschriften zu den Themenbereichen „Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen“ sowie „Heizen mit Holz“.

Im bayerischen Straubing sitzt C.A.R.M.E.N. als regionales Pendant zur FNR mit umfangreichen Angeboten für Fachleute und Laien wie Informationsmaterial, Ausstellung, Demonstration und Schulungen zu den verschiedensten Einsatzzwecken von nachwachsenden Rohstoffen.

#### **6.4.3.6. Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit (IBN) - [www.baubiologie.de](http://www.baubiologie.de)**

Im Vordergrund stehen die Beratung und Betreuung von sowohl Baufachleuten als auch Verbraucherinnen und Verbrauchern sowie eine ganzheitlich und baubiologisch orientierte Weiterbildung. Ein Schwerpunkt dabei ist die Ausbildung Baubiologin / Baubiologe IBN auf der Grundlage des seit 1977 bewährten und staatlich zugelassenen Fernlehrgangs Baubiologie IBN in deutscher und englischer Sprache. Weitere angebotene Qualifizierungen sind „Baubiologische\_r Messtechniker\_in“, „Gebäude-Energieberater\_in“ und „Raumgestalter\_in“.

Das IBN gibt seit 1979 die Zeitschrift „Wohnung + Gesundheit“ heraus. Die formulierten 25 Grundregeln der Baubiologie sowie der Standard der Baubiologischen Messtechnik SBM mit seinen drei „Säulen“ A (Felder, Wellen, Strahlung), B (Wohngifte, Schadstoffe, Raumklima) und C (Pilze, Bakterien, Allergene) bieten Orientierung bei Beratungen, Planungen, Messungen, und Untersuchungen von Haus, Arbeitsplatz oder Grundstück. Auf dieser Basis werden auch Gutachten für Gebäude und Räume angeboten. Eine Auflistung der anerkannten Beratungsstellen IBN ist online verfügbar.

#### **6.4.3.7. Verband Baubiologie e.V. (VB) - [www.verband-baubiologie.de](http://www.verband-baubiologie.de)**

Der Verband Baubiologie e.V. hat sich die Förderung des Umweltschutzes und Gesundheitsschutzes zum Ziel gesetzt. Neben speziellen baubiologischen Weiterbildungsangeboten wie zum Beispiel Praxisseminare und Öffentlichkeitsarbeit, werden baubiologische Beratungen, Planungen, baubiologische Messtechnik und Begutachtungen durchgeführt. Die Baubiologinnen und Baubiologen im Verband führen Untersuchungen und Analysen von Häusern, Wohnungen, Grundstücken, Einrichtungen und Materialien durch. Ziel ist dabei, gesundheitliche Risikofaktoren aufzuzeigen und Alternativen zu entwickeln.

#### **6.4.3.8. Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V. - [www.baubiologie.net](http://www.baubiologie.net)**

Die Sachverständigen des VDB beschäftigen sich mit den Einflüssen der bebauten Umwelt auf die Gesundheit der Menschen, mit fachgerechter Erkennung, Bewertung und Prävention von Innenraumrisiken in Bezug auf Schimmelpilze, Schadstoffe, elektromagnetische Felder und Strahlung. Baubiologische Untersuchungen werden mit dem

Ziel durchgeführt, vermeidbare Umweltbelastungen in Innenräumen zu erkennen, um darauf aufbauend effiziente Sanierungsmaßnahmen erarbeiten zu können. Das Internetportal des VDB bietet umfangreiche Informationen, Publikationen, Tagungsbände und Downloads.

#### **6.4.3.9. www.baubook.info**

Die österreichische Internetplattform baubook versteht sich als Informations- und Kommunikationsdrehscheibe für energieeffizientes und ökologisches Bauen und unterstützt nachhaltige Bauvorhaben und gesundes Wohnen. Betreiber ist die baubook GmbH, deren Gesellschafter sind das Energieinstitut Vorarlberg und das Österreichische Institut für Bauen und Ökologie, IBO GmbH. Das baubook unterstützt die Umsetzung von nachhaltigen Gebäuden. Es umfasst eine Reihe von unterschiedlichen themenspezifischen und regionalen Informationsplattformen mit umfangreichen Datenbanken.

Angeboten werden zum Beispiel:

- Umfangreiche Kataloge mit ökologischen und energetischen Kriterien,
- frei zugängliche Produktdatenbanken mit Hersteller- und Händlerangaben,
- bauphysikalische und bauökologische Basisdaten für die Berechnung von Energie und Ökologiekennzahlen,
- vertiefte Informationen zu Technik, Gesundheit und Umweltwirkungen von Bauprodukten,
- kostenlose Werkzeuge wie den baubook Rechner für Bauteile zur Optimierung von Wand-, Decken- und Dachaufbauten und baubook eco2soft für die Berechnung von ökologischen Gebäudekennzahlen sowie
- aktuelle Informationen zum Thema „ökologisches Bauen und Sanieren“.

Die Plattform „baubook ökologisch ausschreiben“ bietet Fachplanerinnen und Fachplanern Unterstützung bei der Erstellung von Ausschreibungstexten für ökologische Materialien. In Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Institut für Baubiologie und Ökologie IBO wurden Richtwerte erarbeitet, die bauphysikalische und bauökologische Kennwerte berücksichtigen. Im baubook sind über 1000 Richtwerte für die gängigsten Baustoffe verzeichnet, die kostenfrei heruntergeladen werden können. Im baubook wird der ökologische Optimierungsprozess anhand des Oekoindex (OI) des Gesamtgebäudes betrachtet. Der OI-Wert für ein Gebäude ist – laut Angabe baubook - umso niedriger, je weniger nicht erneuerbare Energie eingesetzt wird und je weniger Treibhausgase und andere Emissionen bei der Produktion der Baustoffe und des Gebäudes zum Zeitpunkt der

Errichtung sowie für erforderliche Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen abgegeben werden. Anzustreben sind daher möglichst niedrige OI-Werte.

#### **6.4.3.10. Informationsportal Nachhaltiges Bauen - [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)**

Das Informationsportal Nachhaltiges Bauen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) stellt neben allgemeinen Informationen und Grundlagen zum nachhaltigen Bauen eine Reihe von Leitfäden und Arbeitshilfen, Baustoff- und Gebäudedatenbanken sowie Informationen zu Forschungsprojekten und Veranstaltungen zur Verfügung. Hierzu zählen zum Beispiel Ökobaudat, WECOBIS, EPD, das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen BNB sowie verschiedene Bewertungssysteme für nachhaltige Wohngebäude.

#### **6.5. Hersteller-Informationen**

Viele Dämmstoffherstellerfirmen geben wichtige praxisorientierte Hinweise und Verarbeitungsrichtlinien in gedruckter Form, als Informationen auf den offiziellen, Internetseiten oder als pdf-Download bekannt. Sehr häufig sind dort wichtige Details beschrieben, zum Beispiel die Schnittstellen Fassade/Dach, Fassade/Fenster, Fassade/Sockel, et cetera, also Baudetails die besonders fehleranfällig sind (siehe Kapitel 6 Qualitätssicherung). Es empfiehlt sich dieses herstellerspezifische Wissen für eigene Bauvorhaben zu nutzen.

## **7. Ökobilanzen, Umweltvorsorge und Gesundheitsvorsorge**

In der ökologischen und gesundheitlichen Betrachtung von Baustoffen, Bauprodukten und Bauwerken sind im Rahmen verschiedener neuer europäischer Gesetze in den nächsten Jahren neue Maßstäbe erkennbar, die weit über bisherige Bilanzierungen von Baustoffen hinausgehen. Insbesondere die Beurteilung von Innenraumluft rückt aufgrund der immer luftdichteren Bauweise zunehmend in den Fokus der Gesetzgebung. Die nachfolgend beschriebenen Instrumente dienen zur Orientierung für Planungsbüros sowie für die Eigentümerinnen und Eigentümer.

### **7.1. Gesetze, Richtlinien und rechtliche Instrumente - Kurzbeschreibung**

#### **7.1.1. REACH (Registration, Evaluation, and Authorisation of Chemicals) - [www.reach-info.de](http://www.reach-info.de)**

Das neue Chemikalienrecht – EU-Verordnung EG-Nr. 1907/2006. Ziel ist die Minimierung von Risiko- und Gefahrstoffen als Voraussetzung für möglichst von chemischen Schadstoffen unbelastete Innenräume. Besondere Aufmerksamkeit gilt künftig den besonders besorgniserregenden Stoffen, den sogenannten SVHC (substances of very high concern). Darunter zu verstehen sind zum Beispiel CMR-Stoffe (canzerogen, mutagen, reproduktionstoxisch), also Stoffe mit krebserregender, erbgutverändernder und fruchtschädigender Wirkung. Auch PBT-Stoffe (persistent, bioakkumulativ, toxisch) fallen darunter. Diese Chemikalien können von der Umwelt nicht abgebaut werden, reichern sich in Menschen und Tieren an und sind giftig. Früher oder später landen diese gefährlichen Stoffe in der Nahrungskette, zum Beispiel das Flammschutzmittel HBCD in Polystyrolprodukten, siehe Kapitel 8 Prozessketten. Gleiches gilt für vPvB-Stoffe (very persistent und very bioaccumulativ). Auch endokrine Stoffe, d.h. Stoffe, die geeignet sind das empfindliche hormonelle Gleichgewicht zu stören, gehören in die Gruppe der SVHC-Stoffe.

### **7.1.2. GHS (Globally Harmonised System) / CLP-Verordnung**

(Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures)

Ziel des GHS ist es, erstmals ein weltweit einheitliches System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien zu schaffen. Überall, wo das GHS eingeführt wird, sei es in China, den USA oder in Europa, werden Chemikalien in Zukunft nach einheitlichen Kriterien eingestuft und gekennzeichnet. Was zum Beispiel giftig oder umweltgefährlich ist, trägt dann überall das gleiche Symbol. Auf GHS beruht die CLP-Verordnung (EU-Verordnung EG-Nr. 1272/2008), die seit 2009 in Kraft ist. Ziel der CLP-Verordnung ist es, ein hohes Schutzniveau für die menschliche Gesundheit und für die Umwelt sicherzustellen sowie den freien Warenverkehr innerhalb des gemeinsamen europäischen Binnenverkehrs von chemischen Stoffen, Gemischen und bestimmten spezifischen Erzeugnissen zu gewährleisten.

### **7.1.3. Verordnung über Biozid-Produkte (BPR)**

Die Verordnung über Biozidprodukte (Verordnung (EU) Nr. 528/2012) regelt das Inverkehrbringen und die Verwendung von Biozidprodukten, die aufgrund der Aktivität der in ihnen enthaltenen Wirkstoffe zum Schutz von Mensch, Tier, Material oder Erzeugnissen vor Schadorganismen, wie Schädlingen oder Bakterien, eingesetzt werden.

### **7.1.4. Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB)**

Der AgBB hat 2015 ein Bewertungsschema für Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen – VOC (volatiles organic compounds) - vorgelegt, nachdem Bauprodukte als mögliche Quelle erheblicher Schadstoffbelastungen in Innenräumen identifiziert wurden. Der Ausschuss hat Prüfkriterien zur nachvollziehbaren und einheitlichen Bewertung erarbeitet. Die Schlusserklärung des Ausschusses lautet wie folgt: „Ein Bauprodukt, welches die im Ablaufschema geforderten Bedingungen erfüllt, ist für die Verwendung in Innenräumen von Gebäuden gemäß §§ 3 und 13 Musterbauordnung (MBO) aus gesundheitlicher Sicht geeignet“.

## 7.2. Ökobilanzen

Ökobilanzen geben Auskunft über potentielle Umweltauswirkungen, die bei der Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines Produkts entstehen. Damit wird der gesamte Lebensweg von der Wiege bis zur Bahre (englisch: cradle to grave) mit in die Betrachtung einbezogen.

Die Ökobilanz teilt sich in vier Phasen:

1. Festlegung des Zieles und Untersuchungsrahmens
2. Sachbilanz
3. Wirkungsabschätzung
4. Auswertung

Der zweite Schritt führt zur Erfassung des Ressourcenverbrauchs.

Dieser wird zusammengefasst in dem Indikator

- a) Primärenergie nicht erneuerbar oder
- b) Primärenergie erneuerbar

Der dritte Schritt versucht, den Ressourcenverbrauch in seiner Wirkung auf die Umwelt zu bewerten. Indikatoren dafür sind beispielsweise

- Klimagase,
- Versauerung,
- Ozonabbau,
- Sommersmog oder
- Überdüngung.

Zusätzlich gibt es Indikatoren wie „Ecotox“ und „Humantox“, die die toxikologischen Risiken für die Umwelt beziehungsweise die menschliche Gesundheit unter globalen Gesichtspunkten beschreiben. Dies ist nicht zu Verwechseln mit gesundheitlichen Risiken für die Handwerkerinnen und Handwerker oder die Nutzerinnen und Nutzer eines Gebäudes.

Eine Ökobilanz muss exakt Auskunft geben, welche funktionelle Einheit berechnet und bewertet wurde. Dies kann ein Kilogramm eines Materials sein, ein Quadratmeter Fläche mit einer spezifischen Dicke eines Bauprodukts oder ein Quadratmeter einer vollständigen Konstruktion. Am sinnvollsten ist ein Vergleich von einem Quadratmeter einer bestimmten

Konstruktion, zum Beispiel ein gedämmtes Schrägdach oder eine Außenwand, die einen bestimmten U-Wert erreichen sollen. Dies wird auch als „funktionales Äquivalent“ bezeichnet. Die DIN EN 15804 unterscheidet folgende Phasen: A1 bis A3: Herstellung, B: Nutzungsphase, C1 bis C4: Rückbau und Entsorgung und D: Prozesse außerhalb des Lebenszyklus des Bauprodukts. Verpflichtend müssen in einer Umweltproduktdeklaration (engl. EPD) nur die Daten für die Phase A1 bis A3 angegeben werden. Die anderen Phasen sind optional. Die Ökobilanz eines Gebäudes über den Lebenszyklus muss nach DIN EN 15978 immer die Nutzungsphase (B) und die Rückbauphase (C) umfassen. Deshalb sind in einer Datenbank notwendige Ökobilanzmodule für diese Phasen für alle Produktgruppen vorzuhalten.

Diese Veröffentlichung konzentriert sich auf den Vergleich von Wärmedämmstoffen. Die folgende Tabelle vergleicht deshalb die Menge des jeweiligen Dämmstoffs, die notwendig ist, um einen U-Wert von  $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  zu erreichen. Da Dämmstoffe für unterschiedlichste Anwendungsbereiche geeignet sind, wurde hier jeweils exemplarisch eine Einsatzmöglichkeit angenommen. Aus diesem Grunde eignen sich die Daten nicht für einen beliebigen Quervergleich. Mit größtmöglicher Sorgfalt wurde versucht, den Herstellungsprozess von 26 verschiedenen Wärmedämmstoffen möglichst umfassend zu bilanzieren. Die Ökobilanzmodule sind der Datenbank „ÖKOBAUDAT“ ([www.oekobaudat.de](http://www.oekobaudat.de)) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) entnommen (Stand: 02-2016). Die in der nachfolgenden Tabelle verwendeten Werte berücksichtigen nur die Herstellungsphase (cradle to gate), der vollständige Lebenszyklus und damit die anderen Phasen „B“ und „C“ werden nicht berücksichtigt. Die nachfolgende Datensammlung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Ein aktuelles und für professionelle Planerinnen und Planer gut geeignetes Instrument zur Ökobilanzierung von Baukonstruktionen und Gebäuden ist die Software LEGEP ([www.legep-software.de](http://www.legep-software.de)), die über ein Modul Ökobilanz und eine sehr umfangreiche Material- und Konstruktionsdatenbank verfügt.



Wärmedämmstoffe Ökobilanz													
Autor: Holger König												Stand: 02-2016	
Datenbank: Ökobaudat 2015		nach DIN EN 15804											
Systemgrenze: Phase A1 - A3, frei Werkstoff auf geladen, keine Instandssetzung, kein Rückbau und Entsorgung													
funktionelle Einheit: 1 m <sup>2</sup> Dämmung, Dicke notwendig nach U-Wert 0,2 W/m <sup>2</sup> K													
funktionelle Aquivalent: U-Wert 0,2 W/m <sup>2</sup> K													
Dämmstoff	Einsatzmöglichkeit	Rohdichte	Lambda	Dicke	U-Wert	Klimagas	Versauerung	Ozonabbau	Sommersmog	Überdüngung	PE Erneuerbar	PE nicht erneuerbar	Jahrgang
		kg/m <sup>3</sup>	W/mK	d (m)	m <sup>2</sup> /KW	kg CO <sub>2</sub> Äquivalent	kg SO <sub>2</sub> Äquivalent	kg CFC11 Äquivalent	kg Ethen Äquivalent	kg P Äquivalent	MJ	MJ	
Blähton	Schüttung	400	0,16	0,90	0,2	125	0,82	2,76E-009	0,0595	0,041	224	1848	2015
Bimsand	Schüttung	1000	0,19	0,95	0,2	8,02	0,052	0,00000000013	-0,0095	0,0142	11,4	106	2015
Perlite	Schüttung	100	0,06	0,30	0,2	16,52	0,022	0,000000000093	0,0027	0,0033	3,96	228	2015
Porenbetongranulat	Schüttung	400	0,15	0,75	0,2	3,73	0,0196	0,00000000001	-0,00278	0,00516	7,83	49,9	2015
Schaumglas horter	Schüttung	130	0,08	0,40	0,2	14,31	0,036	0,00000000035	0,00062	0,0109	60	261	2015
Kalziumsilikatplatten	Vonwanddämmung innen	220	0,055	0,28	0,2								2015
Mineralfaser	Innendämmung	115	0,045	0,23	0,2	27,77	0,051	0,00000000088	0,0044	0,0063	85	371	2015
Schaumglas	Außenwanddämmung Feuchtbereich	100	0,04	0,20	0,2	25,2	0,058	0,00000000050	0,0044	0,00696	173	396,00	2015
Glaswolle	Zwischenwanddämmung	20	0,035	0,18	0,2	5,93	0,0109	0,0000000355	0,0011	0,0019	7,56	104	2015
Steinwolle	Zwischenwanddämmung	30	0,035	0,18	0,2	8,42	0,0366	0,00000000020	0,0029	0,0055	9,3	104	2015
Schiffrohrplatten (ersatzweise Strohbällen)	WDV S-System	250	0,055	0,28	0,2	-91,52	0,066	0,000000023	0,0016	0,072	906	39,9	2015
Strohballen	Ballen	100	0,052	0,26	0,2	-33,33	0,024	0,000000008	0,0058	0,026	330	14,53	2015
Flachs	Zwischensparrendämmung	38	0,04	0,20	0,2	6,8	0,036	0,000000030	0,0046	0,026	133	317	2015
Hanf	Zwischensparrendämmung	38	0,045	0,23	0,2	8,15	0,04	0,0000000018	0,005	0,015	152	358	2015
Holzfaserplatten (Nass)	Aufdämmung	160	0,04	0,20	0,2	-19,35	0,0343	0,0000000011	0,0078	0,0052	746	389	2015
Holzfaserplatten (Trocken)	Zwischenwanddämmung	173	0,04	0,20	0,2	-32,8	0,039	0,00000000018	0,0281	0,0316	668	416	2015
Holzspäne (ersatzweise Hobelware)	Zwischenwanddämmung	80	0,045	0,23	0,2	-27,313	0,017	0,000000040	0,004	0,00347	406	48	2015
Holz wolle LBP	WDV S-System	360	0,09	0,45	0,2	85,6	0,145	1,9E-09	0,012	0,025	1324	959	2015
Korkplatte	Aufdämmung	80	0,045	0,23	0,2	-29,5	0,041	7,74E-010	-0,005	0,009	488	143	2015
Schafwolle	Zwischensparrendämmung	20	0,04	0,20	0,2								2015
Zelluloseflocken	Zwischensparrendämmung	45	0,04	0,20	0,2	-14,8	0,0087	0,00000000087	0,00045	0,0013	14,4	17,5	2015
Zelluloseplatten	Zwischenwanddämmung	85	0,04	0,20	0,2	-1,11	0,15	0,0000000024	0,0092	0,041	339,5	471	2015
Polyesterfaser	Zwischenwanddämmung	19	0,04	0,20	0,2	10	0,017	0,0000000032	0,0036	0,0018	12	345	2015
Poly styrol EPS 15	WDV S-System	22,7	0,035	0,18	0,2	10,4	0,0238	5,97E-008	0,0782	0,0022	3,7	317	2015
Poly styrol XPS	Bodenplattendämmung	32	0,035	0,18	0,2	16,96	0,036	1,2E-009	0,016	0,0037	17	508	2015
Poly urethanplatten	Aufdämmung	30	0,028	0,14	0,2	18,68	0,059	0,0000000309	0,0099	0,0061	6,52	386	2015

### 7.3. Begriffserläuterung Ökobilanzparameter

#### **Primärenergieaufwand PE:**

Der Primärenergieaufwand (in Megajoule pro Kilogramm MJ/kg oder Megajoule pro Kubikmeter MJ/m<sup>3</sup>) beinhaltet sämtliche energetischen Aufwendungen, die zur Herstellung eines Produktes erforderlich sind. Er errechnet sich aus Daten der Sachbilanz (Inputbilanz) als Summe des natürlichen Energieinhalts der verbrauchten Energieträger und dient als pauschaler Wirkungsparameter zur Abschätzung der durch die Energiebereitstellung verursachten Umweltauswirkungen. Für die Bewertung wird hier nur der aus nicht erneuerbaren Energieträgern stammende Anteil angegeben, da diese Daten aus allen Quellen verfügbar sind, wohingegen nur in wenigen Quellen die Anteile der regenerativen Energieträger zusätzlich ausgewiesen werden.

#### **Treibhauspotential / Erderwärmungspotential (GWP - Global Warming Potential):**

GWP beschreibt die Summe aller treibhauswirksamen Gase durch den Produktionsprozess des Dämmstoffes als CO<sub>2</sub>-Äquivalent (Kohlendioxid-Äquivalent). Das heißt, die Wirksamkeit der verschiedenen Gase ist auf 1 kg CO<sub>2</sub> bei einer Verweildauer von 100 Jahren normiert. Durch die langfristige CO<sub>2</sub>-Bindung aus der Atmosphäre während der pflanzlichen Wachstumsphase - und deren Gegenrechnung zu den Emissionen – entstehen bei nachwachsenden Rohstoffen meist Werte mit negativen Vorzeichen, das heißt insgesamt positive CO<sub>2</sub>-Bilanzen.

#### **Versauerungspotential (AP - Acid Potential):**

Das Versauerungspotential beschreibt die Summe aller Gase aus dem Herstellungsprozess als SO<sub>2</sub>-Äquivalent (Schwefeldioxid-Äquivalent), die in Verbindung mit Wasser zur Versauerung von Gewässern und Böden beitragen können (saurer Regen).

#### **Heizwert (nur nachrichtlich, wird in vorstehender Tabelle nicht berücksichtigt):**

Energieinhalt eines Produktes, der bei späterer thermischer Verwertung genutzt werden kann.

### 7.4. Zuschlagstoffe und Bindemittel

Naturfaserdämmstoffe bestehen in der Regel zu einem sehr hohen Prozentsatz (mehr als 80 Prozent) aus natürlichen Fasern nachwachsender Rohstoffe. Hierdurch ergibt sich ein

aus ökologischer Sicht großer Vorteil gegenüber den konventionellen Schaum-Dämmstoffen, mit ihren komplizierten Prozessketten auf Erdölbasis und zahlreichen toxischen Zwischenprodukten (siehe Kapitel 8 Prozessketten und Kapitel 11 Steckbriefe Polystyrol und Polyurethan).

Vielen Naturfaserdämmstoffen werden aber aus Gründen der Formstabilität, des Brandschutzes, des Schutzes vor tierischen Schädlingen oder aus produktionstechnischen Gründen Bindemittel und Zuschlagstoffe beigefügt. Manche dieser Stoffe sind natürliche Bestandteile, einige sind auf synthetischer Basis hergestellt und innerhalb der Naturbaustoff-Branche sehr umstritten. Dies sorgt immer wieder für kontroverse Diskussionen.

Im Rahmen von EU-Umweltgesetzgebungsverfahren – zum Beispiel Biozid-Verordnung und REACH-Verordnung (neue europäische Chemikalienrichtlinie) – werden über 140.000 Stoffe in einem komplizierten, langwierigen Verfahren registriert und hinsichtlich ihrer Toxizität neu bewertet. Betroffen sind dabei auch Stoffe, die Naturfaserdämmstoffen zugesetzt werden, zum Beispiel polyurethan-haltige Kleber bei Holzfaserplatten im Trockenverfahren oder Bor-Präparate bei Zellulosedämmstoffen, Holzfaser-, Hanf- oder Flachsprodukten. Unabhängig von den weiteren EU-Gesetzgebungsverfahren sollten die betroffenen Herstellerfirmen von Naturfaserdämmstoffen den Einsatz umweltverträglicherer Stoffe prüfen. Hausbesitzerinnen und -besitzer, Planungsbüros und Handwerksbetriebe können sich im Internet informieren, zum Beispiel: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de), [www.positivlisten.info](http://www.positivlisten.info), [wecobis.de](http://wecobis.de)

#### **7.4.1. Bindemittel und Stützfasern**

Insbesondere bei flexiblen Dämmplatten beziehungsweise -matten (zum Beispiel Holzfaser und Hanf) werden zur Erhöhung der Stabilität Stützfasern als Bindemittel eingezogen, mit einem Anteil von beispielsweise 10 bis 12 Prozent. Einige Herstellerfirmen setzen dabei auf textile Kunstfasern (zum Beispiel Bikomponentenfaser auf Polyesterbasis), andere Herstellerfirmen verwenden natürliche Maisstärke, manche haben beide Varianten im Programm, wieder andere setzen auch Kartoffelstärke ein (zum Beispiel Flachs). Stopfhanf benötigt keinerlei Stützfasern. Als sogenanntes Fällungsmittel zur Lockerung der Naturfasern wird Aluminiumsulfat genutzt. Bei sachgerechter Anwendung vorgenannter Stoffe sind nach derzeitiger Kenntnis der Verfasser keine oder nur geringe gesundheitliche

Probleme zu erwarten. Aus Gründen der Nachhaltigkeit und des Umweltschutzes sollten möglichst natürliche Bindemittel zum Einsatz kommen, wenngleich deren Produktionsprozess auch sehr aufwändig und teuer sein kann.

Bei stärkeren einschichtigen, druckfesten Holzfasерplatten im Trockenverfahren wird nach derzeitiger Kenntnis der Verfasser vorwiegend/ausschließlich MDI/PMDI (Poly-Methylen-Diphenyl-di-Isocyanat) verwendet. Isocyanate sind chemisch sehr reaktive Stoffe aus der Chlorchemie. Ihre Herstellung erfolgt aus (Di)-Aminen und dem äußerst giftigen Phosgen - früher als Kampfstoff verwendet und aus dem Chemieunfall im indischen Bophal bekannt (Quelle: Ökologisches Baustoff-Lexikon).

#### **Kommentar des Autors Herbert Danner:**

Toxische Stoffe sollten nicht in den Produktionsprozess von Naturfaser-Baustoffen einfließen, insbesondere wenn Alternativen vorhanden sind (siehe auch Kapitel 8.1.1 - Herstellung Holzfasерdämmplatten im Trockenverfahren sowie Kapitel 8.4 - Prozesskette Polyurethan und Kapitel 11 - Steckbrief Polyurethan).

Für die Produktion von Holzfasерdämmplatten im Nassverfahren werden primär die Bindekräfte des holzeigenen Lignins genutzt. Als Bindemittel der unterschiedlichen Lagen zu stärkeren Dämmplatten wird Weißleim oder Wasserglas eingesetzt (siehe Kapitel 8.1.2 - Herstellung Holzfasерdämmplatten im Nassverfahren).

#### **7.4.2. Brandschutz**

Dieses Kapitel verwendet Auszüge aus: „Ausbildungsunterlagen zum baubiologischen Messtechniker“, Dr. Manfred Mierau, Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN, Rosenheim.

#### **Flammschutz-Mittel sind allgegenwärtig**

Flammschutz-Mittel werden in großen Mengen hergestellt und vielen Produkten auf der Basis brennbarer Stoffe wie Kunststoffe, Textilien und Holz zugesetzt. Ziel ist es, diese Produkte schwer entflammbar zu machen beziehungsweise die Ausbreitung von Bränden einzuschränken, zu verlangsamen oder zu verhindern. Auch Zündhölzer werden an der Griffseite zum Beispiel mit Diammoniumhydrogenphosphat getränkt. Beigemischt werden die Flammschutz-Mittel zum Beispiel Baustoffen (Wärmedämmungen, Montageschäume),

im Möbelbau, in elektronischen Geräten, Dekorationstextilien, Vorhängen, Bodenbelägen, Teppichen, Polstermöbeln, Matratzen, Glasfasertapeten, Versiegelungen, Farben und Lacken. Der Materialanteil der Flammschutz-Mittel beträgt häufig 10 bis 20 Prozent. Ausschließlich aus halogenierten Monomeren bestehende Kunststoffe, wie zum Beispiel PVC, sind durch ihre besonderen chemischen Eigenschaften nicht brennbar und benötigen meist keine oder kaum zusätzliche Flammschutzmittel. Der weltweite Jahresverbrauch (2012) von Flammschutz-Mitteln wird auf knapp zwei Millionen Tonnen geschätzt.

### **Belastung durch Flammschutz-Mittel – Toxikologie**

- **Soda (Natriumcarbonat), Ammoniumpolyphosphat:**

Als umweltfreundliches Brandschutzmittel kommt bei manchen Herstellerfirmen Soda (Natriumcarbonat) zum Einsatz (Anteil beispielsweise 3 bis 5 Prozent). Andere Herstellerfirmen verwenden Ammoniumpolyphosphat, dessen Verwendung als unproblematisch gilt (Forschungsbericht 204 08 542 (alt) 297 44 542 (neu) "Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel" im Auftrag des Umweltbundesamtes (Dezember 2000)).

- **Borate / Borsalze / Borsäure:**

(Dieser Abschnitt enthält Auszüge aus der Publikation „hintergrund // märz 2016“ vom Umweltbundesamt „Wärmedämmung - Fragen und Antworten“ und den „WECOBIS“-Informationen zu „Borate“)

Borsäure und ihre Borate wurden bis 1984 für therapeutische Zwecke eingesetzt, etwa als Borwasser in Heilsalben und zur Desinfektion von Wunden. Als Konservierungsmittel E 284 wird Borsäure heute noch in der Lebensmittelchemie eingesetzt. Bor ist als essentielles Spurenelement für den Menschen in sehr geringen Mengen lebensnotwendig.

Im Juni 2010 wurde Borsäure durch die europäische Chemikalienagentur ECHA in die Kandidatenliste für besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC - substance of very high concern, besonders besorgniserregende Stoffe) aufgenommen. Nach Inkrafttreten der GHS-Verordnung 1272/2008/EG (Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien) und der REACH-Änderungs-VO 790/2009/EG wurde Borsäure als reproduktionstoxisch gekennzeichnet (Beeinträchtigung der männlichen

und weiblichen Fortpflanzungs-Funktionen beziehungsweise Fortpflanzungs-Fähigkeit (Fertilität) und der Entwicklung (vorgeburtliche nicht vererbare gesundheitliche Schäden und Fruchtschäden).

Auch Gemische, die freie Borsäure in einer Konzentration von 5,5 Prozent oder mehr enthalten, sind nach der GHS-Verordnung als reproduktionstoxisch (Repr. 1b, H360FD) zu kennzeichnen. Seit dem 1.12.2010 müssen Stoffe nach dem GHS-Standard eingestuft und gekennzeichnet werden, seit dem 1.7.2013 müssen SVHC in der Leistungserklärung für alle Bauprodukte angegeben werden und seit dem 1.6.2015 müssen „Gemische“ (bislang „Zubereitungen“ genannt) nach dem neuen System eingestuft und gekennzeichnet werden.

Noch wurde kein Verfahren für eine Zulassungspflicht eingereicht, weshalb Borsäure weiterhin uneingeschränkt verwendet werden darf.

Auf Borate sollte freiwillig verzichtet werden. Als Alternative kann beispielsweise Ammoniumpolyphosphat eingesetzt werden. Borate können toxisch wirken, wenn sie zum Beispiel bei der Verarbeitung aufgenommen oder eingeatmet werden.

Vorteilhaft im Vergleich zu halogenierten Flammschutzmitteln ist, dass sich beim Verbrennen von Borsäure und Borax außer Wasser keine ätzenden und giftigen Säuren sowie keine Furane oder Dioxine bilden können.

- **Halogenierte und bromierte Flammschutz-Mittel:**

Halogenierte Flammschutz-Mittel werden vielfach als gesundheitlich und / oder ökologisch bedenklich eingestuft. Vor allem bei Bränden stellen halogenierte Flammschutzmittel eine Belastung dar: Unter der Hitzeeinwirkung wirken sie zwar brandhemmend, es entstehen aber auch hohe Konzentrationen an Dioxinen, zum Beispiel polybromierten oder polychlorierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen. Einige bromierte Flammschutz-Mittel wurden mittlerweile EU-weit verboten.

**Hexabromcyclododecan (HBCD):**

(Auszug aus der Publikation „hintergrund // juli 2016“ vom Umweltbundesamt „Hexabromcyclododecan (HBCD) - Antworten auf häufig gestellte Fragen“)

HBCD ist ein ringförmiges, bromiertes Kohlenwasserstoffmolekül mit der chemischen Formel  $C_{12}H_{18}Br_8$ . HBCD dient wegen seiner technischen Eigenschaften vorwiegend als Flammschutzmittel für Kunststoffe. Es kann Brände entweder ganz verhindern oder zumindest die Ausbreitung des Brandherdes verzögern. In einem voll entwickelten Brand brennen aber auch Gegenstände, die mit HBCD behandelt sind. HBCD wird vor allem in Dämmstoffen aus Polystyrol für Gebäude - sowohl in expandiertem Polystyrol (EPS) als auch in extrudiertem Polystyrol (XPS) – eingesetzt.

HBCD hat vier problematische Eigenschaften in der Umwelt. Es ist giftig, vor allem für Gewässerorganismen wie Krebstiere und Algen. Der Stoff ist zudem persistent, das heißt langlebig, weil er in der Umwelt schlecht abgebaut werden kann. Er wird zum Beispiel in über 10 Jahre alten Sedimentschichten gefunden. HBCD reichert sich in Lebewesen an, der Fachbegriff dafür ist bioakkumulierend. In Fischen, Meeressäugern und Raubvögeln arktischer Regionen kann man heute schon HBCD nachweisen. Wegen dieser Eigenschaften wird HBCD als „besonders besorgniserregender Stoff“ nach den Kriterien der Europäischen Chemikalienverordnung REACH und als persistenter organischer Schadstoff unter der internationalen Stockholm-Konvention geführt. Deswegen wird HBCD EU-weit nach der CLP-Verordnung mit den Gefahrenhinweisen H361 „Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen“ und H362 „Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen“ versehen.

Die Verwendung von HBCD ist jetzt in fast allen Bereichen verboten. Für Dämmstoffe aus expandiertem Polystyrol (EPS) gibt es noch eine Ausnahme. Das Handels- und Verwendungsverbot von HBCD ist auf die Stockholm-Konvention zurückzuführen und wird in der Europäischen Union (EU) im Anhang I der POP-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 850/2004 über persistente organische Schadstoffe) umgesetzt. Seit dem 22. März 2016 dürfen Produkte (Stoffe, Gemische und Erzeugnisse) mit einem Gehalt von mehr als 100 mg/kg HBCD in der EU nicht mehr hergestellt oder in Verkehr gebracht werden. Für Restbestände an Dämmstoffen galt abweichend, dass diese noch bis zum 22. Juni 2016 verkauft und verbaut werden durften. Weiterhin dürfen Dämmstoffe aus EPS mit HBCD über dieses Datum hinaus in der EU hergestellt und in Gebäuden verwendet werden, sofern der Hersteller über eine Zulassung unter der Europäischen Chemikalienverordnung REACH verfügt. Gleiches gilt für HBCD-haltige Dämmstoffe, die von außerhalb der EU importiert werden. Die Ausnahme für das Inverkehrbringen und Verwenden von Dämmstoffen aus EPS mit HBCD endet voraussichtlich am 21. Februar

2018 (6 Monate nach Ende des Überprüfungszeitraums der aktuell erteilten Zulassungen). Es sind jedoch bereits jetzt ausreichend EPS-Dämmstoffe ohne HBCD erhältlich, so dass auf die Verwendung HBCD-haltiger Produkte verzichtet werden sollte.

### **Tetrabrombisphenol A**

Einsatz in Epoxidharzen

### **Decabromdiphenylether oder Propylendibromstyrol**

Einsatz in Polyolefinen zum Beispiel in Polypropylen (PP) oder Polyethylen (PE)

### **Pentabromdiphenylether oder Tetrabrombisphenol-Ester**

Einsatz in Polyurethanen (PU)

### **Octabromdiphenylether oder bromiertes Polystyrol**

Einsatz in Styrol-Copolymeren

- **Decabromdiphenylether (DecaBDE):**

Einsatz in High Impact Polystyrene (abgekürzt HIPS), einem mit Kautschuk modifizierten festen Polystyrol, auch bei Polyethylen, Polypropylen, ungesättigten Polyestern und Polybutylenterephthalat; DecaBDE ist in der Umwelt schwer abbaubar und kann sich in Lebewesen anreichern. Es ist seit dem 1. Juli 2008 in Elektro- und Elektronikgeräten verboten.

## **Übersicht der Stoffklassen von Flammschutz-Mitteln in Dämmstoffen**

Bei Flammschutz-Mitteln handelt es sich um eine schwer überschaubare Vielfalt an chemischen Stoffklassen, Synergisten und Mischungen: Neben anorganischen Stoffen wie Aluminiumtrioxid oder Antimontrioxid sind organische Phosphorverbindungen (zum Beispiel Trikresylphosphat) und halogenierte (chlorierte oder bromierte) Kohlenwasserstoffe wie zum Beispiel chlorierte Paraffine verbreitet, andere basieren auf Stickstoff (Melamin, Harnstoff). Die nachfolgenden Tabellen geben einen Überblick der in Dämmstoffen eingesetzten Flammschutz-Mittel – siehe auch Kapitel 11 Steckbriefe Dämmstoffe.



## Naturdämmstoffe ohne chemische Additive und Flammschutzmittel (siehe Kapitel 11.1)

<b>Steckbrief Dämmstoffe</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Baustoffklasse (Brandschutz)</b>	<b>Flammschutzmittel</b>
11.1.1	Getreidegranulat	B2	keine
11.1.2	Holzspäne (Patent Baufritz)	B2	keine
11.1.3	Jasmin® (Patent Holz- Lehmhaus GmbH)	B2	keine
11.1.4	Rohrkolben (Typha)	B2	keine
11.1.5	Schilfrohr	B2	keine
11.1.6	Seegras	B2	keine
11.1.7	Stroh – Baustrohballen	B2	keine

## Industriell gefertigte Naturfaserdämmstoffe (siehe Kapitel 11.2)

<b>Steckbrief Dämmstoffe</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Baustoffklasse (Brandschutz)</b>	<b>Flammschutzmittel</b>
11.2.1	Flachs	B2	Borate / Borsalze / Borsäure, Ammoniumphosphat oder Ammoniumsulfat
11.2.2	Hanf	B2	Borate / Borsalze / Borsäure, Ammoniumphosphat oder Ammoniumsulfat
11.2.3	Holzfasern	B1/B2	Borate / Borsalze / Borsäure oder Ammoniumsulfat
11.2.4	Holzwolle-Leichtbauplatten	B1/B2	Mineralische Bindemittel - Zement oder Magnesit
11.2.5	Jute	B2	Soda
11.2.6	Kokos	B2/B3	Borate / Borsalze / Borsäure, Ammoniumphosphat oder Ammoniumsulfat
11.2.7	Kork	B2	keine
11.2.8	Schafwolle	B2	Borate / Borsalze / Borsäure und Harnstoffderivate (Mitin)
11.2.9	Zellulose	B2	Borate / Borsalze / Borsäure, vereinzelt Ammoniumphosphat

## Naturdämmstoffe auf Basis mineralischer Rohstoffe (siehe Kapitel 11.3)

<b>Steckbrief Dämmstoffe</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Baustoffklasse (Brandschutz)</b>	<b>Flammschutzmittel</b>
11.3.1	Blähton	A1	Nicht brennbar - keine
11.3.2	Dämmziegel (perlitgefüllt)	A2	Nicht brennbar - keine
11.3.3	Glasschaum-Granulat	A1	Nicht brennbar - keine
11.3.4	Kalzium-Silikat	A1	Nicht brennbar - keine
11.3.5	Mineralische Putze	A1/A2	Nicht brennbar - keine
11.3.6	Mineralschaum	A1	Nicht brennbar - keine

11.3.7	Perlite	A1	Nicht brennbar - keine
11.3.8	Schaumglas	A1	Nicht brennbar - keine

#### Konventionelle mineralische Dämmstoffe (siehe Kapitel 11.4)

Steckbrief Dämmstoffe	Beschreibung	Baustoffklasse (Brandschutz)	Flammschutzmittel
11.4.1	Mineralfaser	A1/A2/B1	keine

#### Konventionelle organisch/synthetische Dämmstoffe (siehe Kapitel 11.5)

Steckbrief Dämmstoffe	Beschreibung	Baustoffklasse (Brandschutz)	Flammschutzmittel
11.5.1	Polyesterfaser	B1	keine
11.5.2	Polystyrol	B1/B2	Bis 2015 ausschließlich HBCD, seit 2015 zunehmend Polymer-FR
11.5.3	Polyuretan PUR	B1/B2	TCPP
11.5.4	Resol-Hartschaum	B2	keine Angabe

#### Sonstige Dämmstoffe (siehe Kapitel 11.6)

Steckbrief Dämmstoffe	Beschreibung	Baustoffklasse (Brandschutz)	Flammschutzmittel
11.6.1	Vakuumdämmung	B3, Kernmaterial A1	keine

### 7.4.3. Schutz vor Schädlingen

Beim Thema Schutz vor Schädlingen wird oft zunächst an chemische Hilfsmittel gedacht. Einfach aufsprühen, eintauchen, tränken – ist dann alles fertig, geschützt und frei von Belästigungen für die Bewohnerinnen und Bewohner?

Genauer betrachtet beginnt der Schutz vor Schädlingen wesentlich früher. Folgende Fragestellungen sind für die Planung und Entscheidungsfindung über Baustoffe und Bauweisen hilfreich: Wann und wo können welche Schädlinge in Kontakt mit welchen Baumaterialien kommen? Welchen Einfluss haben die Auswahl des Materials und dessen Qualität, Herkunft, Herstellung, Lagerung, Transport und gegebenenfalls seine Zwischenlagerung auf der Baustelle? Eine fachgerechte Verarbeitung, eine gute Wartung und Instandhaltung sollte den Kontakt von Schädlingen und Baumaterial dauerhaft verhindern.

Um funktionale und möglichst umweltschonende Möglichkeiten für eine Schädlingsprävention zu finden, sind Maßnahmen zu überlegen, die individuell auf das Bauvorhaben, die Bauweise, die verwendeten Materialien und die zu befürchtenden Schädlinge abgestimmt sind. Die Analyse der Lebensweisen der möglichen Schädlinge und deren Bedürfnisse führen in der Regel zu sehr praktischen Ansätzen.

Stellvertretend für unterschiedliche Schadbilder werden hier Motte, Maus und Specht betrachtet. **Motten** finden in Dämmstoffen wie zum Beispiel Wolle Nahrung und Lebensraum. **Mäuse** suchen sichere Nistplätze, wo immer dies möglich ist. **Spechte** klopfen an der Fassade, um bei hohl klingenden Stellen nach Futter zu suchen und nutzen die Hohlräume manchmal auch als Wohnhöhle. Auch bei nicht gedämmten Wänden sind Spechtschäden möglich – mit deutlich geringerem Schadenspotenzial.

Eine wirkungsvolle bauliche Präventionsmaßnahme sind mechanische Barrieren. So kann die Anbringung einer mottendichten Dampfbremse, eines maussicheren Gitters oder die Verwendung einer entsprechend dickeren und glatteren Putzschicht an der Fassade das Eindringen der Schädlinge verhindern beziehungsweise die Ursachen für die Schadbilder beseitigen. Es ist dabei stets auf eine fachgerechte Verarbeitung zu achten. Das Stichwort ist - wie so oft - Qualitätssicherung am Bau.

Bei Gegenmaßnahmen ist immer auch der Tierschutz zu beachten! Nicht nur die wild lebenden Tiere selbst, sondern auch ihre Nist- und Zufluchtsstätten an Gebäuden stehen unter dem Schutz des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG § 39).

Falls chemische Schutzmittel eingesetzt werden sollen, muss dies sorgfältig bedacht und geplant werden. Dabei sollten nur Mittel zum Einsatz kommen, die sowohl wirksam als auch möglichst wenig schädlich für Mensch und Natur sind. Liegen bereits Schäden vor, so ist zum Beispiel bei geschädigten Dämmstoffen zu überlegen, ob ein Austausch des betroffenen Materials nicht effektiver und kostensparender ist als der Einsatz von Bioziden (Giftstoffen). Es empfiehlt sich daher, von Beginn an erfahrene Spezialisten einzuschalten.

## **7.5. Zusammenfassende Bewertung von Naturfaserdämmstoffen**

Ökobilanzen geben Auskunft über die Summe aller Einträge und möglichen Belastungen in die Umweltsphären Boden, Wasser und Luft, wenn alle Lebenszyklusphasen von der

Herstellung bis zur Beseitigung angegeben werden. Die gesundheitsrelevanten Aspekte können bis heute mangels einer Volldeklaration noch nicht vollständig dokumentiert werden. Die Entwicklung der letzten Jahre zwingt gegebenenfalls die Herstellerfirmen, die Anwenderinnen und Anwender über die besonders besorgniserregenden Stoffe zu informieren.

Bei dieser umfassenden Betrachtungsweise ergibt sich für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen – abgesehen von wenigen Ausnahmefällen – ein insgesamt erfreulich positives Gesamtbild.

Für die Anwenderinnen und Anwender empfiehlt es sich, auf folgende Aspekte zu achten:

- Ursprung und Herstellung der Rohstoffe und
- möglichst kurze Transportwege.

Bei einzelnen Naturfaserdämmstoffen wie Kork- oder Holzfaserprodukten ist der Energieaufwand für die Herstellung signifikant höher (siehe Kapitel 7.2 - Tabelle Wärmedämmstoffe Ökobilanz). Die Umweltbelastungen im Laufe des Lebenszyklus der Dämmstoffe hängen von den Zusatzstoffen und Bindemitteln in den Produkten ab.

Gesundheitliche Auswirkungen für Bewohnerinnen und Bewohner sind bei sachgerechtem Einbau (Beachtung der anerkannten Regeln der Technik und der Richtlinien der Herstellerfirma) - nach umfangreichen Recherchen der Verfasser - zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu erwarten.

Die gesundheitlichen und ökologischen Risiken bei der Verarbeitung von Naturfaserdämmstoffen sind unter Beachtung entsprechender Arbeitsschutzbedingungen gering. Die Staubentwicklung kann allerdings – zum Beispiel beim Schneiden von Holzfaserdämmstoffen oder Einblasen beziehungsweise Schütten von Zellulose – erheblich sein. Professionelle Schneidemaschinen (siehe Kapitel 5.1.2) mit Absaugvorrichtungen und gute Feinstaub-Schutzmasken beim Einblasen sollten deshalb zur obligatorischen Ausrüstung des ausführenden Handwerksbetriebs gehören.

**Zum Thema Entsorgung siehe Kapitel 9.**

## **Abschließende Betrachtung aus Verbrauchersicht:**

Die Hausbesitzerinnen und -besitzer erwarten bei ihrer Entscheidung für Naturfaserdämmstoffe in der Regel auch ein ökologisch hochwertiges Naturprodukt. Größtmöglicher Verbraucherschutz wird durch Volldeklarationen der Herstellerfirmen erreicht. Derzeit mangelt es an der Transparenz aber nicht nur bei konventionellen, sondern leider auch bei einigen „ökologischen“ Bauprodukten (siehe auch Kapitel 6.4 Privatrechtliche Güte- und Qualitätssiegel). Der mangelnde fehlende direkte Zugriff auf die Volldeklaration ist aus Sicht der Verbraucherinnen und Verbraucher ein Schwachpunkt, insbesondere vor dem Hintergrund der Zertifizierung von Holzfaser-Dämmplatten mit isocyanathaltigen Bindemitteln - siehe Kapitel 8.1.1 Trockenverfahren. Weitere Informationsquellen sind im Kapitel 6.4.3 zu finden.

## 8. Produktionsprozesse und Prozessketten

### 8.1. Produktionsprozess von Holzfaserdämmstoffen

Holzfaserdämmstoffe sind genormte, werkmäßig hergestellte Dämmstoffe für den Wärme- und Schallschutz. Sie bestehen zu mindestens 80 Prozent aus Holzfasern und werden im Nass- oder Trockenverfahren, gegebenenfalls unter Beigabe von Zusatzstoffen oder Bindemitteln hergestellt. Zur Herstellung werden primär Nadelhölzer verwendet - unter anderem wegen ihrer guten Verfügbarkeit. Deren Faserqualität verleiht den fertigen Platten im Verhältnis zur Rohdichte eine hohe Festigkeit. Als Ausgangsmaterial werden vor allem Resthölzer (zum Beispiel aus Sägewerken) in Form von Hackschnitzel, Spreißel und Schwarten verwendet, unter Einwirkung von Wasserdampf aufgeweicht und so für die nachfolgende Verarbeitung vorbereitet.

Abb. 1:  
Produktionsablauf Nassverfahren

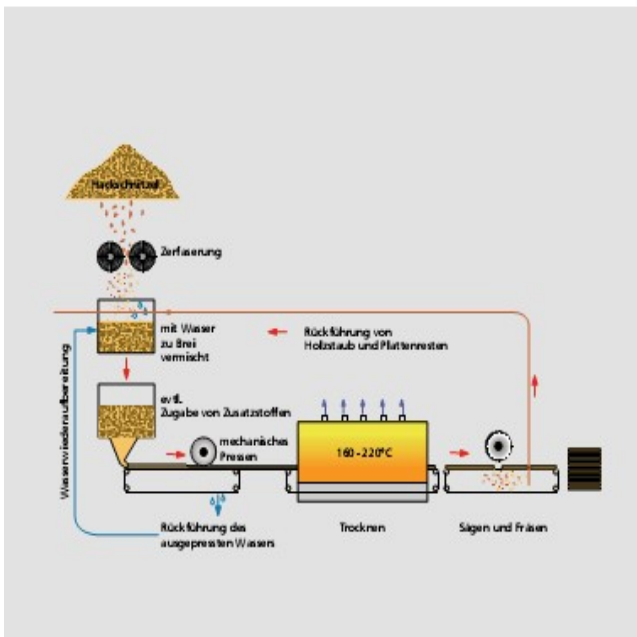
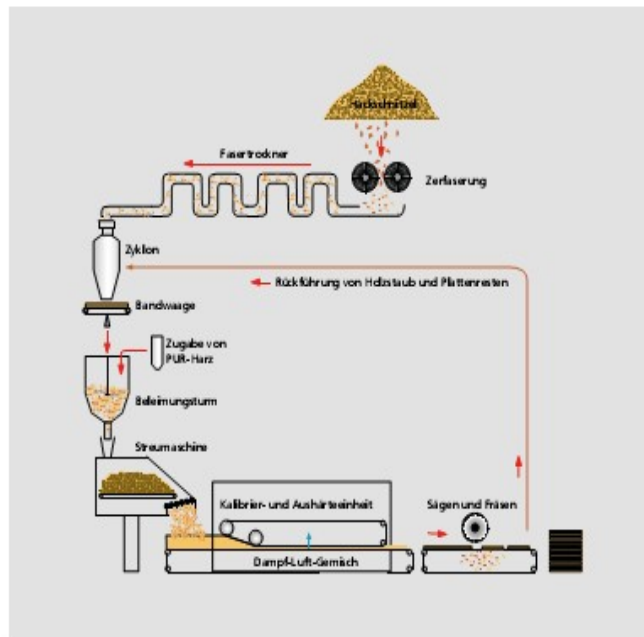


Abb. 2:  
Produktionsablauf Trockenverfahren



Quelle: Gutex Holzfaserplattenwerk

#### 8.1.1. Herstellung von Holzfaserdämmplatten im Trockenverfahren

Zur Herstellung formstabiler und druckbelastbarer Dämmplatten im Trockenverfahren werden die Fasern unmittelbar nach dem Aufschlussprozess auf die für den Beleimungsprozess notwendige Restfeuchte getrocknet und anschließend in einem

Beleimungskanal oder -turm mit einem Bindemittel (meist Polyurethan-Harzleim) beleimt. Die beleimten Fasern werden ausgestreut, auf die gewünschte Plattendicke gepresst und durch ein Dampf-Luft-Gemisch ausgehärtet. Bei der Herstellung flexibler Holzfaserdämmplatten werden die Fasern nach der Trocknung mit textilen Bindefasern verstärkt. Die Mischung wird über eine Formstraße zu einem endlosen Strang geformt. Bei der anschließenden Trocknung und Abkühlung kommt es zum partiellen Aufschmelzen und Vernetzen der Bindefasern. Die Verwendung von PUR-Harzleim ist hier nicht erforderlich.

**Vorteil Trockenverfahren:** Geringerer Energieverbrauch als im Nassverfahren, keine Begrenzung einschichtiger Platten auf 4 Zentimeter.

**Nachteil Trockenverfahren:** Verwendung problematischer Bindemittel, meist circa vier Prozent PUR (siehe Kapitel 8.4 Prozesskette und Beschreibung Polyurethan).

### 8.1.2. Herstellung von Holzfaserdämmplatten im Nassverfahren

Zur Herstellung von Holzfaserplatten im Nassverfahren werden Holzhackschnitzel unter Einwirkung von Wasserdampf bei einem Druck von 3 bis 8 bar aufgeweicht und dann zerfasert. Entsprechend den Anforderungen wird bei nachfolgenden Aufschließungsprozessen die Faseroberfläche aktiviert, so dass beim Trocknen oder Pressen die holzeigenen Bindemittel (Lignin) zusammen mit Wasser zur Abbindung gebracht werden. Es ist ein Aufschlännen der Fasern in bis zu 98 Prozent Wasser üblich. Eine Beigabe von Klebstoffen ist bei diesem Verfahren nicht erforderlich. Bei einzelnen Produkten (zum Beispiel Unterdeckplatten) werden aber harz-, latex- oder bitumenhaltige Zusatzmittel eingesetzt, um beispielsweise die wasserabweisenden Eigenschaften zu verbessern. Die aufgeschlännten Fasern werden zuerst in Bütten zwischengelagert und anschließend auf einer Formmaschine zu Faserkuchen geformt. Nach dem mechanischen Auspressen eines Großteils des Wassers wird der Faserkuchen auf Länge geschnitten, bevor er in einem Trockenkanal bei Temperaturen zwischen 160 und 220 Grad Celsius getrocknet wird. Anschließend werden die Platten auf Format geschnitten (konfektioniert). Mit diesem Verfahren können Dämmplatten mit einer Stärke von bis zu vier Zentimetern hergestellt werden. Für größere Dämmstärken müssen einzelne Schichten miteinander verleimt werden, zum Beispiel unter Verwendung von Weißleim (Polyvinylacetat / Essigsäurevinylester), Wasserglas oder pflanzlicher Stärke. Weißleim kann ohne Lösemittel und Weichmacher hergestellt werden. Über Wasserglas (auch Hauptbestandteil

umweltfreundlicher Silikatfarben) und pflanzlicher Stärke sind den Verfassern bei sachgerechter Anwendung keine negativen Umweltauswirkungen bekannt.

**Vorteil Nassverfahren:** Keine Verwendung toxischer PUR-Bindemittel erforderlich, da die holzeigenen Bindemittel (Lignin) genutzt werden können.

**Nachteil Nassverfahren:** Erhöhter Energieverbrauch. Schichtverleimung mit Vinylacetat, dieser Stoff ist in der MAK-Liste (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) als krebbsverdächtig eingestuft, Alternativen siehe oben.

## 8.2. Prozessketten von Naturfaserdämmstoffen am Beispiel von Zellulose und Flachs

Zur korrekten ökologischen Bewertung von Naturfaserdämmstoffen gehört auch ein Blick auf die Prozessketten. Daraus lassen sich aus dem Herstellungsprozess bereits umweltfreundliche Produktionsweisen beziehungsweise etwaige Umweltrisiken ableiten.

Quelle: ECOBIS 2000



Die Prozesskette zur Herstellung von **Zellulosedämmstoff** ist denkbar einfach mit geringstem Rohstoff- und Energieeinsatz. Allerdings werden den meisten Zellulosedämmstoffen borathaltige Flammschutzmittel beigefügt, die aus gesundheitlichen

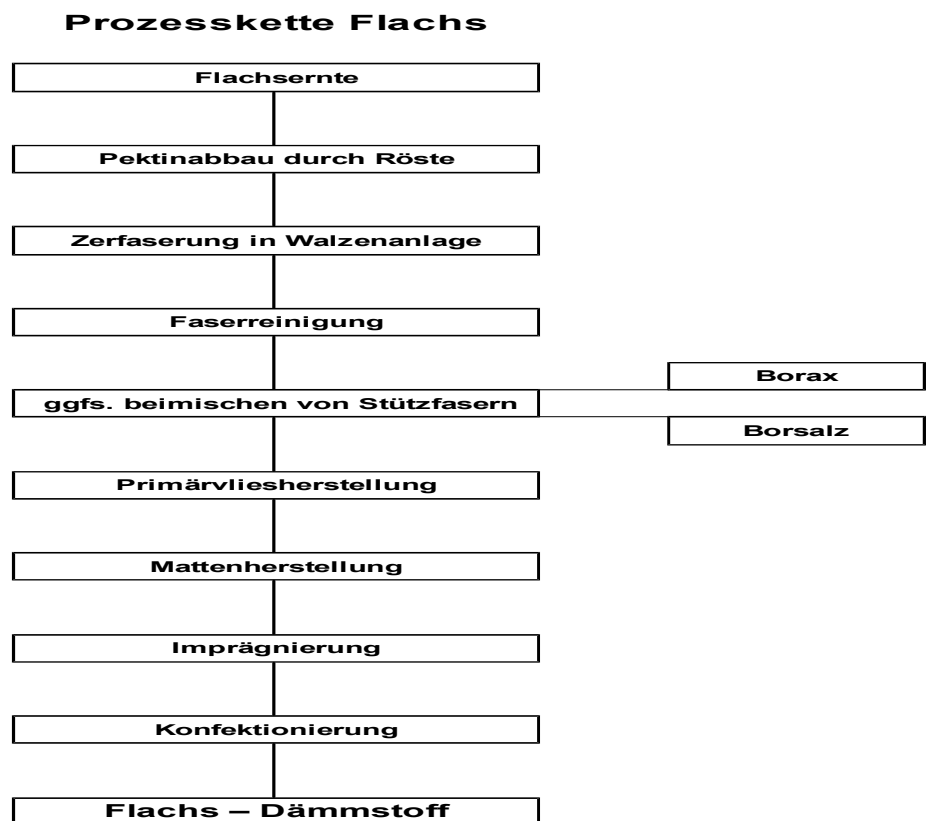


Gründen in die Kritik geraten sind – insbesondere im Hinblick auf die ausführenden Handwerkerinnen und Handwerker.

### Kritische Hinweise zum Flammschutzmittel „Borate / Borsalze / Borsäure“ siehe Kapitel 7.4.2 Brandschutz.

Die Prozesskette zur Herstellung von **Flachsdämmstoff** ist ebenfalls sehr einfach. Die Probleme durch borathaltige Flammschutzmittel gelten entsprechend den Ausführungen bei Zellulose. Die Prozesskette bei Herstellung von **Hanfdämmstoffen** läuft ähnlich ab.

Quelle: ECOBIS 2000



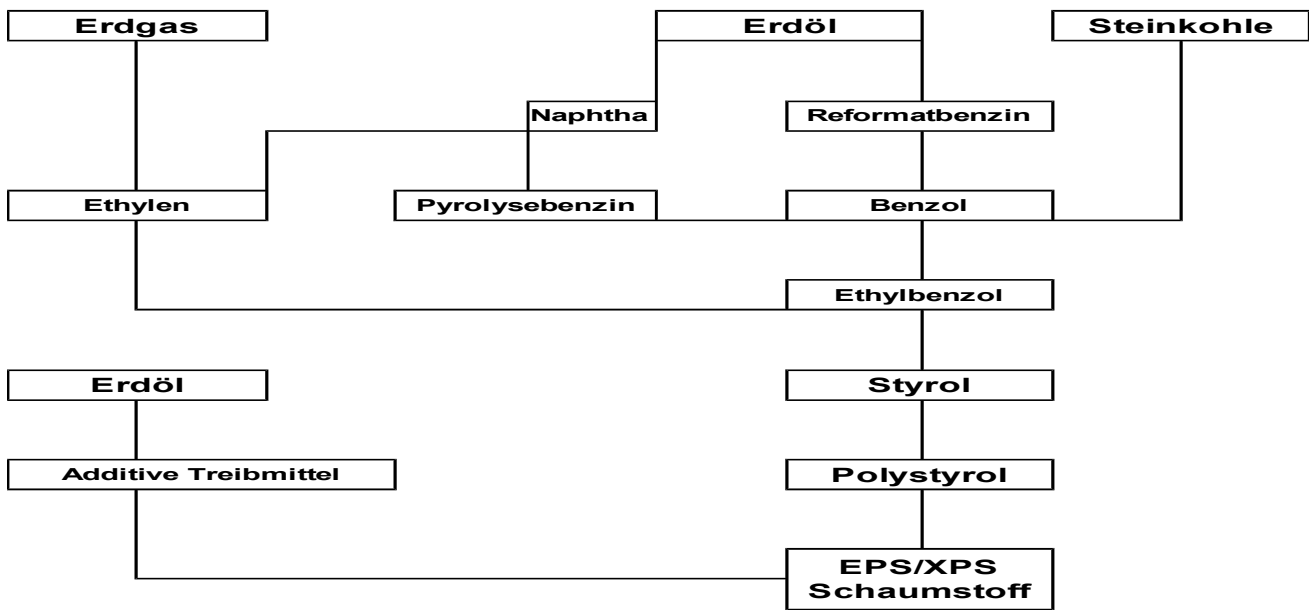
### 8.3. Prozesskette und Bewertung Polystyrol

Zur ökologischen Bewertung von Naturfaserdämmstoffen und einer korrekten Abwägung im Vergleich zu „konventionellen“ Dämmstoffen ist auch ein Blick in deren Herstellungsprozess sinnvoll. Die Herstellung von **Polystyrol-Schaumdämmstoffen** erfolgt in aufwändigen und umweltbelastenden Prozessen. In den verarbeitenden Betrieben sind umfangreiche Arbeitsschutzmaßnahmen notwendig.

Das Produkt Polystyrol als Vorprodukt der synthetischen Schaumdämmstoffe Polystyrolpartikelschaum (EPS) und Polystyrolextruderschaum (XPS) basiert auf den fossilen Rohstoffen Erdöl, Erdgas und Steinkohle. Bei der Herstellung sind Gefahrstoffe mit erheblichem Risikopotential beteiligt, zum Beispiel Benzol (toxisch) und Ethylen (hochentzündlich). Das daraus hergestellte Styrol ist ebenfalls toxisch und steht im Verdacht krebserzeugend zu sein. (Quelle: ECOBIS 2000, Gisbau). PS-Dämmschaum gilt zwar als beständig, ist jedoch nicht resistent gegen Nagetiere, Lösemittel und UV-Strahlung (WECOBIS).

Quelle: ECOBIS 2000

### Prozesskette Polystyrol



Weitere Details, siehe auch Kapitel 11.5.2. Polystyrol

**Kritische Hinweise zum Flammschutzmittel „Hexabromcyclododecan (HBCD)“ siehe Kapitel 7.4.2 Brandschutz.**

### 8.4. Prozesskette und Bewertung Polyurethan / Polyisocyanurat

Bei der Herstellung von **Polyurethanen (PUR)** oder **Polyisocyanuraten (PIR)** und deren chemischen Rohstoffen sind Gefahrstoffe mit erheblichem Risikopotential beteiligt. Deshalb ist beim Umgang mit dem Ausgangsmaterial Isocyanate generell erhöhte Vorsicht geboten. Im Brandfall kann hochtoxische Blausäure entstehen (Quelle: ECOBIS 2000, Gisbau).

**Stellungnahme entsprechend der Datenbank WECOBIS ([www.wecobis.de](http://www.wecobis.de)) und vom Umweltbundesamt:**

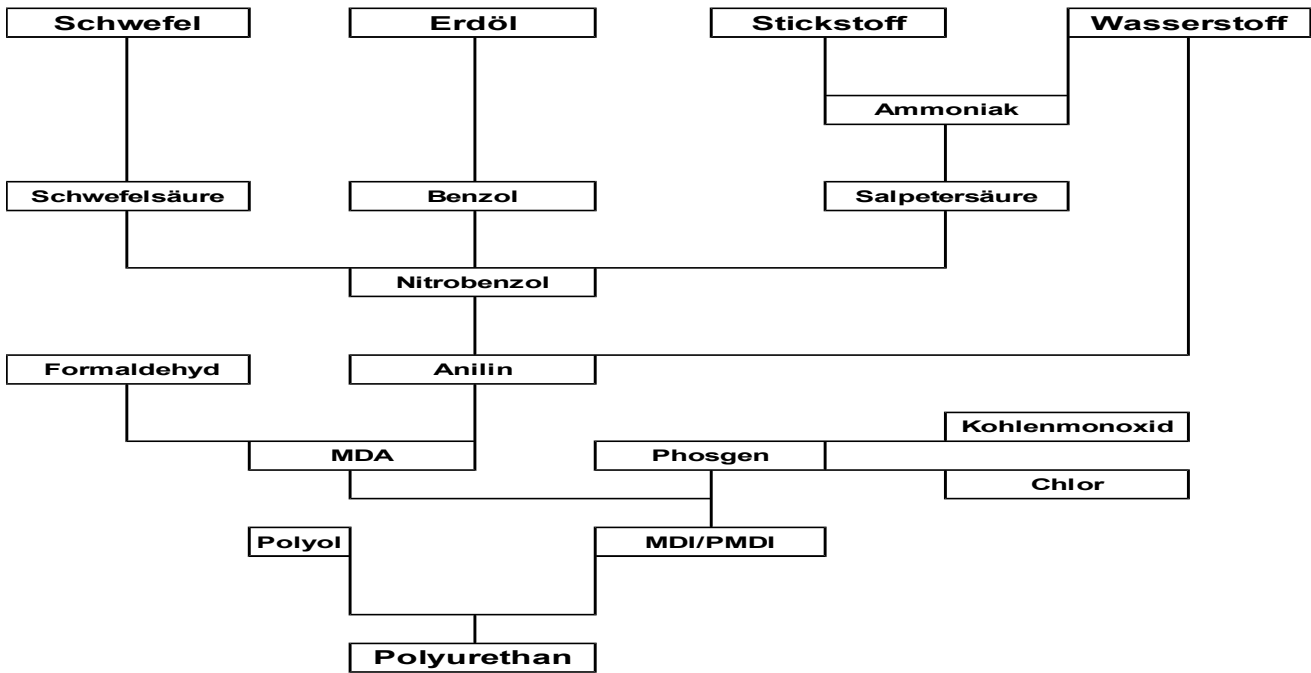
Diisocyanate sind als gesundheitsschädlich bis giftig, reizend und sensibilisierend eingestuft (Toluylendiisocyanat (TDI), Methylen-diisocyanate (MDI)). Beim Umgang mit Isocyanaten ist generell Vorsicht geboten. Während Plattenware, Sandwichelemente und Blockschaum kontrolliert industriell produziert werden, sind Ortsschaum, Dosenschaum und Montageschaum Baustellenprodukte, die unter weniger gut kontrollierten Bedingungen ausgebracht werden. Dadurch ist auch das toxische Risikopotential bei diesen vor Ort ausgebrachten Schäumen deutlich höher als bei industriell-kontrollierten Plattenprodukten. Dies bestätigt auch eine Studie des UBA aus dem Jahr 2003, mit vielfach höheren Emissionsraten bei Montageschäumen im Vergleich zu Dämmplatten. Vor allem bei der Verarbeitung von Zwei-Komponenten-Reaktionsharzen (2K-Harze) können Gefährdungen auftreten (trifft bei Verarbeitung von Plattenware auf der Baustelle nicht zu). Deshalb sind umfangreiche Arbeitsschutzmaßnahmen bei Montageschäumen notwendig. Neben Vorsichtsmaßnahmen gegen die akuten Gefährdungen von Isocyanaten sollten Allergikerinnen und Allergiker bzw. Asthmatikerinnen und Asthmatiker sowie bereits gegen Isocyanate sensibilisiertes Personal nicht zu Arbeiten mit Isocyanaten oder deren Zubereitungen herangezogen werden. Erkrankungen durch Isocyanate sind meldepflichtige Berufskrankheiten.

Als Flammschutzmittel wird (laut WECOBIS) überwiegend Tris(chlorpropyl)phosphat (TCPP) eingesetzt, bei PUR circa 10 Prozent, bei PIR weniger als 5 Prozent. Dazu schreibt das „Ökologische Baustoff-Lexikon“: „Für TCPP gibt es Hinweise auf Mutagenität und den Verdacht auf krebserzeugende Wirkung“. Laut Wikipedia hat sich die krebserzeugende Wirkung im Tierversuch bestätigt.

Zum Zwischenprodukt Phosgen schreibt das „Ökologische Baustoff-Lexikon“: „Phosgen ist eine äußerst giftige Chemikalie mit heuartigem Geruch. Es wurde auch beim Chemieunfall im indischen Bophal 1984 freigesetzt, und war Ursache für einen großen Teil der Vergiftungen (tausende Tote und hunderttausende Verletzte). Im Ersten Weltkrieg wurde Phosgen als Kampfgas eingesetzt. In der Lunge setzt es hydrolytisch Salzsäure frei, die das Lungengewebe verätzt.“

Weitere Details, siehe auch Kapitel 11.5.3. Polyurethan (PUR) / Polyisocyanurat (PIR)

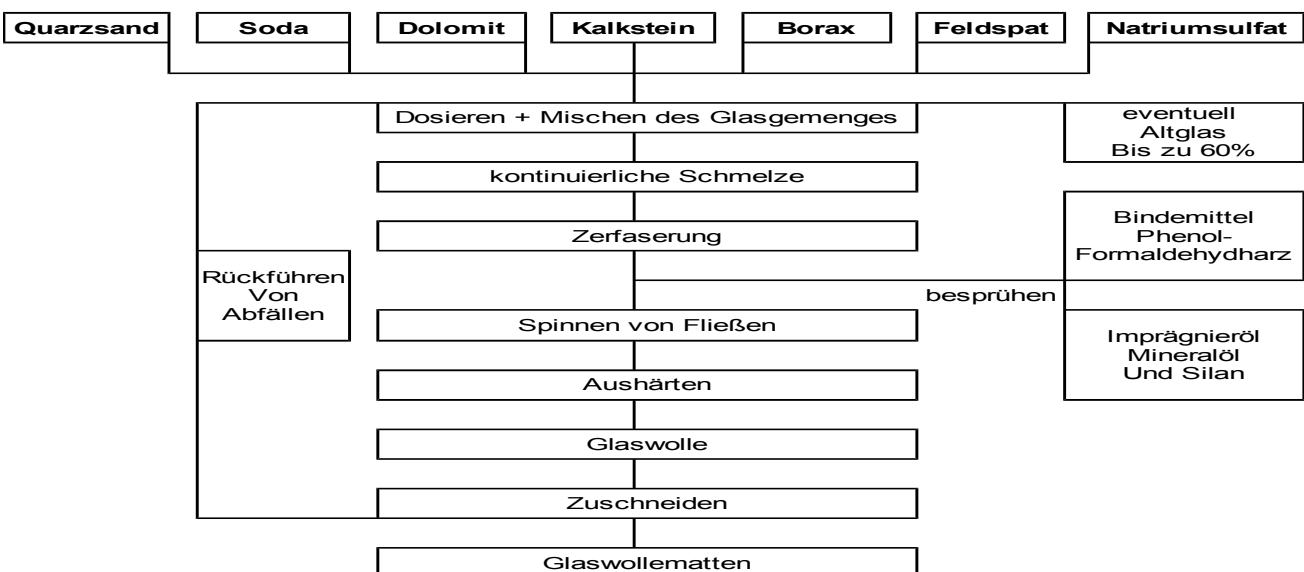
### Prozesskette Polyurethan



### 8.5. Prozessketten und Kurzbewertung Mineralfaser-Dämmstoffe

Die Herstellung von **Glasfaser-Dämmstoffen** basiert im Wesentlichen auf dem Einsatz natürlicher Mineralien, häufig unter dem Zusatz großer Mengen Altglas. Je nach Anteil des Zusatzes an Altglas variiert der Aufwand an zugeführter Energie. Als Bindemittel werden in der Regel gesundheitlich bedenkliche Phenol-Formaldehydharze eingesetzt.

### Prozesskette Glasfaser-Dämmstoffe



Die Herstellung von **Steinwolle-Dämmstoffen** basiert auf dem Einsatz natürlicher Mineralien, häufig unter dem Zusatz großer Mengen Altglas. Der Herstellungsprozess ist mit hohem Energieaufwand verbunden. Als Bindemittel werden in der Regel gesundheitlich bedenkliche Phenol-Formaldehydharze eingesetzt (siehe Kapitel 11.4.1. Mineralfaser (Glaswolle/Steinwolle)).

## 9. Entsorgung der Dämmstoffe

Beim energetischen Bauen und Sanieren werden in der Regel Baustoffe und Dämmstoffe in unterschiedlicher Zusammensetzung miteinander verbunden. Diese Verbünde können sowohl auf der Baustelle hergestellt werden (zum Beispiel WDVS) oder sind vorgefertigt (zum Beispiel Dämmziegel). Im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung der Dämmstoffe wird hier ihre Entsorgung hinterfragt, die sowohl während der Bau- und Sanierungsphase als auch beim Abbruch notwendig wird.

Derzeit werden im gesamten Baugeschehen sowohl im Neubau als auch im Sanierungsfall zunehmend Bauteile verklebt oder beschichtet. Insofern ist zu hinterfragen, ob eine kritische Haltung alleine zu Dämm-Materialien eingenommen werden sollte. Generell ist festzustellen, dass Baustoffe derzeit noch nicht auf den Rückbau und ihre Entsorgung hin optimiert sind.

Für die Entsorgung der Dämmstoffe sind je nach Material die Wiederverwendung, die Kompostierung, das Recycling, die Verbrennung und die Deponierung üblich. Die Entsorgung diverser Materialien ist aufgrund von derzeit geringen Abfallmengen noch nicht im industriellen Stil möglich (zum Beispiel bei WDVS). Bei EPS wurde über einen längeren Zeitraum das Flammschutzmittels HBCD verwendet, wodurch die Entsorgungsmöglichkeiten beeinflusst werden.

Die Deponierung wird vornehmlich bei den mineralischen Baustoffen angewendet (mit unterschiedlichen Deponie-Kategorien). Alle anderen Materialien werden zumeist der Verbrennung zugeführt. Die nachfolgende Tabelle bietet einen Überblick einschließlich grober pauschaler Orientierungswerte zu den anfallenden Entsorgungskosten.

Für WDVS wurden zuletzt umfassende Untersuchungen durchgeführt. Im Rahmen der Antragsforschung der Initiative »Zukunft Bau« des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gingen das Fraunhofer Institut für Bauphysik Holzkirchen und das Forschungsinstitut für Wärmeschutz München diesen Fragen nach. Dabei wurde empfohlen, bei älteren WDVS und den damals angewendeten geringen Dämmstärken keinen Rückbau der Dämmung, sondern eine Aufdopplung durch eine zusätzliche Dämmschicht vorzunehmen. Damit kann die Nutzungsdauer deutlich verlängert werden. Im Falle des Rückbaus wird ein arbeitsintensiver selektiver Rückbau mit der Trennung der

einzelnen Fraktionen empfohlen. Langfristig regen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der Studie daher die Entwicklung rückbaufreundlicher WDVS an, etwa mit EPS-Recyclatprodukten, temporären Klebstoffen oder Klettverschlüssen.

### **9.1 Entsorgung von Polystyrol-Dämmplatten**

Nahezu alle bis zum 22. Juni 2016 verbauten Polystyrol-Dämmplatten enthalten HBCD-Flammschutzmittel. Am 7. Juli 2017 hat die Bundesregierung eine Verordnung verabschiedet, in der Dämmstoffe mit HBCD-Flammschutzmittel nicht mehr als gefährlicher Abfall eingestuft werden und deshalb keine Sondergenehmigung für ihre Entsorgung mehr benötigen.

#### **Kommentar des Autors Herbert Danner:**

Wünschenswert wären Vorgaben des Gesetzgebers für die Trennbarkeit aller Verbände von Werkstoffen. Letztlich sollten bei allen Dämmstoffen die ökologischen Aspekte der zugegebenen Flammschutzmittel eine größere Bedeutung gewinnen. Das größte langfristige Umweltrisiko ist nach Ansicht des Verfassers durch deponierte Polystyrol-Dämmstoffe zu befürchten, wegen der großen Mengen und deren persistenter und bioakkumulativer Wirkung durch das Flammschutzmittel HBCD. Beim Holzbau ist der Rückbau, die sortenreine Entsorgung beziehungsweise die Wiederaufbereitung lose eingebauter Dämmstoffe (eingebblasen, geschüttet, als Matten oder Platten, zum Beispiel Zellulose, Hanf, Holzfaser) im Regelfall ohne größere Probleme machbar.

# Tabelle Entsorgung der Dämmstoffe

(Alle Preise Stand November 2015 / (\*) = Stand September 2017)

Produkt	Entsorgung (Quelle: Wurzer Umwelt GmbH, Eitting)		Entsorgung (Quelle: IpeG-Institut GmbH, Paderborn)	Entsorgung (Quelle: VDI ZRE Kurzanalyse Nr.7 Ressourceneffizienz der Dämmstoffe im Hochbau 2014)
	Entsorgungsart	Entsorgungspreis In Euro/t Frei angeliefert in Eitting		
<b>A. Naturfaserdämmstoffe</b>				
Holzspäne (Patent Firma Baufritz)	Verbrennung	10		
Stroh(Baustrohballen)	Verbrennung	10		
Schilfrohr	Verbrennung	10		
Getreidegranulat	Verbrennung	20		
Jasmin	Verbrennung	20		
Rohrkolben (Typha)	Verbrennung	20		
Seegras	Recycling (Kompostierung)	10	kompostierbar	
Flachs	Recycling (Kompostierung)	10		thermische Verwertung, Kompostierung
Hanf	Verbrennung	10	thermische Verwertung	thermische Verwertung
Holzfaser	Verbrennung	10	thermische Verwertung, Bauschutt, unproblematisch	thermische Verwertung
Holzwole-Leichtbauplatten	Verbrennung	10	thermische Verwertung, Bauschutt, unproblematisch	
Kokos	Verbrennung	150		
Kork	Verbrennung	150		thermische Verwertung, Kompostierung
Schafwolle	Verbrennung	150		
Zellulose	Verbrennung	30 (Zuzahlung)	thermische Verwertung, wiederverwendbar, Über Bauschuttdeponie	Thermische Verwertung
<b>B. Naturdämmstoffe auf der Basis mineralischer Rohstoffe</b>				
Mineralschaum/Mineraldämmplatte	Deponierung	300	Recyclbar, Bauschutt	Deponieklasse 2
Perlitgefüllte Dämmziegel	Deponierung	20		
Blähton/Blähschiefer	Deponierung	75		
Glasschaum-Granulat	Deponierung	75		Deponieklasse 1
Kalzium-Silikat	Deponierung	20	Recycling teilweise möglich, ansonsten regionale Entsorgung	
Perlite	Deponierung	75		
Schaumglas	Deponierung	300	z.T. Recycling und Wiederverwertung, Deponie	Deponieklasse 1
<b>C. Konventionelle mineralische Dämmstoffe</b>				
Mineralfaser (Glaswolle/Steinwolle)	Deponierung Nach erfolgtem Verpressen	300	Künstliche Mineralfasern auf einer Deponie der Klasse 1 und 2 (bisher „Hausmülldenie) Steinwolle-recyclbar	Deponieklasse 1/2
<b>D. Konventionelle organisch/synthetische Dämmstoffe</b>				
Polyesterfaser	Verbrennung	150		thermische Verwertung
Polystyrol EPS	Recycling (stofflich)	200 (*)	Recycling möglich, thermische Verwertung	thermische Verwertung
Polystyrol XPS	Recycling (stofflich)	200 (*)	Stoffliche oder energetische Verwertung, Entsorgung auf Deponien	thermische Verwertung
Polyurethan (PUR/PIR)	Verbrennung	150	Rohstoffliches Recycling, energetische Verwertung	thermische Verwertung
Phenolharzschaum oder Resol-Hartschaum	Verbrennung	150	Bauschutt	
<b>E. Sonstige Dämmstoffe</b>				
Vakuumdämmung	Je nach Stützkern, Deponierung	300	Rücknahme durch Hersteller, Kieselsäurekern kompostierbar	Stofflich/thermische Verwertung
Aerogel „Nanogel“		150	Recyclbar, über Bauschutt	
<b>F. Sonstige Baustoffe/Systeme</b>				
Ziegel	Recycling	15		
Ziegel mit Füllungen aus Mineralwolle	Deponierung	300		
WDVS mit Styrol und Faser	Trennung zur Verbrennung und Deponierung	150		
Sonstige Mischstoffe	Trennung zur Verbrennung und Deponierung	150		



## 10. Preise, Investitionskosten, Fördermöglichkeiten

Bisher wird dem Erstellungs-Preis für eine Wärmedämm-Maßnahme eine entscheidende Rolle bei der Auswahl des Dämmstoffes zugeschrieben. Die Preise der verschiedenen Dämmstoffe sind jedoch nicht so ohne Weiteres miteinander vergleichbar – zum Beispiel Produkte für unterschiedliche Einsatzzwecke wie flexible Matten und Platten, stabile Platten, wasserabweisende Platten et cetera. Letztendlich ist für eine Vergleichbarkeit jedoch eine ganzheitliche Betrachtung inklusive der Parameter Bauphysik, Bauökologie, Gesundheit und Nachhaltigkeit erforderlich. Besonderer Wert sollte auf die Kosten für Wartung und Instandhaltung gelegt werden.

Die nachfolgenden Tabellen sollen einen groben Überblick über das Preisgefüge am Markt geben. Die Preistabelle 1 wurde dem ÖKO-TEST Handbuch Bauen 2013 entnommen und stellt die Materialkosten für einen zu erreichenden Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Watt pro Quadratmeter mal Kelvin) dar. Die Übersicht beinhaltet einige gebräuchliche Naturfaser- und konventionelle Dämmstoffe für Dachdämmung von verschiedenen am Markt präsenten Herstellerfirmen.

Die Preise sind Orientierungspreise für ein typisches Einfamilienhaus. Regionale Unterschiede und die Mengenabnahme und die Plattenformate haben letztendlich zum Teil erheblichen Einfluss auf die Materialpreise. Für das konkrete Bauvorhaben bleibt nur die Einholung aktueller und detaillierter Preise.

## 10.1. Preisvergleich Wärmedämmstoffe für Dachdämmung

Grundstoff	Produkt	Produkttyp	Materialpreis/m <sup>2</sup> in € für
		Art der Dämmung	Dämmstandard U-Wert 0,20
Flachsfaser	Flachshaus Wärmedämmplatte DP	elastische Platte, Zwischensparren-Dämmung	31,50
Hanffaser	Hock Thermo-Hanf	Matte, Auf-, Unter- und Zwischensparren-Dämmung	27,50
Holzfaser	Gutex Thermosafe homogen stumpf	Platte, Auf- und Zwischensparren-Dämmung	38,50
Holzfaser	Pavatex Pavatherm	Flexible Platte, Auf- und Zwischensparren-Dämmung	59,50
Hanffaser	Glunz Agepan THD N+F 230	Platte, Aufsparren-Dämmung	62,50
Holzfaser	Homatherm Holzflex Protect	Flexible Platte, Auf- und Zwischensparren-Dämmung	27,00
Holzfaser	Steico therm	Platte, Aufsparren-Dämmung	41,50
Zellulosefaser	Dämmstatt CI 040 boratfrei	Einblasdämmung, Zwischensparren-Dämmung	19,00 (eingebaut)
Zellulosefaser	Climacell Standard	Einblasdämmung, Zwischensparren-Dämmung	16,50 (eingebaut)
Naturkorkgranulat	Corktherm 040	Platte, Auf- und Zwischensparren-Dämmung	69,50
Glaswolle	Isover Integra ZKF 1-032	Matte, Zwischensparren-Dämmung	15,00
Glaswolle	Knauf Dämmrolle Unifit TI 135 U	Matte, Zwischensparren-Dämmung	13,50
Steinwolle	Rockwool Klemmrock 035	Matte, Zwischensparren-Dämmung	7,50
Polystyrol EPS	Unideck Mehrzweckdämmplatte 040	Platte, Unter- und Zwischensparren-Dämmung	11,50
Polystyrol EPS	Schwenk NeoText EPS 035 DZ	Elastische Platte, Zwischensparren-Dämmung	21,00
Polystyrol EPS	Saint-Gobain RigiText EPS 035 DZ	Elastische Platte, Zwischensparren-Dämmung	22,00
Polyurethan	Puren Plus	Platte, Aufsparrendämmung	42,50

### Preistabelle Nr. 1: Materialkosten für einen zu erreichenden U-Wert von 0,20 W/m<sup>2</sup>K.

Die Preise sind Orientierungspreise für ein typisches Einfamilienhaus

Quelle: ÖKO-TEST Handbuch Bauen 2013

Für Dämmstoffe werden in der Regel die Preise pro Kubikmeter angegeben. Diese Angaben sind nur mit Dämmstoffpreisen einer gleichen Wärmeleitfähigkeitsgruppe vergleichbar. Letztendlich entscheidend für die Investitionskosten einer Wärmedämmmaßnahme sind die Preise für einen bestimmten Wärmedämmstandard, zum Beispiel 0,20 W/m<sup>2</sup>K. Diese Werte sind rechnerisch aus den Produktdaten durch eine einfache Formel leicht zu ermitteln (siehe ÖKO-TEST Handbuch Bauen 2013). Preislich konkurrenzfähig zu den konventionellen Dämmstoffen sind in erster Linie Zellulose-Flocken – selbst im bereits eingeblassenen Zustand.

## 10.2. Preisvergleich Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

Im Nachfolgenden sind einige bundesweite Orientierungspreise für die gängigsten Wärmedämmverbundsysteme zu finden (Stand Dezember 2015). Hier können sich natürlich neben den Preisunterschieden bei den verschiedenen Anbieterfirmen auch starke regionale Differenzen ergeben. Das Preisniveau etwa in München liegt in der Regel über dem deutschen Durchschnitt. Bei besonders billigen Angeboten ist aber Vorsicht geboten. Es sollte unbedingt hinterfragt werden, ob zu diesem Preis auch eine qualitativ gute Arbeit abgeliefert werden kann (Referenzen einholen). Die Erfahrung zeigt, dass mit den heute vielfach angebotenen (Dumping-)Preisen für bauliche Maßnahmen keine regelgerechte und qualitativ einwandfreie Ausführung möglich ist - siehe auch die Kapitel 4, 5 und 6.

Für die folgenden Preisbeispiele wurden Dämmstärken von 18 bis 22 Zentimetern gewählt, der erreichte U-Wert liegt jeweils bei 0,20 W/m<sup>2</sup>K, da hierzu Datenmaterial aus der sirAdos Baudatenbank vorliegt.

### Preisvergleich Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

alle Preise verstehen sich als bundesweite Orientierungspreise  
(Quelle: sirAdos-Baudaten Dezember 2015)

#### Preise für U-Wert 0,20 W/m<sup>2</sup>K

Kosten-Mittelwert in der Angebotsphase als Nettopreise ohne Mehrwertsteuer, inklusive Material- und Arbeitskosten, bei Sanierung ohne Rückbauleistungen beziehungsweise Begleitarbeiten:

1) Polystyrol EPS 18 cm (WLG 035) mit mineralischem Dick-Oberputz und Dispersionsbeschichtung	141 Euro pro m <sup>2</sup>
2) Mineralfaser 20 cm (WLG 040) mit mineralischem Dick- Oberputz und Silikatbeschichtung	159 Euro pro m <sup>2</sup>
3) Mineralschaum 22 cm (WLG 045) mit mineralischem Oberputz und Dispersionsbeschichtung	176 Euro pro m <sup>2</sup>
4) Holzweichfaser 22 cm (WLG 045) mit mineralischem Oberputz und Silikatbeschichtung	171 Euro pro m <sup>2</sup>

Preistabelle Nr. 2: Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

### 10.3. Förderprogramme für Naturfaserdämmstoffe

Derzeit sind den Verfassern keine speziellen Bundes- oder Landes-Förderprogramme für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen bekannt. Vereinzelt gibt es Fördermittel bei kleineren Gemeinden.

Die Landeshauptstadt München hat im April 2013 ein ökologisch, wegweisendes und vielbeachtetes Förderprogramm eingeführt, den „**CO<sub>2</sub>-Bonus**“ für nachwachsende, nachhaltige und kohlenstoffspeichernde Baustoffe.

Darüber hinaus fördert die Landeshauptstadt im Rahmen ihres **Münchner Förderprogramms Energieeinsparung (FES)** verschiedene Energiesparmaßnahmen unter Beachtung der im „**Münchner Qualitätsstandard (MüQua)**“ festgelegten Standards ([www.muenchen.de/fes](http://www.muenchen.de/fes)).

Termine für eine kostenfreie Beratung zu den aktuellen Fördersätzen und Anforderungen an den Dämmstandard können beim Bauzentrum München vereinbart werden.

Anmeldung: Telefon (089) 54 63 66 - 0

## 10.4. Beispiel Berechnungsmöglichkeit von U-Werten

### Berechnung des U-Wertes von Bauteilen

#### Beispiel 1 Bauteil 1: Außenwand

Bauteilschicht	Stärke s in mm	Stärke s in m	Wärmeleitfähigkeit lambda in W/mK	Wärmedurchlasswiderstand R In m²K/W
Wärmeübergang innen				0,130
Kalkputz	20	0,0200	0,870	0,023
Leichtlochziegel	300	0,3000	0,390	0,769
Kalkputz (alt)	20	0,0200	0,870	0,023
Holzfaserwärmedämmung	160	0,1600	0,040	4,000
Kalkputz (neu)	20	0,0200	0,870	0,023
Wärmeübergang außen				0,040
<b>R-Wert</b>				<b>5,008</b>
<b>U – Wert (=1/R-Wert)</b>				<b>0,200</b>

#### Beispiel 2 Bauteil 2: Dach (ohne Berücksichtigung des Sparrenanteils)

Bauteilschicht	Stärke s in mm	Stärke s in m	Wärmeleitfähigkeit lambda in W/mK	Wärmedurchlasswiderstand R In m²K/W
Wärmeübergang innen				0,130
Holzfaserdämmung	60	0,0600	0,040	1,500
Zellulosedämmung	160	0,1600	0,040	4,000
Wärmeübergang außen				0,040
<b>R-Wert</b>				<b>5,670</b>
<b>U – Wert (=1/R-Wert)</b>				<b>0,176</b>

## **11. Steckbriefe Dämmstoffe**

### **11.1. Naturdämmstoffe ohne chemische Additive und Flammschutzmittel**

An dieser Stelle werden in der 3. Auflage dieses Leitfadens erstmals Produkte vorgestellt, die natürlichen Ursprungs sind und aufgrund ihrer Zusammensetzung beziehungsweise natürlichen Eigenschaften auf chemische Additive und Flammschutzmittel verzichten können.

#### **Kommentar des Autors Herbert Danner:**

Diese neue Kategorie, mit überwiegend neuartigen Produkten ist dem Verfasser wichtig, da in den zahlreichen Diskussionen der vergangenen Jahre immer wieder verschiedene chemische Zusätze in den Naturfaserdämmstoffen wie synthetische Stützfasern, borathaltige Flammschutzmittel, et cetera kritisiert wurden. Die hier vorgestellten Produkte sind bislang noch überwiegend Nischenprodukte, aber für ökologisch denkende und gesundheitsbewusste Baufamilien durchaus interessant.

Diese Darstellung erhebt wie die anderen Kategorien keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### 11.1.1. Getreidegranulat

**Wärmeleitfähigkeit: 0,045 – 0,065 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1 - 2$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: --**



#### **Kurzbeschreibung**

Dieser neuartige Dämmstoff aus heimischem Getreide ist seit 1998 bauaufsichtlich zugelassen. Gesundheitsbedenken bestehen derzeit nicht, jedoch können geringfügige Geruchsbelästigungen auftreten. Der Dämmstoff schmilzt nicht und brennt nur bei direkter Beflammung. Ob der Dämmstoff derzeit am Markt verfügbar ist, konnte von den Verfassern nicht zweifelsfrei geklärt werden.

#### **Produktionsprozess**

Unter Zugabe mineralischer Zusätze werden die feingeschroteten Roggenkörner in einem Doppelschneckenextruder bei hohen Temperaturen aufgebläht. Insektizide, Pestizide und Borate werden bei der Herstellung bislang nicht eingesetzt.

Beispiel: Volldeklaration eines bekannten Herstellers:

Roggenschrot 32 bis 56 Prozent, Roggenkleie 14 bis 36 Prozent Kalkhydrat 21 bis 26 Prozent, Wasserglas 4 bis 6 Prozent, Molke 2 bis 4 Prozent, Wasser 0 bis 2 Prozent.

Körnungsparameter: 2 bis 4 Millimeter

Schüttdichte: 210 bis 230 kg/m<sup>3</sup>, Druckfestigkeit: 0,18 N/mm<sup>2</sup> oder

Schüttdichte: 105 bis 115 kg/m<sup>3</sup>, Druckfestigkeit: 0,04 N/mm<sup>2</sup>.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Es muss mit einer geringen Staubentwicklung gerechnet werden, eine Absaugereinrichtung beziehungsweise Staubmaske wird deshalb vorsorglich empfohlen. Je nach bauseitigen Voraussetzungen ist eine Feuchtigkeitssperre oder ein Rieselschutz aus Kraftpapier unter der Schüttung einzubauen. Zur Vermeidung von Wärmebrücken ist das Setzmaß des Granulats (circa 5 Prozent) nach dem Einbau zu berücksichtigen.

## **Einsatzbereiche**

Dämmung in Holzfertigteilen, (Ausgleichs-)Schüttung in Hohlräumen. Der Dämmstoff ist druckbelastbar.

## **Baubiologische Stellungnahme**

Dieser heimische Dämmstoff ist zwar wie alle Schüttdämmstoffe nur in begrenzten Fällen einsetzbar, dort aber baubiologisch empfehlenswert. Das Produkt besteht zu 100 Prozent aus nachwachsenden und mineralischen Ausgangsstoffen, ist diffusionsoffen, frei von Schwermetall- und flüchtigen organischen Verbindungen, biologisch resistent gegen Nager, Schimmelpilze und Insekten. Es kann in einem hohen Maße Luftfeuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben. Die Produkte sind wiederverwendbar beziehungsweise kompostierbar.



### **11.1.2. Holzspäne (Patent Baufritz)**

**Wärmeleitfähigkeit: 0,045 - 0,049 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 2$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: gering**



#### **Kurzbeschreibung**

Einblas- und Schütt-Wärmedämmstoff aus Hobelspänen. Laut Kenntnisstand der Verfasser wird dieser Dämmstoff aufgrund des Patentschutzes bislang nur in Gebäuden der Firma Baufritz eingesetzt.

#### **Produktionsprozess:**

Hobelspäne aus Tannen- und Fichtenholz werden mit Molke und Soda versetzt.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Der Dämmstoff wird entweder vollautomatisch oder von Hand in die Dämmebene eingebracht und verdichtet. Rohdichtebereich im eingebauten Zustand circa 70 Kilogramm pro Kubikmeter. Setzungsverhalten: Weder unter Erschütterungen noch unter verschärften klimatischen Bedingungen sind laut Hersteller Setzungen festgestellt worden.

#### **Einsatzbereiche**

Wärme- und Schalldämmstoff für Dächer, Decken und Wände im Holzbau.

#### **Baubiologische Stellungnahme**

Das Produkt ist baubiologisch einwandfrei. Es benötigt nur einen sehr geringen Energieaufwand bei Produktion, Transport und Verarbeitung und ist nach fachgerechter Demontage wiederverwertbar beziehungsweise kompostierbar. Pflanzliche Schädlinge: Das Produkt ist dauerhaft wirksam gegen Pilzbefall geschützt. Tierische Schädlinge: Ein tierischer Schädlingsbefall muss nach DIN 68800/ T2 durch insektenundurchlässige Bekleidungen ausgeschlossen werden. Im Brandfall entstehen ähnliche Produkte wie bei Verbrennung von Holz - Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasser und additivabhängige Stoffe.

### 11.1.3. Jasmin® (Patent Holz-Lehmhaus GmbH)

**Wärmeleitfähigkeit: 0,045 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 2$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: --**



#### **Kurzbeschreibung**

Dem Hersteller aus der Region Bodensee ist es durch intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit gelungen, mit regionalen Produkten ein neuartiges, gesundes und umweltfreundliches Dämmmaterial lediglich aus den bewährten Komponenten Holz, Wasser und Lehm herzustellen.

#### **Produktionsprozess**

Unbehandelte und gereinigte Holzspäne werden unter Zugabe von Wasser mit sehr geringem Energieaufwand (0,1 kWh/kg Dämmstoff) zum Schutz vor Brand, organischem Befall und Setzung in einem von der Holz Lehmhaus GmbH entwickelten Spezialverfahren aufbereitet und mit einem hauchdünnen Lehmfilm umhüllt (ohne Imprägnierung). Das Ergebnis ist der patentierte Naturdämmstoff Jasmin®. Für einen Kubikmeter Jasmin®-Dämmstoff werden etwa 75 Kilogramm Hobelspäne (vorwiegend Fichte) und 25 Kilogramm Lehmehl verarbeitet.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Jasmin® wird in Säcken angeliefert und trocken auf der Baustelle mit der Einblasmaschine in das zu dämmende Bauteil eingeblasen oder geschüttet. Im Regelfall wird der Dämmstoff vom Hersteller persönlich vor Ort verarbeitet oder aber zumindest die Verarbeitung überwacht. Jasmin® Naturdämmung kann problemlos im Wand, Dach- und Deckenbereich (zum Beispiel Sparrenzwischenräume, Holzständerwerk et cetera) setzungssicher eingebracht werden. Sie bildet als Schütt- und Einblasgut einen homogenen und passgenauen Dämmkörper ohne Fugen und Hohlräume. Selbst Zwischenräume bei Rohren und Leitungen lassen sich mit dieser Einfülltechnik unkompliziert dämmen. Der Einbau des Dämmstoffes ist gesundheitlich unbedenklich, da – laut Hersteller – keine giftigen Schadstoffe und keine beziehungsweise kaum Staubentwicklung beim Einblasen entsteht.

## **Einsatzbereiche**

Wand, Dach- und Deckenbereich (zum Beispiel Sparren-Zwischenräume, Holzständerwerk et cetera), Hohlräume zwischen Rohren und Leitungen.

## **Baubiologische Stellungnahme**

Jasmin® ist ein vollkommen ökologischer Baustoff aus den Naturmaterialien Holz und Lehm. Lehm reguliert die Luftfeuchtigkeit – er trägt somit zu einem positiven, ausgleichenden und gesunden Raumklima bei. Lehm bindet Schadstoffe und konserviert Holzbauteile. Der Dämmstoff hat 8 bis 10 Prozent Materialfeuchte bei einer relativen Luftfeuchte von 50 Prozent und 16 bis 18 Prozent Materialfeuchte bei einer relativen Luftfeuchte von 80 Prozent. Er ist laut Datenblatt sicher vor Mäusen und Ungeziefer und besitzt laut Prüfbericht der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin eine hohe Schimmelpilzresistenz. Jasmin® hat eine hohe Rohdichte von 90 bis 110 kg/m<sup>3</sup> im eingebauten Zustand, dadurch ergibt sich ein guter sommerlicher Hitzeschutz mit einer Phasenverschiebung circa 15 Stunden.

#### 11.1.4. Rohrkolben (Typha)

**Wärmeleitfähigkeit: 0,048 - 0,060 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = < 10$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: gering**



#### **Kurzbeschreibung**

Der Rohrkolben (Typha) ist eine einheimische mehrjährige Feuchtgebietspflanze - die Dämmstoff-Produkte sind daher extrem witterungsbeständig. Die unempfindliche Pflanze wächst in natürlichen Monokulturen, ist schnellwüchsig und erbringt jährliche Erträge von 15 bis 20 Tonnen Trockenmasse pro Hektar (4- bis 5-facher Ertrag heimischer Nadelwälder). Die Pflanze eignet sich hervorragend für vielfältige Bau- und Dämmstoffe. Aufgrund der pflanzeneigenen Gerbstoffausrüstung ist sie weitgehend fäulnis- und schimmelresistent. Die Dämmplatten werden zur Zeit nur in kleinen Mengen produziert und in kleineren Projekten verbaut – zum Teil gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, vom Fraunhofer Institut und dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege. Derzeit läuft das Verfahren zur bauaufsichtlichen Zulassung und die Suche nach einer Investorin, einem Investor für eine industrielle Produktion.

#### **Produktionsprozess**

Die aktuelle Produktpalette umfasst drei Varianten der Typha-Platte (leicht – mittel – massiv) und ermöglicht dadurch individuell auf verschiedene Bauvorhaben zugeschnittene Lösungen.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Die magnesitgebundenen Platten sind hervorragend geeignet zur Aussteifung und Dämmung im Holzrahmenbau. Die Typha-Platte massiv weist eine hohe Druckfestigkeit auf, was sie zum idealen Massivbaustoff in Leichtbauweise macht. Die Typha-Platte leicht hat die besseren Wärmedämmeigenschaften und ist vielseitig einsetzbar als Dämmplatte, unter anderem für die Innendämmung.

## **Einsatzbereiche, Eigenschaften**

„Durch die besonderen strukturellen Eigenschaften der Pflanze lassen sich Baustoffe erzeugen, die eine am Markt einmalige Kombination aus Dämmung und Tragwerk bieten. Die Blätter haben ein faserverstärktes Stützgewebe, ausgefüllt mit einem weichen, offenzelligen Schwammgewebe, was ihnen eine erstaunliche Statik und eine ausgezeichnete Dämmwirkung verleiht.“ (Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen). Typha-Dämmstoffe können in der Sanierung denkmalgeschützter Gebäude einen wichtigen Beitrag leisten, wie die modellhafte Sanierung eines Nürnberger Fachwerkhauses (Pfeifergasse 9) zeigt.

## **Baubiologische Stellungnahme**

Die aus der Pflanze entwickelten Produkte vereinen folgende technische und baubiologisch relevante Eigenschaften: Niedrige Wärmeleitfähigkeit, hohe Druckfestigkeit, guter Schallschutz, hohe Diffusionsfähigkeit, sommerlicher Wärmeschutz, hohe Schimmelresistenz, gute Putzträgereigenschaften. Der Baustoff ist höchst kapillaraktiv, verringert das bekannte Problem des Taupunktausfalls bei Innendämmungen und sorgt für ein gesundes Raumklima. Für die Dämmstoffproduktion ist nur ein geringer Energieaufwand erforderlich, in der Wachstumsphase werden Gewässer gereinigt und Kohlendioxid gebunden.

### 11.1.5. Schilfrohr

**Wärmeleitfähigkeit: 0,045 - 0,090 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 2 - 5$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: --**



#### **Kurzbeschreibung**

Schilfrohr besteht zu einem hohen Anteil aus Silikaten, die Platten werden aus den Halmen des Schilfrohrs gefertigt. Die Ressourcen sind begrenzt und dementsprechend eingeschränkt ist auch der Marktanteil beziehungsweise die für das Bauwesen verfügbare Materialmasse

#### **Produktionsprozess**

Die Schilfrohrhalme werden in großer Stückzahl parallel neben- und übereinander gelegt und mechanisch fest zusammengepresst. Anschließend werden sie mit verzinkten Drähten oder textilen Schnüren ohne Bindemittelzusatz zusammengebunden. Abhängig von Herstellerfirma und Einsatzzweck werden die Platten zusätzlich imprägniert.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Schilfrohr ist nicht winddicht. Um eine winddichte Gebäudehülle zu erreichen sind Zusatzmaßnahmen erforderlich. Die Verarbeitung als Putzträger sollte durch Fachfirmen erfolgen. Dabei wird in der Regel die Schilfrohrplatte an einer stabilen Konstruktion mechanisch befestigt (zum Beispiel an eine Holzwerkstoffplatte getackert) und anschließend verputzt.

#### **Einsatzbereiche**

Verwendung als Putzträger, Wärmedämmung, Reetdach, Begrenzung von Schüttdämmstoffen, Sichtschutzmatten, Zuschlagsstoff. Reetdächer sind im bayerischen Siedlungsraum nicht üblich und werden auch im norddeutschen Siedlungsraum überwiegend nur noch zur Sanierung denkmalgeschützter Gebäude eingesetzt.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Gesundheitsbeeinträchtigungen sind nicht bekannt. Die zahlen- und flächenmäßig stark begrenzten Schilfzonen an Gewässern und in Feuchtbiotopen sind ökologisch wertvolle und sensible Zonen sowie Brut- und Lebensraum vieler Vogelarten, die häufig unter Naturschutz stehen. Dennoch handelt es sich um einen nachwachsenden Rohstoff, der durchaus ökologisch verträglich eingesetzt werden kann, wenn ein behutsamer und sinnvoller Einsatz erfolgt. Als Putzträger ist Schilfrohr ideal in der Kombination mit Lehmputzen und schützt vor Nässe und Feuchtigkeit. Im Brandfall entstehen ähnliche Produkte wie bei der Verbrennung von Holz nämlich Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasser und additivabhängige Stoffe.

### 11.1.6. Seegras

**Wärmeleitfähigkeit: 0,049 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1 - 2$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: gering**



#### **Kurzbeschreibung**

Unter dem Produktnamen NeptuTherm® wurde in den vergangenen Jahren im Rahmen eines Forschungsprojektes dieser neuartige Dämmstoff entwickelt. Im Dezember 2010 wurde die bauaufsichtliche Zulassung als Stopf- und Schüttwolle erteilt. Grundlage sind Pflanzenfasern einer Meerespflanze an Mittelmeerküsten, die durch natürliche Wellenbewegung zu kleinen Bällen geformt und von Herbst bis Frühjahr an die Strände gespült werden. Diese 2 bis 10 Zentimeter großen Bälle wurden bislang als ungeliebter Abfall mit schweren Maschinen entsorgt. Dabei ist der in großen Mengen vorkommende nachwachsende Rohstoff viel zu wertvoll, um auf der Müllkippe zu landen.

#### **Produktionsprozess**

Die natürlich geformten Bälle werden an verschiedenen Mittelmeerküsten von Hand gesammelt und nach Deutschland transportiert, wo aus dem natürlichen „Abfall“ ein Dämmstoff gefertigt wird. Geeignete Verfahren, um aus den Neptunbällen Dämmwolle zu produzieren, hat das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal in Kooperation mit weiteren Partnerinnen und Partnern entwickelt. Ziel der Projektpartnerschaft war es, ein stopf- und einblasfähiges Material herzustellen. Um möglichst lange, sandfreie Fasern zu erhalten, erwies sich das Abrütteln des Sandes als beste Lösung. Durch einen schonenden Aufschluss der Agglomerate konnte die Fasergewinnung optimiert werden. Nach dem Abrütteln des Sandes gleiten die Neptunbälle über ein Laufband in die Schneidmühlen und fallen dann als 1,5 bis 2 Zentimeter lange Fasern in Plastiksäcke.



### **Hinweise zur Verarbeitung**

NeptuTherm® soll normalerweise von Fachbetrieben eingebaut werden. Es lässt sich aber auch sehr gut in Eigenleistung verarbeiten. Das fachgerechte Stopfen der Wolle als Dach-, Innen- oder Fassadendämmung ist völlig unproblematisch, das Aufbringen auf die oberste Geschossdecke ist ebenfalls sehr einfach.

### **Einsatzbereiche**

NeptuTherm® eignet sich aufgrund seiner Eigenschaften hervorragend zur Dämmung von Hohlräumen an Dächern, Fassaden, Wänden, Böden und Decken, bei Renovierungen und Neubau von Wohnhäusern.

### **Baubiologische Stellungnahme**

NeptuTherm® erfüllt alle Anforderungen an den Brand- und Schimmelschutz ohne jegliche Zusätze. Das liegt nicht etwa an einem hohen Salzgehalt, sondern an den silikathaltigen Faserstrukturen. Das ECO-Institut in Köln hat bestätigt, dass NeptuTherm® absolut frei von gesundheitsbedenklichen Emissionen und Inhaltsstoffen ist. NeptuTherm® dämmt nicht nur im Winter sehr gut, sondern bietet auch einen hervorragenden Hitzeschutz im Sommer. Für die Herstellung muss kaum Energie aufgewendet werden. Der Primärenergieverbrauch für Herstellung und Transport sind laut Hersteller extrem gering.

### 11.1.7. Stroh – Baustrohballen / Strohballebauweise

**Wärmeleitfähigkeit:** < 0,045 – 0,090 W/(mK)

**Dampfdiffusionswiderstand:**  $\mu = 2 - 3$

**Baustoffklasse (Brandschutz):** B2

**Druckfestigkeit:** produktabhängig



#### **Kurzbeschreibung**

Das landwirtschaftliche Abfallprodukt steht in großen Mengen zur Verfügung und wird als loses Einblasgut, in Form von Matten und Platten sowie als (meist) nichttragende Strohballe-Wandelemente verwendet. In Nordamerika existieren bereits seit dem späten 19. Jahrhundert Erfahrungen mit der Strohballebauweise. In Verbindung mit einer drei Zentimeter dicken Kalk- und Lehmputz-Schicht haben Brandversuche bezüglich Feuerfestigkeit in Kanada einen zwei-stündigen Widerstand attestiert. Eine Prüfung an der Material- und Prüfanstalt Braunschweig ergab für beidseitig mit drei Zentimeter Lehm verputzte Strohballe eine Feuerwiderstandsklasse von F90 nach DIN 4102-2. Die entsprechenden Baukonstruktionen sind nicht genormt und bedürfen einer bauaufsichtlichen Zulassung. Seit 2006 liegt für Strohballeendämmung eine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) vor. Weitere Informationen, zum Beispiel über realisierte Projekte in Mitteleuropa, sind beim Fachverband Strohballebau ([www.fasba.de](http://www.fasba.de)) in Deutschland erhältlich..

#### **Produktionsprozess**

Dem gehäckselten Stroh wird in einem Trocknungssofen die Feuchte bis auf 5 bis 7 Prozent entzogen. Anschließend kann es – je nach Verwendungszweck – in einer Mühle zu Strohmehl weiterverarbeitet und mit den notwendigen Bindemitteln (Zellulose, Lignin, Kieselsäure, Leim) angereichert werden. Für Schüttmaterial und für einen ebenfalls weniger konzentrierten Dämmkern bei Leichtbauplatten werden jeweils unterschiedliche Herstellungsverfahren angewendet. Durch eine Ballenpresse wird gepresstes Stroh zu Ballen gepresst. Plattenproduktion siehe Kapitel 11.1.3 Schilfrohr.

#### **Hinweise zur Verarbeitung** (siehe auch Kapitel 11.1.3 Schilfrohr)

Strohballen können Teil einer Fachwerkkonstruktion sein (Ausfachmethode), einige Produkte werden speziell für den Bereich des nichttragenden Innenausbaus als

Wandelemente angeboten. Ähnlich der Ziegelbauweise werden Strohballen in Nordamerika (Länge/Breite/Höhe = 90/45/35 Zentimeter) wie überdimensionale Legosteine mauerermäßig geschichtet und ähnlich massiver Holz-Blockbauweise stabilisiert (Nebraska-Technik). Kontakt für Bauherren und Planungsbüros: Fachverband Strohballenbau ([www.fasba.de](http://www.fasba.de)).

### **Einsatzbereiche**

Dämmmatten, Putzträger, Zuschlagsstoff oder Wandfertigelemente im Trocken- und Innenausbau. In den USA und Kanada stehen zahlreiche Strohgebäude, zum Teil bereits seit über 100 Jahren. Auch in Deutschland, vorwiegend im Norden und Osten der Republik, sowie in anderen europäischen Ländern können zwischenzeitlich einige gelungene Projekte besichtigt werden.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Die Gebäude in Nordamerika und Deutschland konnten meist mit sehr geringem Energie- und Finanzaufwand erstellt werden. Zum Schutz gegen Feuchtigkeit ist jedoch ein sehr großer Dachüberstand erforderlich. Die Ökobilanz von Strohhäusern ist äußerst günstig. Das Wohnklima ist nach Besichtigung eines Modellprojektes durch den Autor Herbert Danner sowie laut Informationen aus Fachbüchern und dem Internet sehr gut - sorgfältige Planung und Ausführung vorausgesetzt. Mit Strohballenhäusern kann problemlos der Dämmstandard von Passivhäusern erreicht werden, bei gleichzeitig hervorragendem Raumklima, wenn Planung und Ausführung in hoher Qualität realisiert werden.

## 11.2. Industriell gefertigte Naturfaserdämmstoffe

Auf den nachfolgenden Seiten werden Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen beschrieben, die in der Regel im industriellen Maßstab gefertigt und aus Gründen des Brandschutzes oder zur Prävention gegen Schimmelpilze mit chemischen Zusätzen behandelt werden.

### 11.2.1. Flachs

**Wärmeleitfähigkeit: 0,038 – 0,050 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1 - 2$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: gering**



### Kurzbeschreibung

Flachsplatten, -filze oder -vliese werden traditionell aus der mitteleuropäischen Flachspflanze beziehungsweise dem Faserlein hergestellt. Flachs ist somit ein Produkt aus heimischer Landwirtschaft. Bei circa 200 Grad Celsius kommt es zu einer Volumenabnahme von etwa vier Prozent, ab circa 260 Grad Celsius treten Verfärbungen auf. Bei höheren Temperaturen verkohlt Flachs.

### Produktionsprozess

Zur Herstellung von Vliesen wird getrocknetes Flachsstroh in einer sogenannten Riffelmaschine aufgefasernt und anschließend weiterverarbeitet. Dicke Vliese werden entweder durch Einweben textiler Stützfasern oder durch schichtweises Verkleben dünner Vliese mit Bindemitteln auf Stärkebasis erstellt. Brandschutzklasse B2 wird durch den Zusatz von borathaltigen Stoffen, Ammoniumphosphat oder Ammoniumsulfat erreicht. Flachs zeichnet sich durch einen geringen Energieaufwand bei der Produktion und einem niedrigen Primärenergieinhalt aus.

### Hinweise zur Verarbeitung

Bei der Verarbeitung kann Feinstaub entstehen, deshalb wird vorsorglich das Tragen von Atemschutzmasken beziehungsweise der Einsatz von Absauggeräten empfohlen. Belastbare Langzeiterfahrungen bezüglich einer Volumenänderung (Zusammensacken) der

Dämmstoffvliese liegen den Verfassern derzeit nicht vor. Zum Schneiden werden ein Wellenschliffmesser oder ein elektrischer Fuchsschwanz (Alligator) verwendet.

### **Einsatzbereiche**

Wärmedämmung in Decken, Außenwandkonstruktionen und Trennwänden sowie zwischen Sparren, als Trittschall-, Akustik- und Stopfdämmung.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Flachs ist diffusionsoffen und kann bis zu 20 Prozent seines Gewichtes an Feuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben – dies wirkt sich positiv auf das Raumklima aus. Der hautfreundliche Dämmstoff lässt sich angenehm verarbeiten und weist relativ günstige Eigenschaften beim sommerlichen Hitzeschutz auf. Der Flachs für die Dämmstoffverarbeitung kommt auf relativ kurzen Transportwegen vorwiegend aus Frankreich, Belgien und den neuen Bundesländern. Die Flachspflanze ist relativ resistent gegen Schädlinge und kann deshalb mit geringem Spritzmitteleinsatz im ökologischen Landbau angebaut werden. Pflanzen aus kontrolliert biologischem Anbau sind bislang jedoch leider die Ausnahme.

**Kritische Hinweise zum Flammschutzmittel „Borate / Borsalze / Borsäure“ siehe Kapitel 7.4.2 Brandschutz.**

### 11.2.2. Hanf

**Wärmeleitfähigkeit: 0,040 – 0,050 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1 - 2$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: gering**



#### **Kurzbeschreibung**

Aus dem schnellwachsenden (2 bis 4 Zentimeter pro Tag) heimischen Rohstoff Hanf werden Platten, Vliese, Filze und Schäben hergestellt. Nach langjähriger Beschränkung (bis 1996) hat sich Nutzhanf langsam wieder in der Landwirtschaft etabliert. Der Rohstoff wird überwiegend aus deutscher Produktion gewonnen, erforderliche Restmengen aus europäischen Nachbarländern importiert, zum Beispiel Frankreich und Rumänien. Die einzelnen Bestandteile der Hanfpflanze finden vielfältige Verwendung zum Beispiel zur Herstellung von Narkotika und hochwertiger Öle.

#### **Produktionsprozess**

Zur Herstellung von Vliesen wird getrocknetes Hanfstroh aufgefasernd und anschließend weiterverarbeitet. Dicke Vliese werden entweder durch Einweben textiler Stützfasern oder durch schichtweises Verkleben dünner Vliese mit Bindemitteln auf Stärkebasis erstellt. Der Einsatz von Borsalz, Ammoniumphosphat oder Ammoniumsulfat sorgt für Brandschutzklasse B2. Hanfprodukte zeichnen sich durch einen geringen Energieaufwand bei der Produktion und einen niedrigen Primärenergiegehalt aus. Lose Hanfschäben sind nach Imprägnierung (in der Regel mit Spezialbitumen) als Schüttgut einsetzbar. Die Produktion von Stopfhanf benötigt keinerlei chemische Zusätze.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Bei der Verarbeitung kann Feinstaub entstehen, deshalb wird vorsorglich das Tragen von Atemschutzmasken beziehungsweise der Einsatz von Absaugeinrichtungen empfohlen. Belastbare Langzeiterfahrungen bezüglich einer Volumenänderung (Zusammensacken) der Dämmstoffvliese liegen den Verfassern derzeit nicht vor. Das Schneiden der Platten und Matten erfolgt am einfachsten mit elektrischem Wellenschliffmesser (sogenannter Alligator).

## **Einsatzbereiche**

Wärmedämmung in Decken, Außenwandkonstruktionen und Trennwänden sowie zwischen Sparren, als Trittschall-, Akustik- und Stopfdämmung (zum Beispiel beim Setzen von Fenstern und Türen).

## **Baubiologische Stellungnahme**

Hanf ist diffusionsoffen und wirkt sich positiv auf das Raumklima aus. Hanf ist ein hautfreundlicher Dämmstoff, der sich angenehm verarbeiten lässt und relativ günstige Eigenschaften beim sommerlichen Hitzeschutz aufweist. Der Hanf für die Dämmstoffverarbeitung kommt auf relativ kurzen Transportwegen. Die Hanfpflanze ist relativ resistent gegen Schädlinge und kann deshalb mit geringem Spritzmitteleinsatz angebaut werden. Pflanzen aus kontrolliert biologischem Anbau sind jedoch leider die Ausnahme. Im Brandfall entstehen ähnliche Produkte wie bei Verbrennung von Holz - Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasser und additivabhängige Stoffe. Ein hervorragendes Naturprodukt ist der sogenannte Stopfhanf. Mit verstärktem Einsatz von Stopfhanf als Fugendämmstoff bei Fenstern und Türen könnte der massenhafte Einsatz von Polyurethan-Ortsschaum reduziert werden (siehe Kapitel 8.4. Prozesskette und Bewertung Polyurethan).

**Kritische Hinweise zum Flammschutzmittel „Borate / Borsalze / Borsäure“ siehe Kapitel 7.4.2 Brandschutz.**

### 11.2.3. Holzfaser

**Wärmeleitfähigkeit: 0,040 – 0,060 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1 - 5$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B1/B2**

**Druckfestigkeit: gering bis mittel**



#### **Kurzbeschreibung**

Holzfaser-Werkstoffe bestehen zu über 85 Prozent aus Weichholzfäsern (Fichte, Tanne, Kiefer) sowie Wasser und Bindemitteln aus Naturharzen bei Holzweichfaserdämmplatten. Bei wetterfesten und stabilen Holzfaserprodukten wird auch Zement oder Magnesit eingesetzt, feuchtigkeitsabweisende Platten werden hydrophobiert, latexiert oder bituminiert.

#### **Produktionsprozess**

Die harzhaltigen Nadelhölzer werden mechanisch zerkleinert und mit Wasser zu einem Brei vermischt. Dieser wird gepresst, getrocknet und zu Platten geschnitten. Die Bindung erfolgt bei Holzweichfaserplatten in der Regel durch holzeigene Inhaltsstoffe (zum Beispiel Lignin) und bei Hartfaserplatten durch Zement und Magnesit. Die Behandlung zum vorbeugenden Brandschutz sowie gegen Schädlinge erfolgt mit Ammoniumsulfat oder Borsalz. Es wird unterschieden zwischen Nass- und Trockenverfahren (siehe Kapitel 8.1.1 und 8.1.2).

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Bei Herstellung und Verarbeitung entstehen beim Schneiden und Sägen Feinstäube, die die Atemwege belasten können. Deshalb sind vorsorglich Atemschutzmaske und Absaugvorrichtungen zu empfehlen. Die imprägnierten Platten sollten nur im Außenbereich eingesetzt und verarbeitet werden. Beim Schneiden und Sägen sollte Spezialwerkzeug eingesetzt werden (siehe Kapitel 5.1.2), damit die Verarbeitung möglichst mühelos und mit sauberen Schnittkanten erfolgen kann. Unbeschädigte Platten können nach Rückbau wieder eingesetzt werden.

#### **Einsatzbereiche**

Die verschiedenen Produkte sind durch ihre Vielfalt am Bau nahezu universell einsetzbar. Es gibt flexible Dämmplatten für die Zwischensparrendämmung in Dach, Wand und Decke,



stabile und feuchtigkeitsabweisende (hydrophobiert, latexiert oder bituminiert) Dämmplatten zur flächigen Anwendung als Aufsparren- und Fassadendämmung (Wärmedämmverbundsystem WDVS), unterschiedlich druckfeste Produkte als Trittschalldämmung für den Fußbodenbereich, Dämmplatten für Flächenheizsysteme in Wand und Fußboden sowie wetterbeständige Fassadenplatten. Die Anwendungsgrenztemperatur liegt bei 110 Grad Celsius.

### ***Baubiologische Stellungnahme***

Ein hervorragendes und vielseitig einsetzbares heimisches Produkt, diffusionsoffen und klimaregulierend mit guten Wärmedämmeigenschaften sowie Schutz vor sommerlicher Hitze und guten Eigenschaften zur Schalldämmung. Im Brandfall entstehen ähnliche Produkte wie bei Verbrennung von Holz - Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasser und additivabhängige Stoffe.

**Kritische Hinweise zum Flammschutzmittel „Borate / Borsalze / Borsäure“ siehe Kapitel 7.4.2 Brandschutz.**

#### 11.2.4. Holzwolle-Leichtbauplatten

**Wärmeleitfähigkeit: 0,075 – 0,150 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 2 - 5$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B1/B2**

**Druckfestigkeit: mittel bis hoch**



#### **Kurzbeschreibung**

Bruchholz und Restholz aus der Holzindustrie bilden in der Regel das Basisprodukt für Holzwolle-Leichtbauplatten (HWLP).

#### **Produktionsprozess**

Das Rest- und Bruchholz wird mechanisch zerkleinert und unbehandelt weiterverarbeitet. Die so entstandene Holzwolle wird in den meisten Fällen unter Zusatz der mineralischen Bindemittel Zement oder Magnesit im Bandform- oder Pressverfahren zu Holzwolle-Leichtbauplatten (HWL) verarbeitet. Mehrschichtplatten werden meist dreischichtig mit einem Kern aus Hartschaum oder Mineralfaser und zwei Deckschichten aus HWL gefertigt.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Bei der Verarbeitung entsteht unter Umständen gesundheitsschädlicher Staub, deshalb vorsorglich Atemschutzmaske beziehungsweise Absauggeräte verwenden. Leichtbauplatten dienen als Träger von Putz, keramischen Belägen oder Gipswerkstoffplatten und können mit Klebemörtel, Nägeln oder Dübeln befestigt werden.

#### **Einsatzbereiche**

Wärme-, (Tritt-)Schall- und Brandschutz, Innenausbau, Putzträger- und Akustikplatten. HWL sollten dauerhaft keinen Temperaturen über 100 Grad Celsius ausgesetzt werden. Für Mehrschichtplatten gelten in Abhängigkeit von der Kernschicht 85 bis 100 Grad Celsius.

#### **Baubiologische Stellungnahme**

Die reine Holzwolle-Leichtbauplatte gilt baubiologisch als empfehlenswert, insbesondere in der magnesitgebundenen Form. Die Mehrschichtplatten - vor allem mit Polyurethan-Hartschaum - sind dagegen baubiologisch als bedenklich einzustufen. Im Brandfall entstehen ähnliche Produkte wie bei der Verbrennung von Holz - Kohlendioxid,

Kohlenmonoxid, Wasser und additivabhängige Stoffe. Bei Mehrschichtplatten können im Brandfall toxische Substanzen in Abhängigkeit von der Kerndämmung entstehen. Weitere Informationen zu Polyurethan siehe Kapitel 8.4. Prozesskette und Bewertung Polyurethan / Polyisocyanurat

### 11.2.5. Jute

**Wärmeleitfähigkeit: 0,038 – 0,041 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1 - 2$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2 bzw. Euroklasse E**

**Druckfestigkeit: gering**



#### **Kurzbeschreibung**

Aus ehemaligen Jutesäcken für Kakao- oder Kaffeebohnen werden von der THERMO NATUR GmbH & Co. KG flexible, nicht druckbelastbare Matten oder Rollen hergestellt. Der Rohstoff wird überwiegend aus Transportsäcken der deutschen Kaffee- und Schokoladenhersteller im „Upcycling“-Verfahren gewonnen.

#### **Produktionsprozess**

Zur Herstellung der Dämmmatten werden die Jutefasern mit Soda imprägniert und mit textilen Stützfasern (= Bindemittel) vermischt. Die textilen Stützfasern sind aus PET oder bei den Produkten mit dem Zusatz "PLUS" aus Polylactid (PLA - hergestellt aus Pflanzenstärke ohne Erdölanteil). Die imprägnierten Jutefasern und die textilen Stützfasern werden in der sogenannten „Krempelanlage“ zu einem textilen Vlies gelegt. Dieses wird anschließend auf die richtige Dicke gepresst und durchgehend auf 170 Grad Celsius erhitzt. Der Dämmstoff wird „gebacken“ und bleibt dadurch flexibel und setzungssicher. Diese Herstellung nennt man „Thermobonding-Verfahren“. Der Einsatz von Soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , E-Nummer: E 500) sorgt für Baustoffklasse B2 bzw. Euroklasse E. Geringer Energieaufwand bei der Produktion und niedriger Primärenergiegehalt. Die Hanf- oder Jutepflanzen entziehen beim Wachstum der Umwelt mehr  $\text{CO}_2$  als bei der Herstellung des Dämmstoffes wieder frei gesetzt wird.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Bei der Verarbeitung kann Feinstaub entstehen, deshalb wird vorsorglich das Tragen von Atemschutzmasken beziehungsweise der Einsatz von Absaugeinrichtungen empfohlen. Belastbare Langzeiterfahrungen bezüglich einer Volumenänderung (Zusammensacken) der Dämmstoffvliese liegen den Verfassern derzeit nicht vor. Das Schneiden der Matten erfolgt am einfachsten mit einem elektrischen Wellenschliffmesser (sogenannter Alligator) oder dem Thermo-Naturdämmstoff-Messer.

### **Einsatzbereiche**

Wärmedämmung in Decken, Aussenwand-Konstruktionen und Trennwänden sowie zwischen Sparren, Holzbalken und Hohlräumen entsprechender Holzkonstruktion, zum Beispiel hinterlüftete vorgehängte Fassaden.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Jute ist diffusionsoffen und wirkt sich positiv auf das Raumklima aus. Jute ist ein hautfreundlicher Dämmstoff, der sich angenehm verarbeiten lässt und sehr gute Eigenschaften beim sommerlichen Hitzeschutz aufweist. Die Jute ist ein langlebiges, robustes Upcycling-Produkt, ein praktisches Beispiel für einen zweiten Lebenszyklus von Naturfasern (statt thermischer Verwertung). Im Brandfall entstehen ähnliche Produkte wie bei Verbrennung von Holz: Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasser und additivabhängige Stoffe.

### 11.2.6. Kokos

**Wärmeleitfähigkeit: 0,045 – 0,050 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1 - 2$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**B3 (naturbel. Stopfwole)**

**Druckfestigkeit: gering**



#### **Kurzbeschreibung**

Der Dämmstoff besteht aus Fasern von Kokosnusshüllen. Zur Produktion eines Kubikmeters Dämmstoff werden je nach Rohdichte des Endprodukts die Fasern von 700 bis 1.600 Kokosnüssen benötigt. Kokosfasern beginnen ab einer Temperatur von 270 Grad Celsius sich zu zersetzen. Kokosfaser-Dämmstoffe sind als Matten, Filze oder lose Stopfwole erhältlich.

#### **Produktionsprozess**

Kokosnusshüllen werden in großen Sumpfbeckern einem Fäulnisprozess unterzogen. Fäulnisanfällige Stoffe werden hierbei zersetzt. Nach einem Wasch- und Trocknungsvorgang werden die fäulnisresistenten Fasern zu Vliesen und Matten vernadelt oder versteppt. Eine Imprägnierung mit Borsalz, Ammoniumphosphat oder Ammoniumsulfat gewährleistet den Brandschutz.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Eine mögliche Staubentwicklung bei der Verarbeitung kann Beschwerden in den Atemwegen hervorrufen. Daher wird vorsorglich die Verwendung von Atemschutzmasken beziehungsweise Absauggeräten empfohlen. In Innenräumen ist der Eigengeruch der Kokosfasern zu berücksichtigen, eine dauerhafte Beeinträchtigung ist damit aber nicht verbunden.

#### **Einsatzbereiche**

Außenwand- und Dachdämmung, Trennwände, Wärme- und Trittschalldämmung bei schwimmenden Estrichen, Stopfwole zur Abdichtung von Fenstern und Türen.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Der natürliche und nachwachsende Rohstoff stammt in der Regel aus Indien und Indonesien. Lange Transportwege und damit verbundene Schadstoffemissionen verschlechtern die ansonsten günstige Ökobilanz des Produkts. Kokosprodukte sind diffusionsoffen und angenehm zu verarbeiten. Dem Produkt sind nach Möglichkeit Alternativen mit ähnlichen Eigenschaften aus heimischen Produkten vorzuziehen, zum Beispiel Hanf oder Flachs. Im Brandfall emittierende Brandprodukte von nicht bituminierten Kokosfasern ähneln denen von verbrennendem Holz - Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasser und additivabhängige Stoffe.

**Kritische Hinweise zum Flammschutzmittel „Borate / Borsalze / Borsäure“ siehe Kapitel 7.4.2 Brandschutz.**

### 11.2.7. Kork

**Wärmeleitfähigkeit: 0,045 – 0,050 [W/(mK)]**

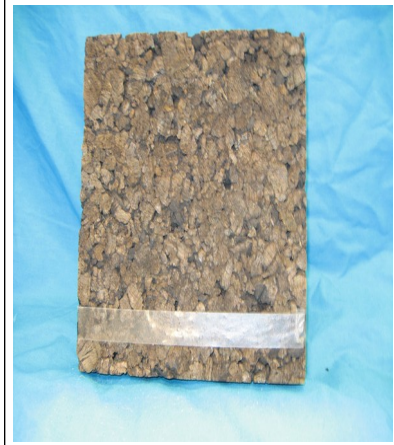
**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 5 - 10$**

**2 - 8 Korkschrot**

**10 - 30 Korkplatte**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: gering**



#### **Kurzbeschreibung**

Die Korkeiche aus dem Mittelmeerraum liefert mit ihrer Rinde den Rohstoff für den Korkdämmstoff. Kork wird sowohl als Schüttdämmstoff eingesetzt als auch als Plattendämmstoff. Gebrauchte Platten können zu Korkschrot weiter verarbeitet werden.

#### **Produktionsprozess**

Zur Schonung der Bäume werden diese frühestens nach 30 Jahren und anschließend alle 7 bis 9 Jahre entrindet. Je nach Verarbeitung unterscheidet man vier verschiedene Dämmstoffe.

- Korkschrot: Korkrinde wird ohne weitere Zusätze mechanisch zerkleinert (geschrotet).
- Recycling-Kork: Flaschenkorken werden zu Korkschrot und -platten verarbeitet.
- Expandiertes Korkgranulat: Durch Wasserdampf wird Korkschrot expandiert. Danach kann das Granulat mit Heißbitumen verklebt und zu Platten geschnitten werden.
- Backkork: Während der Expansion unter Wasserdampf bei 250 bis 350 Grad Celsius verklebt Korkgranulat durch das korkeigene Harz Suberin zu Blöcken und kann anschließend zu Platten geschnitten werden.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Die Gesundheitsverträglichkeit ist nur bei unbehandeltem Rohmaterial gewährleistet. In Innenräumen ist der Eigengeruch des Korks zu berücksichtigen, der jedoch zu keiner dauerhaften Beeinträchtigung führt. Die Platten lassen sich problemlos mit einem handelsüblichen Fuchsschwanz mechanisch bearbeiten. Bei elektrischem Schneiden der Platten können stärkere Staubentwicklungen entstehen. In diesem Fall wird vorsorglich zu Atemschutzmasken beziehungsweise Absaugeinrichtungen geraten.



### **Einsatzbereiche**

Außenwand- und Dachdämmung, leichte Trennwände, Wärme- und Trittschalldämmung bei schwimmenden Estrichen, Hohlraumdämmung. Korkzellen blähen sich unter Hitzeeinwirkung auf. Reiner Korkdämmstoff sollte deshalb langfristig keinen Temperaturen über 120 Grad Celsius ausgesetzt werden.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Kork ist nur sehr begrenzt verfügbar. Ein großflächiger Einsatz ist deshalb ökologisch bedenklich. Daher sollten diese Dämmmaterialien nur gezielt eingesetzt werden und im Regelfall heimische natürliche Dämmstoffe den Vorzug erhalten. Im Brandfall entstehen ähnliche Produkte wie bei Verbrennung von Holz - Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Wasser. Darüber hinaus können Bindemittel sowie Alkohole, Aldehyde und Essigsäure ausdampfen.

### 11.2.8. Schafwolle

**Wärmeleitfähigkeit: 0,040 - 0,045 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 2 - 15$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: nicht beanspruchbar**



#### **Kurzbeschreibung**

Aus frisch geschorener Schurwolle oder aus wiederaufbereiteter Altwolle werden Schafwollvliese und -filze hergestellt. Guterhaltene gebrauchte Vliese werden häufig von der Herstellerfirma zurückgenommen. Schafe werden weltweit gezüchtet, deshalb werden Schafwolle-Produkte auch in vielen Regionen hergestellt, also auch in Deutschland und in den benachbarten Ländern. Die Produkte weisen eine Hitzebeständigkeit bis maximal 180 Grad Celsius auf, dann tritt eine Versprödung der Wolle ein. Die Entzündungs-Temperatur liegt bei etwa 600 Grad Celsius.

#### **Produktionsprozess**

Die Schafschurwolle wird gewaschen sowie teilentfettet und anschließend zu Vliesen und Filzen weiterverarbeitet. Zum Brandschutz und gegen Ungeziefer werden unter anderem Borate und Harnstoffderivate (Mitin) eingesetzt. Um eine ausreichende Formstabilität zu erreichen, wird die Schafwolle in Naturkautschukmilch getaucht.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Die Dämmbahnen lassen sich angenehm verarbeiten und können mit Schere oder Tapetenmesser geschnitten werden. Die Wolle wird seitlich am Holz angeklammert. Bei der Verarbeitung wird Atemschutz empfohlen, Gesundheitsbeeinträchtigungen sind jedoch nicht bekannt. Langzeiterfahrungen bezüglich Volumenänderungen (Zusammensacken) liegen den Verfassern ebenfalls nicht vor. Die Dämmung kann Druckbelastungen kaum widerstehen.

#### **Einsatzbereiche**

Wärmedämmung im Zwischen- und Untersparrenbereich sowie im Decken- und Trennwandbereich und bei hinterlüfteten Fassaden. Schall- und Kerndämmung, Trittschall- und Akustikdämmung, Stopfwolle. Besonders geeignet für Räume mit Restbaufeuchte oder

Fußböden zwischen kalten und feuchten Kellerräumen und geheizten Wohnräumen. Die übliche Anwendungstemperatur sollte 90 Grad Celsius nicht übersteigen.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Schafwolle ist ein hervorragendes, nachwachsendes und weltweit verfügbares Naturprodukt. Beim großflächigen Einsatz an Gebäuden (zum Beispiel Dach- und Fassaden-Dämmung) ist jedoch zu beachten, dass aufgrund des tierischen Eiweißes Mottenbefall auftreten kann. Dadurch können erhebliche Sanierungsarbeiten erforderlich werden. Von mit dem Mottengift Mitin behandelten Produkten wird aus baubiologischer Sicht abgeraten. Bei sauerstoffreicher Verbrennung werden Kohlendioxid, Wasser und Stickoxide frei, bei Verschwelung entstehen Kohlenmonoxid, Kohlendioxid sowie möglicherweise geringe Mengen an Blausäuregas und Schwefeldioxid.

**Kritische Hinweise zum Flammschutzmittel „Borate / Borsalze / Borsäure“ siehe Kapitel 7.4.2 Brandschutz.**

### 11.2.9. Zellulose

**Wärmeleitfähigkeit: 0,040 – 0,045 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1 - 2$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2**

**Druckfestigkeit: gering**

**nicht beanspruchbar (lose Schüttung)**



#### **Kurzbeschreibung**

Wiederaufbereitetes und zerkleintes, ungebrauchtes Zeitungspapier von den Kiosken und Zeitungsständen bildet den Grundstoff für Zellulose-Dämmstoffe.

#### **Produktionsprozess**

Zeitungspapier wird mechanisch zu Flocken zerkleinert. Durch Zugabe von Wasserdampf, Naturharzen als Bindemittel und gegebenenfalls Stützfasern (zum Beispiel Jute) können die Flocken zu Platten gepresst werden. Borpräparate gewährleisten Brandschutz, Schädlings- und Schimmelresistenz, zum Brandschutz wird vereinzelt Ammoniumphosphat eingesetzt.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Zellulose kann auf vier verschiedene Arten in den Baukörper eingebracht werden

- Einblasverfahren: Stark verdichtetes Einblasen zwischen Schalungskörper
- Schüttverfahren: Schütten oder Aufblasen der Zellulose auf stabile Unterlage
- Sprühverfahren: Besprühen von Flächen unter Wasserzugabe
- Verlegen der Platten: Flächiges Verlegen (nicht druckfest)

Der Dämmstoff sollte von Fachfirmen verarbeitet werden. Das gilt insbesondere beim Einblasverfahren. Diese Verarbeitung muss fachgerecht und mit großer Sorgfalt vorgenommen werden, damit keine unsichtbaren Hohlräume entstehen. Insbesondere beim Einblas- und Schütt-Verfahren können vermehrt Feinstäube entstehen, welche die Atemwege belasten können. Deshalb sind vorsorglich Atemschutzmaske beziehungsweise Absaugvorrichtungen zu empfehlen. Zellulose ist konstruktiv dauerhaft vor Nässe zu schützen.

### **Einsatzbereiche**

Schüttung für horizontale und leicht geneigte Flächen, Einblasverfahren als Zwischensparren- und Holzrahmenbau-Dämmung, Sprühverfahren vorwiegend an Außenwänden, Platten zum Beispiel als Zwischensparren-Dämmung. Die Anwendungsgrenztemperatur liegt bei circa 100 Grad Celsius.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Ungebrauchtes Altpapier liegt in so großen Mengen vor, um circa vier Fünftel des Bedarfs an Wärmedämmstoffen in Deutschland (derzeit circa 25 Millionen Kubikmeter) abzudecken. Der Dämmstoff hat eine hohe Lebensdauer und kann nach fachgerechtem Ausbau wiederverwendet werden. Kleinere Zellulosefasern können lungengängig sein. Bei sachgerechter Verarbeitung und Beachtung der Atemschutzempfehlungen sind aber keine Gesundheitsbeeinträchtigungen zu erwarten, auch nicht durch die Druckerschwärze. Wichtig ist der dauerhaft wärmebrückenfreie Einbau durch erfahrene Betriebe. Kontrolle ist durch Thermografie möglich. Zellulosefasern verschwelen bei Beflammung, es entstehen ähnliche Zersetzungsrückstände wie bei der Verbrennung von Holz - Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasser und additivabhängige Stoffe.

**Kritische Hinweise zum Flammschutzmittel „Borate / Borsalze / Borsäure“ siehe Kapitel 7.4.2 Brandschutz.**

### **11.3. Naturdämmstoffe auf der Basis mineralischer Rohstoffe**

An dieser Stelle werden zuerst zwei Produkte dargestellt, die mineralischen Ursprungs sind und sich für monolithische Fassadendämmung im Rahmen von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) eignen. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit möglichen künftigen Entsorgungsrisiken von Bedeutung - siehe auch Kapitel 7.5 Zusammenfassende Bewertung von Naturfaserdämmstoffen und Kapitel 9 Entsorgung der Dämmstoffe.

Die Produktauswahl in diesem Kapitel erhebt – wie in den anderen Kapiteln - keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### 11.3.1. Blähton / Blähschiefer

**Wärmeleitfähigkeit: 0,100 - 0,160 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 2 - 8$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): A1**

**Druckfestigkeit: --**



#### **Kurzbeschreibung**

Blähton und Blähschiefer bestehen aus den heimischen Rohstoffen Ton und Schiefer. Die Rohstoffe sind nahezu unbegrenzt vorhanden und unbegrenzt wiederverwertbar. Der Dämmstoff ist nicht brennbar – Brandschutzklasse A1 – und bis circa 1.000 Grad Celsius temperaturbeständig.

#### **Produktionsprozess**

Unter Zugabe von Wasser wird der zerkleinerte Rohstoff im Gegenstromverfahren bei über 1.000 Grad Celsius erhitzt. Gebundenes Wasser verdampft und bläht das Granulat auf. Der Sinterungsprozess beginnt bei circa 1.200 Grad Celsius.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Der Dämmstoff wird als Schüttung in Hohlräume eingebracht. Geringe Staubentwicklung ist möglich.

#### **Einsatzbereiche**

Schüttung zur Wärme- und Trittschalldämmung von Böden und Decken, Leichtzuschlag für Betone und Mörtel.

#### **Baubiologische Stellungnahme**

Eine Wiederverwendung als Schüttung oder Zuschlagstoff ist möglich. Durch die hohen Temperaturen bei der Herstellung ist der Produktionsprozess mit hohem Energieaufwand verbunden. Alle mineralischen Rohstoffe können eine gewisse radioaktive Belastung aufweisen. Diese ist abhängig vom Herkunftsort. In der Regel ist diese bei den oben genannten Dämmstoffen jedoch so gering, dass keine Gesundheitsgefährdung damit verbunden ist.

### 11.3.2. Dämmziegel (Perlitgefüllt)

**Wärmeleitfähigkeit: 0,055 – 0,060 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 4 - 5$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): A2 - s1,d0**

**Druckfestigkeit: hoch (Klasse 2)**



#### **Kurzbeschreibung:**

Der spezielle Dämmziegel für Wärmedämmfassaden (WDF) unterscheidet sich nicht erheblich von modernen Mauerziegeln mit guten Wärmedämmeigenschaften. Aufgrund der Füllung mit Vulkangestein Perlit gilt er jedoch nicht mehr als monolithisch und muss nach der Nutzung deponiert werden. Der Dämmstein sorgt für gute Dämmeigenschaften und Diffusionsoffenheit. Der Baustoff ist nicht brennbar. Die Dämmziegel werden zum Beispiel in Formaten 495 x 120 x 249 Millimeter, 495 x 80 x 249 Millimeter oder 495 x 180 x 249 Millimeter angeboten.

#### **Produktionsprozess**

Die Produktion des Dämmziegels unterscheidet sich nicht wesentlich von herkömmlichen und langjährig bewährten Mauerziegeln ohne Perlitfüllung.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Das neuartige Format mit der günstigen Wärmeleitfähigkeit ermöglicht erstmals den Einsatz eines Ziegelsteins als Wärmedämmfassade. Im Gegensatz zum Konkurrenzsystem Mineraldämmplatte wird der Wärmedämmziegel aber nicht an bestehende Fassaden geklebt und gedübelt, sondern vor die Bestandsfassade gemauert und verputzt, sowohl im Neubau als bei der Sanierung. Das bauaufsichtlich zugelassene Dämmsystem eignet sich zur energetischen Sanierung bestehender Massivbauten aus Kalksandstein, Ziegel, Porenbeton oder Leichtbau-Hohlblöcken. Durch den Einsatz der stärkeren Dämmplatte lässt sich ein sehr guter Wärmedämmstandard erreichen.



## **Einsatzbereiche**

Der mineralische Dämmstoff ist vielseitig anwendbar. Ein wesentlicher Vorteil gegenüber vielen anderen Dämmstoffen besteht darin, dass er im Hochbau mit hohen Brandschutzaufgaben eingesetzt werden kann. Der Dämmziegel als Teil eines nicht brennbaren Fassadensystems hat hervorragende Zug- und Druckfestigkeiten, hohe Rissicherheit, hohe Widerstandsfähigkeit gegen Mikroorganismen (Algen, Pilze) und sehr gute Wetterbeständigkeit. Neben dem Einsatz als Fassadendämmung wird der Dämmziegel auch als Innendämmsystem ohne Dampfsperre eingesetzt. Eine Durchfeuchtung der Ziegel in der Bauphase muss vermieden werden, da deren Austrocknung möglicherweise langwierig sein kann. Die für Dämmziegel zulässigen Bohrtechniken müssen eingehalten werden. Insgesamt ist daher in der Bauphase eine sehr gute Qualitätssicherung notwendig. Dieses nicht monolithische Material wird nach der Nutzungsphase deponiert.

## **Baubiologische Stellungnahme**

Das System ist rein mineralisch und diffusionsfähig. Gesundheitliche Belastungen sind nicht bekannt und auch nicht zu erwarten. Der Hersteller verweist in seinen Veröffentlichungen auf zahlreiche Mitgliedschaften und Zertifikate, zum Beispiel auf das Institut Bauen und Umwelt e.V., das Sentinel-Haus Institut, das Sonnenhaus-Institut, das eco-Institut, den Blauen Engel und natureplus.

### 11.3.3. Glasschaum-Granulat

**Wärmeleitfähigkeit: 0,070 – 0,090 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1 - 1,4$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): A1**

**Druckfestigkeit: druckfest und lastabtragend**



#### **Kurzbeschreibung**

Glasschaum-Granulat wird aus Altglas hergestellt und ist als lose Schüttung erhältlich.

#### **Produktionsprozess**

Gesammeltes Altglas wird sortiert und zermahlen. Wasser, Binde- und natürliche Blähmittel werden zugesetzt, die Mischung getrocknet sowie gebrochen und anschließend bei 800 bis 900 Grad Celsius erhitzt. Die Oberfläche des Granulats mit Korndurchmesser von 30 bis 100 Millimetern versintert.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Beim Einbau des Dämmstoffes kann es durch Abrieb zu erheblicher Staubentwicklung mit feinsten Glaspartikeln kommen. Atemschutzmasken oder Absaugeinrichtungen sind zu verwenden. Zur Vermeidung von Wärmebrücken und statischen Problemen sind Setzungen durch entsprechende Verdichtung auszuschließen.

#### **Einsatzbereiche**

Das Schüttmaterial ist im Hoch- und Tiefbau vielseitig einsetzbar, zum Beispiel als Perimeterdämmung, Terrassendämmung, Grün- und Flachdach, Industriedach, hochbelastete Deckenkonstruktionen, Straßenbau und vieles mehr. Glasschaum-Granulat ist nicht brennbar - Brandschutzklasse A1 - und bis 700 Grad Celsius formstabil.

#### **Baubiologische Stellungnahme**

Eine Wiederverwendung als Schüttung oder Zuschlagstoff ist möglich. Durch die hohen Temperaturen bei der Herstellung ist der Produktionsprozess mit hohem Energieaufwand verbunden. Dieses Material ist neben Schaumglasplatten das einzig alternative Material zu Polystyrolprodukten für den Einsatz im Perimeterbereich.

#### 11.3.4. Kalzium-Silikat

**Wärmeleitfähigkeit: 0,045 bis 0,073 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 5 - 20$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): A1**

**Druckfestigkeit: mittel**



#### **Kurzbeschreibung**

Kalzium-Silikat-Platten bestehen aus Kalziumoxid und Siliziumdioxid sowie meist circa 10 Prozent Zellulosefasern. Kalziumsilikat ist nicht brennbar – Brandschutzklasse A1.

Zwischen 320 und 350 Grad Celsius beginnt die thermische Zersetzung der Zellulose, die Schmelztemperatur liegt bei circa 1.150 Grad Celsius.

#### **Produktionsprozess**

Die Rohstoffe werden zunächst mit Wasser aufgeschlämmt und reagieren dabei zu Kalziumsilikat. Anschließend wird die Masse zu Platten geformt. Bei der Trocknung entstehen durch Hydrothermalreaktion feine Poren, aus denen das Wasser entweicht. Zellulose sorgt für die nötige Flexibilität und Kantenstabilität. Treibmittel oder organische Additive werden bei der Herstellung nicht eingesetzt.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

An massiven Wänden können die Platten durch Kleben und/oder Dübeln befestigt werden, an Holzständerwänden durch Holzschrauben. Die Platten sind sehr starr und brechen leicht bei unsachgemäßer Handhabung oder unebenen Untergründen. Beim Sägen der Platten (zum Beispiel mit Holzbearbeitungswerkzeugen und -maschinen) können Feinstäube mit Belastung für die Atemwege entstehen. Deshalb werden für diese Arbeitsschritte vorsorglich Atemschutzmasken beziehungsweise Absauggeräte empfohlen. Die Oberfläche kann diffusionsoffen weiterverarbeitet werden – zum Beispiel verputzt, gestrichen oder tapeziert. Der Dämmstoff muss trocken gelagert und vor Säuren geschützt werden. Säurekontakt führt zur Auflösung.

#### **Einsatzbereiche**

Wärme-, Schall- und Hohlraumdämmung im Innenausbau, Brandschutzkonstruktionen

## **Baubiologische Stellungnahme**

Der mineralische und diffusionsfähige Dämmstoff hat einen hohen pH-Wert größer 12 und eignet sich dadurch sehr gut zur Innenraumdämmung bei größtmöglicher Resistenz vor Schimmelbefall. Im Laufe der Zeit können sich dennoch organische Substanzen ablagern, den pH-Wert senken und dadurch das erhöhte Schimmelpilzrisiko von Innenraumdämmungen noch steigern. In diesem Fall sollte die Oberfläche mit einem Kalk- oder Silikatanstrich aufgefrischt werden. Der Dämmstoff kann als Füllstoff wiederverwendet beziehungsweise recyclet werden, ansonsten wird er deponiert. Der Dämmstoff ist für eine großflächige Anwendung leider sehr teuer. Bei Brandbeanspruchung entstehen keine giftigen Gase.

### 11.3.5. Mineralische Putze:

**Perlit-Dämmputz / Brandschutzputz /  
Aerogel-Dämmputz**

**Wärmeleitfähigkeit:**

**0,055 - 0,077 [W/(mK)] (Perlit / Brandschutz)**

**0,028 [W/(mK)] (Aerogel)**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu$  = dampfdiffusionsoffen**

**Baustoffklasse (Brandschutz): A1 (Perlit/Brandschutz)**

**A2 Aerogel**

**Druckfestigkeit: --**



### **Kurzbeschreibung**

**Perlit-Dämmputz** besteht aus Perlit-Granulat, mineralischen Zuschlägen, natürlichem hydraulischem Kalk, chromatfreiem Weißzement und Weißkalkhydrat.

**Brandschutzputz** besteht aus natürlichem hydraulischem Kalk, chromatfreiem Weißzement, mineralischen Zuschlägen und Weißkalkhydrat.

**Aerogel-Dämmputz:** Aerogele sind hochporöse Festkörper und bestehen zu 90 bis 98 Prozent aus Luft. Sie sind weltweit der leichteste Feststoff. Aerogele haben ihren Ursprung in der Raumfahrt und sie werden zur Isolation von Raumanzügen als auch als Speichermedium für Gase und Feststoffe verwendet. Das Rohmaterial zur Herstellung von Aerogel ist amorphes Siliziumdioxid, welches in der Baustoffkunde als Kaliwasserglas oder Silikat bekannt ist

### **Produktionsprozess**

keine Angaben vorhanden

### **Hinweise zur Verarbeitung**

Einfache Verarbeitung für einschlägige Fachbetriebe. Die mineralischen Putzsysteme werden in mehreren Lagen mit Unterstützung von Armierungs-Systemen auf Fassade oder Innenwände (Aerogel-Putzsystem) aufgetragen.

## **Einsatzbereiche**

Brandschutzputz und Perlit-Dämmputz eignen sich nach Herstellerangaben sehr gut für die Sanierung alter, bereits gedämmter Fassaden, die keinen zeitgemäßen Energiestandard mehr aufweisen und sanierungsbedürftig sind. Die beiden Produkte verbessern im Bestand den Wärmeschutz und den Brandschutz, ein Rückbau von statisch geeigneten Fassaden ist nicht erforderlich, das Problem von Rückbau und Entsorgung wird erheblich reduziert.

Aerogel-Dämmputz wurde für die energetische Gebäudesanierung im Außen- und Innenbereich entwickelt und kann auf jede Mauerwerksart im Alt- oder Neubau aufgebracht werden.

## **Baubiologische Stellungnahme**

Die Produkte sind laut Herstellerangaben rein mineralisch und diffusionsfähig, frei von Schadstoffen und geruchlos. Gesundheitliche Belastungen sind nicht bekannt und auch nicht zu erwarten.

### 11.3.6. Mineralschaum / Minerale Dämmplatte

**Wärmeleitfähigkeit: 0,042 - 0,05 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 2 - 7$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): A1**

**Druckfestigkeit: hoch**



#### **Kurzbeschreibung:**

Die faserfreie Minerale Dämmplatte besteht aus Kalk, Sand, Zement und Wasser. Die mikroporöse Struktur sorgt für gute Dämmeigenschaften und Diffusionsoffenheit des recyclingfähigen Baustoffs. Im Fall der Deponierung entstehen hohe Kosten. Der Baustoff ist nicht brennbar. Die Dämmplatten werden in Stärken von 6 bis 30 Zentimetern angeboten.

#### **Produktionsprozess**

Die oben genannten Bestandteile werden zu einem Brei vermischt und bei circa 200 Grad Celsius und 16 bar Druck aufgeschäumt und gebacken. Das fertige Produkt wird anschließend zu Platten geschnitten.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Besonders geschätzt wird der Einsatz von Minerale Dämmplatten als ökologisches Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS), ergänzt um einen mineralischen Kleber und Armierungsputz, Glasfasergewebe sowie einen mineralischen Oberputz. Das WDVS wird an der Außenfassade vollflächig verklebt und verdübelt und wie eine zweite, harte Wandschale vor die bestehende Fassade gesetzt. Das bauaufsichtlich zugelassene Dämmsystem eignet sich sowohl für den Neubau als auch für die energetische Sanierung bestehender Massivbauten aus Kalksandstein, Ziegel, Porenbeton oder Leichtbau-Hohlblöcken. Durch Einsatz dickerer Materialstärken lassen sich problemlos Wärmedämmstandards in Passivhausqualität erreichen.

#### **Einsatzbereiche**

Mineralschaumplatten sind vielseitig anwendbar. Ein wesentlicher Vorteil gegenüber vielen anderen Dämmstoffen besteht darin, dass sie im Hochhausbau mit hohen Brandschutzauflagen eingesetzt werden können. Die Dämmstoffplatte als Teil eines nicht

brennbaren Systems kann bis zu einer Gebäudehöhe von 100 Metern eingesetzt werden und hat hervorragende Zug- und Druckfestigkeiten, hohe Rissicherheit, hohe Widerstandsfähigkeit gegen Mikroorganismen (Algen, Pilze) und mit zweimaligem Schutzanstrich auch eine sehr gute Wetterbeständigkeit. Die Mineraleämmplatte ist auch für Flachdachdämmung bauaufsichtlich zugelassen, lässt sich als Sockeldämmplatte im erdberührten Bereich einsetzen und eignet sich – insbesondere in Verbindung mit Lehmörtel und Lehmfarbe als Systembaustoff für Innendämmungen.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Das System ist rein mineralisch und diffusionsfähig, weist eine gute Ökobilanz auf und ist faserfrei. Gesundheitliche Belastungen sind nicht bekannt und auch nicht zu erwarten. Die Mineraleämmplatte ist zertifiziert durch natureplus und das Institut Bauen und Umwelt e.V.



### 11.3.7. Perlite

**Wärmeleitfähigkeit: 0,045 – 0,070 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 2 - 4$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): A1**

**Druckfestigkeit: gering (Schüttung)  
mittel (Platten)**



#### **Kurzbeschreibung**

Der Rohstoff ist vulkanisches Gestein und damit nahezu unbegrenzt vorhanden. Perlite gehören zur Gruppe der mineralischen Korndämmstoffe und werden als Schüttgut oder in Verbindung mit Bindemitteln auch als Platten angeboten. Perlite sind unverrottbar und beständig gegen Ungeziefer. Durch Zugabe von Kunstharzen oder einer Bitumenemulsion kann der Dämmstoff hydrophobiert werden und ist damit wasserabweisend. Der Dämmstoff ist nicht brennbar, außer wenn Kunstharze als Hydrophobierung zugesetzt werden. Kurzzeitig kann der Dämmstoff Temperaturen von 900 bis 1.000 Grad Celsius standhalten.

#### **Produktionsprozess**

Die Ausgangsstoffe für gemahlenes Rohperlit bilden Silizium- und Aluminiumoxid. Es expandiert durch kurzfristige Erhitzung bei circa 1.000 Grad Celsius auf das 10- bis 20-fache seines ursprünglichen Volumens und verdampft dadurch schlagartig die geringe Eigenfeuchte von 3 bis 6 Prozent. Das Produkt kann anschließend imprägniert oder bituminiert werden.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Die Schüttung wird in Hohlräume eingebracht. Dabei ist größter Wert auf dauerhafte Dichtigkeit der Hohlräume zu legen, da die Perlite aufgrund der geringen Korndurchmesser vor Durchrieselung geschützt werden müssen. Eine Verarbeitung durch Fachfirmen erscheint insbesondere bei der Kerndämmung erforderlich. Bei der Verarbeitung als Schüttung sollten vorsorglich Atemschutzmasken oder Absauggeräte gegen die Staubentwicklung eingesetzt werden.

## **Einsatzbereiche**

Einbringung der Schüttung in horizontale Hohlräume und Dächer, in Kerndämmung von zweischaligem Mauerwerk, als Estrich-Ausgleichsschüttung oder Leichtzuschlag für Mauerziegel, Betone und Mörtel. Die Dämmplatten eignen sich als Dämmung von Flachdächern und Deckenkonstruktionen

## **Baubiologische Stellungnahme**

Eine Wiederverwendung als Schüttung oder Zuschlagsstoff ist möglich, sonst die Deponierung zu mittleren Kosten. Durch die hohen Temperaturen bei der Herstellung ist der Produktionsprozess mit hohem Energieaufwand verbunden. Alle mineralischen Rohstoffe können eine gewisse radioaktive Belastung aufweisen. Diese ist abhängig vom Herkunftsort. In der Regel ist diese bei den oben genannten Dämmstoffen jedoch so gering, dass keine Gesundheitsgefährdung damit verbunden ist.

### 11.3.8. Schaumglas

**Wärmeleitfähigkeit: 0,040 – 0,067 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu$  = dampfdicht**

**Baustoffklasse (Brandschutz): A1**

**Druckfestigkeit: hoch**



#### **Kurzbeschreibung**

Schaumglas setzt sich hauptsächlich zusammen aus Quarzsand, Kali-Feldspat, Kalk, Soda und Eisenoxid. Diese auch zur Glasherstellung benötigten natürlichen Rohstoffe sind nahezu unbegrenzt verfügbar. Als Basis für die Herstellung kann auch Altglas verwendet werden. Schaumglas ist nicht brennbar. Werden beim Brand angrenzender Baustoffe Temperaturen von über 600 Grad Celsius erreicht, beginnt Schaumglas zu erweichen, der Schmelzpunkt liegt bei circa 1.000 Grad Celsius.

#### **Produktionsprozess**

Die Ausgangsstoffe werden zu Rohglas geschmolzen, anschließend wird das erkaltete Glaspulver zermahlen und unter Zugabe von Kohlenstoffen (circa 0,15 Gewichtsprozent) in Formen gebracht und auf circa 700 bis 1.100 Grad Celsius erhitzt. Durch die Oxidation des Kohlenstoffes bilden sich Glasblasen und der Schäumungsprozess wird in Gang gesetzt. Das Produkt wird anschließend in Platten geschnitten. Der überschüssige Kohlenstoff gibt dem Schaumglas seine dunkle Farbe.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Der Dämmstoff sollte ausschließlich von Fachfirmen verarbeitet werden. Beim Schneiden kann durch den freiwerdenden Schwefelwasserstoff eine vorübergehende Geruchsbelästigung entstehen. Schaumglas ist nahezu dampfdicht, aber nicht frost- und wasserbeständig und muss für solche Einsatzzwecke mit einer schützenden Beschichtung versehen werden.

#### **Einsatzbereiche**

Die stabilen und druckfesten Platten können gegen Erdreich (Kellerwände und Terrassen), auf Flachdächern sowie bei druckbelasteten Flächen (zum Beispiel Industriefußböden oder Parkdecks) verbaut werden. Aufgrund des hohen Materialpreises, wird sich die Anwendung

im Regelfall auf diese Einsatzzwecke beschränken. Abbruchmaterial kann im Straßenbau verwendet werden.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Der Energieaufwand ist aufgrund der hohen Temperaturen und des langen Erwärmungsprozesses sehr hoch. Es entstehen hohe Entsorgungskosten bei der Deponierung. Sonstige Umweltbelastungen in der Herstellung sind nicht bekannt. Die Verklebung der Platten mit Emulsionsklebern beziehungsweise Klebern auf Lösemittelbasis kann zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen bei den ausführenden Personen führen. Dieses Material ist ebenso wie Schaumglas-Schottersteine eine gute Alternative zu Polystyrolprodukten für den Einsatz bei Flachdachdämmungen und den Einsatz im Perimeterbereich (erdberührte Bauteile).

## 11.4. Konventionelle mineralische Dämmstoffe

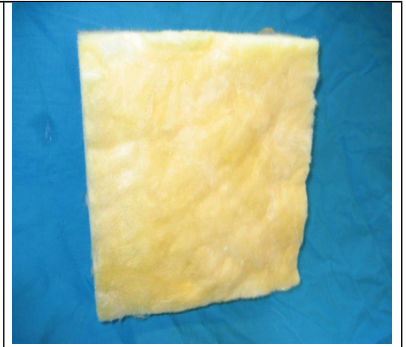
### 11.4.1. Mineralfaser (Glaswolle / Steinwolle)

**Wärmeleitfähigkeit: 0,032 – 0,040 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1 - 2$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): A1/A2/B1**

**Druckfestigkeit: gering bis mittel**



#### Kurzbeschreibung

Die Hauptvertreter der künstlichen Mineralfaserdämmstoffe (KMF) sind Glaswolle (GW) und Steinwolle (SW). Sie dominieren den bundesdeutschen Dämmstoffmarkt seit vielen Jahren mit einem Anteil von 55 bis 60 Prozent. Die Rohstoffvorräte sind nahezu unbegrenzt. Es entstehen hohe Entsorgungskosten bei der Deponierung.

#### Produktionsprozess

Glaswolle besteht im allgemeinen zu 60 Prozent aus Altglas sowie Quarzsand, Soda und Kalk. Steinwolle wird aus Kalkstein, Basalt, Dolomit oder Diabasgestein hergestellt. Als Bindemittel werden jeweils Phenol-Formaldehydharze eingesetzt (0,5 bis 9 Prozent bei GW beziehungsweise ein bis drei Prozent bei SW). Es werden je nach Herstellerfirma verschiedene Produktionsverfahren angewendet. Zuerst werden die Rohstoffe bei 1.200 bis 1.600 Grad Celsius eingeschmolzen. Aus der Schmelze erzeugt man durch Schleudern, Ziehen oder Blasen die Fasern gewünschter Länge und Stärke (2 bis 9 Mikrometer). Anschließend werden die Fasern unter Zugabe von Bindemitteln (meist Formaldehydharze) zu Platten und Vliesen weiterverarbeitet, der Faseranteil liegt bei mindestens 90 Prozent.

#### Hinweise zur Verarbeitung

Aufgrund der Lungengängigkeit der Kleinstfasern sowie der Reizung von Augen und Haut durch größere Fasern ist bei der Verarbeitung dringendst Schutzkleidung anzuraten (Brille, Handschuhe, geeigneter Atemschutz)

#### Einsatzbereiche

Mineralfasern sind nahezu universell einsetzbar zum Wärme-, Schall- und Brandschutz, im Innen- und Außenbereich (nicht Perimeterbereich), in Steildächern und Decken, als

Akkustikdämmung sowie im Heizungs- und Sanitärbereich. Für höhere Druckbelastungen ist der Dämmstoff jedoch ungeeignet. KMF sind beständig gegen Verrottung, Schädlinge und Pilzbefall. Von einer Anwendung im Einblasverfahren wird aufgrund der hohen Faserbelastung abgeraten.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Die Herstellung von Mineralwolle ist mit hohem Energieaufwand verbunden. Mineralwolle kann zur Wiederverwertung in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden. Die Verarbeitung ist für viele Handwerkerinnen und Handwerker unangenehm durch die Reizung von Haut und Schleimhäuten. Beim Ein- beziehungsweise Ausbau muss unter Umständen mit der Freisetzung einiger hunderttausend Fasern pro Kubikmeter Raumluft gerechnet werden. Das Einatmen der Fasern sowie der Eintrag in benachbarte Räume sollte vermieden und eine Feinreinigung (zum Beispiel Staubsauger mit Hepa-Filter) nach der Verarbeitung durchgeführt werden. Seit 2005 gilt die neue europäische Gefahrstoffverordnung. Sie enthält ein Herstellungs- und Verwendungsverbot von biopersistenten beziehungsweise kanzerogenen Fasern für Wärme- und Schalldämmungen im Hochbau. Dieses Verbot gilt auch für im Ausland hergestellte Erzeugnisse. Für die Einhaltung dieser Verordnung und damit für eine gute Biolöslichkeit (KI40, das heißt eine Halbwertszeit kleiner gleich 40 Tage) bürgt das Gütezeichen RAL-GZ 388 „Erzeugnisse aus Mineralwolle“. Diese Produkte decken nach Angaben der Gütegemeinschaft Mineralwolle inzwischen nahezu 100 Prozent des deutschen KMF-Marktes ab. Erfahrungen mit dieser KI40-Mineralwolle existieren allerdings erst seit einigen Jahren. Beim Ausbau älterer KMF-Dämmungen ist mit krebserregenden Faserstäuben in hoher Konzentration zu rechnen. Bei Temperaturen über 200 Grad Celsius beginnt in der Regel der Abbau der Phenolharzbindung. Im Brandfall ist deshalb mit Reizerscheinungen durch Formaldehyddämpfe zu rechnen. Geringe Rauchentwicklung.

## 11.5. Konventionelle organisch/synthetische Dämmstoffe

### 11.5.1. Polyesterfaser

**Wärmeleitfähigkeit: 0,035 - 0,045 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 1$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B1**

**Druckfestigkeit: gering**



#### **Kurzbeschreibung**

Polyester ist ein weitverbreitetes synthetisches Material in der Textilindustrie und findet seit einigen Jahren auch in der Dämmstoffindustrie Verwendung. Der Anteil am Dämmstoffmarkt ist allerdings noch sehr gering.

#### **Produktionsprozess**

Als Ausgangsprodukt dient in der Regel Mineralöl, möglich wären allerdings auch pflanzliche Öle. Polyesterfasern werden ohne chemische Zusätze zu 100 Prozent aus Ester-Makromolekülen sortenrein und ohne Zusatz von Brand- oder Insektenschutzmitteln hergestellt. Die Verfestigung zum voluminösen Dämmstoff erfolgt ausschließlich durch thermische Einwirkung. Der Energieaufwand ist vergleichsweise gering.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Der Einbau der Platten erfolgt mit Überbreite durch Einklemmen des Dämmstoffes zwischen den Sparren. Weitere Befestigungen sind aufgrund der Plattensteifigkeit und Formstabilität nur bei stehenden Bauteilen oder bei Überkopf-Einbau nötig. Der Zuschnitt der Platten kann durch handelsübliche Scheren, rundlaufende Messer oder Thermomesser erfolgen. Die Anwendungsgrenztemperatur liegt bei circa 100 Grad Celsius.

#### **Einsatzbereiche**

Polyesterfaser kann im Innenausbau als Zwischensparrendämmung, Hohlraumdämmung und Schalldämmung eingesetzt werden.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Nach bisherigem Kenntnisstand entstehen bei Herstellung und Verarbeitung keine mikrofeinen Fasern, die in die Atemwege gelangen können. Polyesterfasern sind reiß- und bruchfest, auch ohne Brandschutzmittel schwer entflammbar, verursachen keine Juckreiz- und Hautirritationen und sind in der Regel allergikerfreundlich. Ökologisch unvorteilhaft ist die derzeitige Herstellung auf der Basis von Mineralöl.



## 11.5.2. Polystyrol

**Wärmeleitfähigkeit: 0,030 - 0,040 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand  $\mu$ : EPS 20 – 100**

**Dampfdiffusionswiderstand  $\mu$ : XPS 80 – 300**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B1/B2**

**Druckfestigkeit: mittel**



### **Kurzbeschreibung**

Polystyrol ist ein vielseitig einsetzbarer Schaumkunststoff auf Erdölbasis (Ethylen und Benzol). Der Anteil am Dämmstoffmarkt in Deutschland betrug zuletzt knapp 30 Prozent.

### **Produktionsprozess**

Am Beginn der Prozesskette stehen die begrenzten Rohstoffe Erdöl, Erdgas und Steinkohle. Als Zwischenprodukt entsteht unter anderem Ethylbenzol auf dem Weg zu Styrol, durch Polymerisation Polystyrol.

Expandiertes Polystyrol – EPS:

Das EPS-Granulat wird mit dem Treibmittel Pentan bei Temperaturen von circa 100 Grad Celsius unter Zusatz von Wasserdampf aufgebläht. Aus diesen Schaumpartikeln werden durch eine zweite Heißdampfbehandlung Blöcke, Platten und Formteile hergestellt.

Extrudiertes Polystyrol – XPS:

Im sogenannten Extruder wird Polystyrol aufgeschmolzen und nach Zugabe eines Treibmittels (zum Beispiel Kohlendioxid) durch eine Schlitzdüse ausgetragen. Nach Durchlaufen einer Kühlzone wird der entstehende Strang mechanisch geformt.

### **Hinweise zur Verarbeitung**

Der Dämmstoff kann mechanisch leicht bearbeitet werden. Zum sachgerechten Verkleben sind von der Herstellerfirma empfohlene spezielle Kleber erforderlich. Als Wärmedämmverbundsystem ist meist eine zusätzliche Dübelung erforderlich – auf Herstellerangaben und Zulassung ist zu achten.

## **Einsatzbereiche**

EPS: Einsatz als Wärmedämmverbundsystem, Fassaden-, Dach-, Trittschall- und Wärmedämmung bei Geschossdecken unter schwimmenden Estrichen.

XPS: Einsatz als erdberührte Wärmedämmung sowie als Wärmedämmung druckbelasteter Flächen (zum Beispiel Industriefußböden, Flachdächer, Parkdecks).

## **Baubiologische Stellungnahme**

Styrol ist ein mutagenes und embryotoxisches Nervengift und steht im Verdacht krebserzeugend zu sein. Es wirkt bereits in kleinen Konzentrationen reizend auf Augen und Nase, kann durch die Haut aufgenommen werden und zu Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit mit Erbrechen und allgemeiner Schwäche führen. Beim Herstellungsprozess sind Gefahrstoffe mit erheblichem Risikopotential beteiligt, zum Beispiel Benzol und Ethylen, und es kommt zu Emissionen von Styrol (circa 15 Kilogramm pro Tonne EPS). Bei der Verbrennung besteht die Gefahr der Brandausbreitung durch herabtropfendes brennendes Material und die Entstehung giftiger Brandgase. Beim Heißdrahtschneiden auf der Baustelle wird Styrol freigesetzt. Polystyrol ist unverrottbar, versprödet jedoch unter UV-Bestrahlung und ist nicht beständig gegen Lösemittel und Benzin. Polystyrol beginnt sich bei 110 bis 210 Grad Celsius zu zersetzen. Etwa 200.000 Tonnen Polystyrol werden in Deutschland jährlich auf Baustellen in Verkehr gebracht. Sauberes Polystyrol kann wiederverwendet werden, die Sammel- und Rückführungslogistik aus Bau- und Abbruchabfällen ist jedoch teilweise mangelhaft, abhängig vom Baustellenmanagement. Der hohe Heizwert von PS macht eine thermische Verwertung effizient. Im Deponierungsfall verbleiben wegen der Flammschutzmittel (HBCD) und weiterer Zusätze problematische Rückstände, die zu einer Belastung der Deponieabwässer beitragen können. Weitere wichtige Informationen siehe Kapitel 7.1.1. REACH, Kapitel 7.2. Ökobilanzen, Kapitel 8.3. Prozesskette und Bewertung Polystyrol und Kapitel 9 Entsorgung der Dämmstoffe.

### 11.5.3. Polyurethan (PUR) / Polyisocyanurat (PIR)

**Wärmeleitfähigkeit: 0,023 – 0,030 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand:  $\mu = 30 - 200$**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B1/B2 B2**

**Druckfestigkeit: mittel**



#### **Kurzbeschreibung**

Polyurethan (PUR) und Polyisocyanurat (PIR) gehören zu der Gruppe der Schaumkunststoffe. Die Ausgangsmaterialien werden in der Regel aus Erdöl gewonnen, könnten aber auch aus pflanzlichen Rohstoffen hergestellt werden, zum Beispiel aus Kartoffeln, Mais oder Zuckerrüben. Die hohe Dämmwirkung wird durch den Einschluss von gasförmigen Treibmitteln wie zum Beispiel Pentan oder Kohlendioxid in den aufgeschäumten Zellen erreicht. PIR ist eine Weiterentwicklung des klassischen PUR-Hartschaums.

#### **Produktionsprozess**

Hauptbestandteile sind je circa 40 Prozent Polyole und Isocyanate, 10 bis 15 Prozent Treibmittel plus Flammschutzmittel und Füllstoffe. Die Ausgangsmaterialien werden je nach Verfahren homogen vermischt und durch hinzufügen des Treibmittels aufgeschäumt. Direkt nach dem Mischen setzt eine chemische Reaktion ein, während dessen das Treibmittel entweicht und das Produkt bis zum 30-fachen Volumen aufschäumt.

**PUR- / PIR-Hartschaum:** Die Dämmplatten werden im industriellen Doppelbandverfahren, Blöcke im Blockschaumverfahren hergestellt, in Form gebracht und auf Maß geschnitten.

**PUR- / PIR-Spritzschaum oder Montageschaum:** Die Ausgangsmaterialien werden auf der Baustelle unter Luft- oder Flüssigkeitsdruck aufgeschäumt.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

PUR / PIR gelten bei sachgerechter Verarbeitung als beständig, jedoch nicht als resistent gegen UV-Strahlung und Nagetiere. PUR- / PIR-Spritzschaum oder Montageschaum sollte ausschließlich von Fachfirmen verarbeitet werden, da bei unvollständiger Aushärtung längerfristig geruchsintensive Emissionen entstehen können.

## **Einsatzbereiche**

Steil- und Gefälledächer, druckbelastete Flächen (Industriefußböden, Flachdächer, Parkdecks, unter Estrichen), Sandwichelemente, hinterlüftete Fassadenkonstruktionen, Ausschäumen von Hohlräumen. Die Daueranwendungstemperatur sollte allgemein 90 Grad Celsius nicht überschreiten. Der Einbau als Zwischensparrendämmung ist problematisch, da das Schwinden beziehungsweise Drehen von Sparren (wie auch bei anderen starren Dämmplatten) nicht kompensiert werden kann und dadurch Wärmebrücken (Fugen) entstehen können.

## **Baubiologische Stellungnahme**

Bei der Herstellung von PUR und PIR und deren chemischer Rohstoffe sind Gefahrstoffe mit erheblichem Risikopotential beteiligt. Deshalb ist beim Umgang mit dem Ausgangsmaterial Isocyanate generell erhöhte Vorsicht geboten. Bestandteile der aufwendigen Prozesskette sind gesundheitlich und ökologisch bedenkliche Produkte, unter anderem zum Beispiel Benzol, Schwefelsäure, Salpetersäure (ergeben zusammen Nitrobenzol), Formaldehyd, Chlor und Phosgen. Durch den Einsatz der Blähmittel können toxische Isocyanate entweichen, zusätzlich können giftige Zwischen- und Endprodukte entstehen. Anmerkung: Der deutsche Industrieverband PU-Hartschaum e.V. schließt die Freisetzung toxischer Substanzen sowie deren Existenz im Endprodukt bei geregelten Produktionsprozessen in eigenen Anlagen aus. Allergikerinnen und Allergiker können bereits auf sehr geringe Konzentrationen reagieren. Durch thermischen Abbau des PUR / PIR bilden sich im Brandfall teilweise die Isocyanate zurück. Im Zusammenwirken mit Stickstoff aus dem PUR / PIR entsteht Blausäure, durch Einwirkung von Kohlenmonoxid und Flammschutzmittel weitere toxische Brandgase mit hohem Geruchs-Gefährdungspotential. Die Deponierung halogenhaltiger Verbrennungsrückstände kann zur Belastung des Bodens führen.

Weitere wichtige Informationen siehe Kapitel 7.1.1 REACH, Kapitel 7.2 Ökobilanzen, Kapitel 8.4 Prozesskette und Bewertung PUR/PIR und Kapitel 9 Entsorgung der Dämmstoffe.

#### **11.5.4. Resol-Hartschaum / Phenolharzschaum**

**Wärmeleitfähigkeit: 0,022 - 0,025 [W/(mK)]**

**Dampfdiffusionswiderstand  $\mu$ : 60 10-50**

**Baustoffklasse (Brandschutz): B2 B1/B2**

**Druckfestigkeit: mittel**



#### **Kurzbeschreibung**

Phenolharzschaum ist ein spröd-harter Schaumkunststoff mit sehr günstigen Wärmedämm-Eigenschaften, aufgrund der hohen Geschlossenheit der Zellen des Materials, welches das Ausgasen des hochdämmenden Treibmittels verhindert bzw. verhindern soll. Für werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe aus Phenolharz gilt die DIN EN 13166.

#### **Produktionsprozess**

Die Rohstoffe zur Herstellung dieses Schaumstoffs sind Phenolharz und Pentan als Treibmittel. Das Phenolharz wird mit dem Treibmittel und einem Härter gemischt und in kontinuierlichen Verfahren als Bandware geschäumt. Der zunächst viskose Schaum wird dabei zur Fixierung beidseitig mit Glasvliesen kaschiert. Nach dem Aushärten und Trocknen erfolgt die Profilierung der Kanten.

#### **Hinweise zur Verarbeitung**

Der Dämmstoff lässt sich aufgrund der hohen Rohdichte recht gut mit Sägen bearbeiten. Das Einpassen in Gefache ist wegen der Sprödigkeit des Materials aufwendig. Werden die Platten unter Heißbitumen verlegt, empfiehlt sich der Einbau einer Zwischenschicht aus Blähperlite-Platten. Direkter Kontakt von Phenolharzschaum mit Metall sollte vermieden werden. Im Kontakt mit Feuchtigkeit kann sich Sulfonsäure aus dem Phenol lösen, die zu Korrosionsschäden führen kann (weißer Rost).

#### **Einsatzbereiche**

Außendämmung (vor Bewitterung geschützt) unter Deckungen, Bekleidungen, Putz oder Abdichtungen, zweischalige Wände (Kerndämmung), Zwischensparrendämmung, oberste Geschosdecke, zweischaliges Dach, Innendämmung der Wand, unter Decke, unter Sparren oder Tragkonstruktionen, Dämmung unter Estrich.

## **Baubiologische Stellungnahme**

Die Recherchen der Verfasser haben hierzu relativ wenig Aussagekräftiges ergeben. Phenoplaste gehören seit über 100 Jahren zu den ersten Kunststoffen. Sie bestehen aus Phenolharz (Kunstharz), das man durch die Synthese von Phenolen als Hauptkomponente mit Aldehyden (zum Beispiel Formaldehyd) erhält.

Das „Ökologische Baustoff-Lexikon“ schreibt zu Phenol:

„Phenol wurde wegen seiner bakteriziden Wirkung früher als Desinfektionsmittel eingesetzt. Große Bedeutung hat Phenol heute als Ausgangsprodukt für Phenolharze, insbesondere Phenol-Formaldehyd-Harze. Phenol führt bei Inhalation zu Schleimhautreizungen und verursacht bei Hautkontakt Verätzungen. Bei chronischen Vergiftungen treten Leber- und Nierenschäden sowie Blutveränderungen auf. Phenol steht im Verdacht eine erbgutschädigende und krebserzeugende Wirkung zu haben. Zur relativen Toxizität ist der sogenannte NIK-Wert (Niedrigste Interessierende Konzentration) von Phenol von Bedeutung. Dieser ist mit 78 Mikrogramm pro Kubikmeter sehr niedrig. Je niedriger der NIK-Wert, umso höher die Toxizität eines Stoffes.“

## 11.6. Sonstige Dämmstoffe

### 11.6.1 Vakuumdämmung

**Wärmeleitfähigkeit: 0,005 – 0,008 [W/(mK)]**

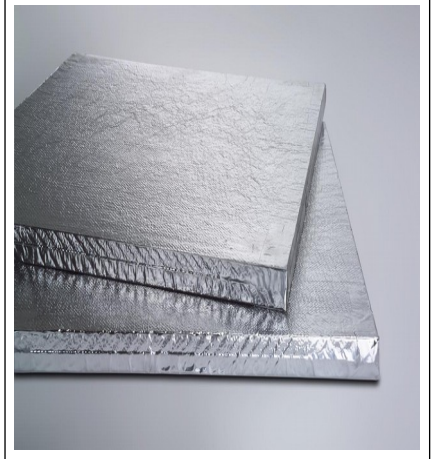
**Dampfdiffusionswiderstand:**

**$\mu = 5.000.000$  bis diffusionsdicht**

**Baustoffklasse (Brandschutz):**

**B3 (B2 nur mit spezieller Folie, Kernmaterial A1)**

**Druckfestigkeit: 45 – 120 kPa (bei 10% Stauchung)**



#### Kurzbeschreibung

Vakuumisolationspaneele (VIP) haben einen Stützkern aus offenzelligem Material, vorzugsweise mikroporöser Kieselsäure, und sind in der Regel mit einer metallisierten Hochbarrierefolie umhüllt. VIP sind teurer als konventionelle oder natürliche Dämmstoffe, und werden deshalb bislang häufig nur für spezielle Bereiche eingesetzt. Verschiedene Herstellerfirmen haben in den letzten Jahren eine „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung“, für ihre Produkte erhalten. Mit VIP lassen sich extrem niedrige Wärmeleitfähigkeiten erzielen, so dass bereits mit Platten von 2 bis 3 Zentimetern Stärke sehr gute Dämmwirkungen erreicht werden können – vorausgesetzt die Dämmplatte wird unbeschädigt eingebaut und die Dämmstoffhülle ist absolut dicht. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass das ursprüngliche Vakuum auf Dauer nicht vollständig aufrecht erhalten werden kann. Dadurch verschlechtert sich dann zwangsläufig die Wärmeleitfähigkeit. Nach Angaben der Herstellerfirmen sowie der schriftlichen Ausführungen in der „Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung“ muss jedoch auch bei vollständigem Versagen des Vakuums der nach DIN 4108-2 erforderliche Mindestwärmeschutz gewährleistet sein. Für die sogenannten belüfteten VIP-Elemente wird dann zum Beispiel ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von 0,020 W/mK in Ansatz gebracht.

#### Hinweise zur Verarbeitung

VIP können auf der Baustelle nicht mehr bearbeitet werden. Deshalb ist eine äußerst exakte Planung erforderlich, insbesondere bei Flächen mit vielen Fenstern, Türen und Vorsprüngen, um eine detailgenaue Verarbeitung nach Verlegeplan zu ermöglichen.

Eine Herstellerfirma hat im Frühjahr 2010 standardisierte Paneele mit unterschiedlichen Formaten auf den Markt gebracht. Damit kann die Vorlaufzeit deutlich verringert werden.

### **Einsatzbereiche**

VIP haben ihre Stärke überall dort, wo wenig Platz vorhanden und gleichzeitig eine hocheffiziente Wärmedämmung erwünscht ist. In der Sanierung zum Beispiel bei Terrassen und Balkonen, Kellerfußböden, eingeschnittenen Hauseingängen, Fensterlaibungen, Gaupenwänden, hinter vorgesetzten Rollladenkästen, stirnseitiger Dämmung von massiven Decken oder auch als platzsparende Innendämmung finden VIP vermehrt Anwendung. Tendenz stark steigend. In verdichteten Innenstädten mit sehr hohen Grundstückspreisen führt der Gewinn an Wohn- beziehungsweise Bürofläche aufgrund geringer Dämmstärken häufig zu einer schnellen Amortisation der gegenüber konventionellen und natürlichen Dämmstoffen höheren Materialpreise.

### **Baubiologische Stellungnahme**

Dampfdichte Wärmedämmungen sind in der Regel baubiologisch nicht erwünscht. Im Sanierungsfall mit begrenzten Räumen kann aufgrund der hohen Dämmwirkung bei geringen Dämmstärken der Einsatz dennoch sinnvoll und gegebenenfalls auch wirtschaftlich sein. Extrem genaue Planung nach Aufmaß und Verarbeitung exakt nach Verlegeplan sind erforderlich, um das gewünschte Ergebnis auch in der Praxis zu erzielen.



## 12. Fazit

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) stellt hohe Anforderungen an die Wärmedämmung von Neubauten und die Dämmstandards bei Sanierungen. Der Energieverbrauch steht im Mittelpunkt der EnEV, die Themen Bauökologie, Nachhaltigkeit und Bauphysik spielen dagegen eine untergeordnete Rolle.

Dieser Leitfaden will die Bauökologie, die Nachhaltigkeit und die Bauphysik von Gebäuden stärker in den Fokus der am Bau beteiligten Personen rücken. Naturfaserdämmstoffe können und sollten künftig eine gewichtigere Rolle bei der Dämmung von Gebäuden spielen. Naturfaserdämmstoffe verfügen über günstige bauphysikalische Eigenschaften, unterstützen durch ihre regionale Verfügbarkeit regionale Wirtschaftskreisläufe, benötigen meist nur kurze Transportwege und sind auf Basis nachwachsender Rohstoffe nachhaltig sowie langfristig und „preiswert“ verfügbar.

Aufgrund vielfältiger Einsatzmöglichkeiten ökologischer Baumaterialien ist es grundsätzlich möglich, unter Beachtung bestehender Gesetze, Normen und Richtlinien auch moderne Energiesparhäuser oder energieeffiziente Gebäudesanierungen in konsequent ökologischer Bauweise durchzuführen. Dem Wunsch vieler Bauherrinnen und Bauherren nach gesunden Wohn- und Arbeitsräumen in ressourcenschonender und umweltgerechter Bauweise kann dadurch entsprochen werden. Eine Raumluftbelastung kann jedoch auch durch Naturbaustoffe entstehen – zum Beispiel durch natürliche Öle, Farben und Lacke. Grundsätzlich sollten die einzelnen Produkte genau betrachtet werden, sowohl die Inhaltsstoffe als auch der Herstellungsprozess. Die in den jeweiligen Kapiteln dieses Leitfadens beschriebenen Details zu Ökologie, Nachhaltigkeit und Gesundheitsschutz geben umweltbewussten Baufamilien und Baufachleuten bei der Produktauswahl eine wichtige Hilfestellung.

## **13. Impressum**

### **Verantwortlich für Gesamtkonzeption und Umsetzung:**

**Herbert Danner**

Hermann-Schaller-Str. 11

81825 München

Telefon: (089) 42721536

E-Mail: [baubiologie.danner@gmx.de](mailto:baubiologie.danner@gmx.de)

### **Redaktionelle und teilweise auch inhaltliche Überarbeitung der 3. Auflage:**

**Teresa Sauczek**

### **Haftungsausschluss / Urheberrecht**

Dieser Hinweis bezieht sich auf alle Texte, Dokumente und Grafiken, die in dieser Unterlage zur Verfügung stehen. Alle Informationen wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Eine Haftung für die Aktualität, Rechtsverbindlichkeit, Vollständigkeit oder Qualität kann nicht übernommen werden. Es gilt die jeweils gültige Fassung der gesetzlichen Grundlagen und beschriebenen Vorgänge sowie Dokumente. Mit dieser Unterlage erfolgt keine Rechtsberatung, sondern nur eine unverbindliche Darstellung des Themas Wärmedämmstoffe ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Rechtsberatungen können und müssen im Einzelfall durch die dafür vom Gesetzgeber vorgesehenen Beraterinnen und Berater erfolgen.

Die Verfasser behalten sich alle urheberrechtlichen Rechte vor. Die Texte, Dokumente und Grafiken dürfen ohne ausdrückliche schriftliche Zustimmung in keiner Form weitergegeben oder vervielfältigt werden. Sollten Hinweise auf Internetseiten oder auf durch Dritte geschützte Marken oder Urheberrechte betroffen sein, unterliegen diese uneingeschränkt den Bestimmungen des jeweils gültigen Kennzeichnungsrechtes und Besitzrechtes der jeweiligen eingetragenen oder betroffenen Eigentümer. Der Autor dieses Handbuchs übernimmt keinerlei Haftung für deren Dokumente, Grafiken, Multimedia Daten oder Software.

## 14. Verwendete Literatur und Bildnachweise

### 14.1. Literatur-Quellen

#### **Kompass Gütesiegel 2010**

ÖKO-TEST Verlag GmbH

Holger König und Frank Buhse Wolfgang Mandl

#### **Baukosten-Atlas 2010 2015**

SIRADOS Baudaten

#### **ÖKO-TEST HANDBUCH Bauen 2013**

ÖKO-TEST Verlag GmbH

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit;  
Bayerische Architektenkammer

#### **WECOBIS – öffentliches Baustoffinformationssystem**

Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft

#### **GISBAU – Gefahrstoff-Informationssystem, 2010/2000**

#### **Bayerische Bauordnung (BayBO)**

C.H. Beck Verlag

Josef Spritzendorfer

#### **Nachhaltiges Bauen mit „wohngesunden“ Baustoffen, 2007**

C.F. Müller

Margit Pfundstein und andere Autoren

#### **Dämmstoffe, 2007**

Edition Detail

GDI – Gesamtverband Dämmstoffindustrie,

#### **Dämmstoffe im Überblick, 2007/2004 2004-2014**

Zwiener/Mötzl

#### **Ökologisches Baustoff-Lexikon, 2006**

C.F. Müller

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, FNR

#### **Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, 2006 und 2016**

Fraunhofer IRB Verlag

#### **BAUthema Naturdämmstoffe 2006**

ÖKO-TEST

#### **Bauen & Wohnen, Artikel Wärmedämmverbundsysteme, Juli 2006**

ÖKO-TEST Verlag GmbH

Internationaler Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen, natureplus e. V.  
**nature news, 2004 - 2006**

Test  
**Haushalt + Garten, Artikel Wärmedämmstoffe, Oktober 2005**  
Stiftung Warentest

Deutsches IngenieurBlatt  
**DIB Spezial, Dezember 2004**

Katalyse Institut für angewandte Umweltforschung  
**Umweltverträglichkeit von Gebäudedämmstoffen, 2003**  
Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Landwirtschaft des Landes Schleswig-Holstein

Eckhard Reyer, Kai Schild und Stefan Völkner  
**Kompendium der Wärmedämmstoffe, 2002**  
Fraunhofer IRB Verlag

CMA Centrale Marketing-Gesellschaft Agrar / C.A.R.M.E.N. / FNR Fachagentur  
Nachwachsende Rohstoffe  
**Dämmstoffe aus der heimischen Natur, 2002**

Benz-Scharf-Weber  
**Nachwachsende Rohstoffe, 2001**  
C.A.R.M.E.N. Centrale Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk

Wichmann-Schlipköter-Fülgraff  
**Handbuch der Umweltmedizin, 2001**  
ecomед Verlag

Informationsdienst Holz  
**Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, 1999**  
Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH)

Christian Sörensen  
**Wärmedämmstoffe im Vergleich, 1997**  
Umweltinstitut München

SIA, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein  
**Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten, SIA Zürich, 1995**  
SIA Zürich

Umweltbundesamt  
**hintergrund // märz 2016: Wärmedämmung - Fragen und Antworten**

Umweltbundesamt  
**hintergrund // juli 2016: Hexabromcyclododecan (HBCD) - Antworten auf häufig gestellte Fragen**

Dr. Manfred Mierau, Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN, Rosenheim  
**Ausbildungsunterlagen zum baubiologischen Messtechniker**

## 14.2. Bildnachweise

Gesamtverband Dämmstoffindustrie, GDI:  
Tabellen „GDI Baumarktstatistik“, „Harmonisierte Produktnormen“

Steico SE  
Bilder „Professionelle Schneidetechnik“

Fraunhofer Institut für Bauphysik:  
Bild: Sommerlicher Wärmeschutz/Sorptionsfähigkeit

Informationsdienst Holz:  
Beipackzettel CE-Zeichen, Ü-Zeichen

Lutz Weidner, Bauthermografie & Luftdichtheitsprüfung  
Bild „Thermografie“

Kino:  
Grafik „Blower Door Test“

GUTEX Holzfaserplattenwerk H. Henselmann GmbH & CO. KG  
Bilder „Produktion Holzfaser im Nass- und Trockenverfahren“

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.  
Bilder: „Getreide“, „Holzspäne“, „Stroh“

Hiss Reet eK  
Bild „Schilfrohr“

Porextherm Dämmstoffe GmbH  
Bild „Vakuumdämmung“

Neptu GmbH  
Bild „Seegras“

PROCERAM GmbH & Co. KG  
Bild „Dämmputz“

Schlagmann Poroton GmbH & Co. KG  
Bild „Dämmziegel“

THERMO NATUR GmbH & Co. KG  
Bild „Jute“

Alle anderen Bilder und Tabellen:  
Autor Herbert Danner