

Leitfaden für nachhaltiges Bauen und Renovieren



Erstellt vom:

Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement (CRTE)

Version 2.01 (2009)

Teil I

Vorwort des Umweltministers



Immer mehr Architekten und Bauherren berücksichtigen beim Bauen stärker ökologische Aspekte und möchten Baustoffe verwenden die als möglichst umweltverträglich eingestuft werden können. Auch die Aspekte der effizienten Energienutzung und Nutzung erneuerbarer Energien gewinnen auf Grund immer knapper werdender Ressourcen und der Verstärkung globaler Klimaveränderungen immer mehr an Bedeutung. Rasches und wirksames Handeln ist angesagt.

Nachhaltiges Bauen, welches ökologische, ökonomische und soziale Aspekte berücksichtigt, soll den gegenwärtigen Bedürfnissen der Gebäudenutzer optimal gerecht werden und dabei künftigen Generationen eine flexible Weiternutzung

ermöglichen und keine Entsorgungsprobleme hinterlassen. Dabei soll das Gebäude mit Hinblick auf die Schließung der Stoffkreisläufe betrachtet werden. Hier muss vor allem auf den ressourcenschonenden Betrieb geachtet, aber auch die Entsorgung eines nicht mehr benötigten Bauwerkes bedacht werden.

Umweltfreundliches Bauen ist keine Erfindung des ausgehenden 20. Jahrhunderts, denn seit der Mensch baut, errichtet er seine Gebäude in einer Form, die die maximale Ausnutzung der solaren Energie und die effiziente Nutzung der verwendeten Baumaterialien gewährleistet.

In den letzten beiden Jahrhunderten haben jedoch Fortschritt und Industrie zu tiefgreifenden Veränderungen geführt. Neue Technologien haben unter anderem einen explosionsartigen Anstieg des Energieverbrauchs verursacht, denn im Glauben an die unerschöpflichen neuen Energiequellen war der Mensch nicht mehr gezwungen seine baulichen Strukturen der Umwelt anzupassen.

Begriffe wie Nachhaltigkeit, Umweltfreundlichkeit und Energieeffizienz sind heutzutage jedoch keine hohlen Floskeln mehr. Es hat sich längst herumgesprochen, dass Architektur, welche den Kriterien des nachhaltigen Bauens und hoher Energieeffizienz entspricht, sich nicht auf Errichten unansehnlicher Einfamilienhäuser beschränken muss. Die Praxis hat gezeigt dass architektonische Qualität und die Berücksichtigung ökologischer Zusammenhänge keinesfalls als unvereinbare Gegensätze zu betrachten sind.

Der überarbeitete Leitfaden gibt einerseits einen guten Überblick über die Umweltauswirkungen von Baumaterialien und andererseits Anregungen um die notwendige Energieeffizienz zu gewährleisten.

Lucien LUX
Umweltminister

Vorwort des Ministers für öffentliche Bauten



Die "Administration des Bâtiments Publics" ist für den Bau und die Renovierung der öffentlichen Gebäude wie Ministerien, Verwaltungen, Schulen in ganz Luxemburg zuständig. Das Bauvolumen pro Jahr ist groß und die aufzuwendenden finanziellen Mittel sind beträchtlich.

Dieser Leitfaden für Planer und Bauherren soll helfen die Grundsätze der Nachhaltigkeit bereits zu Beginn der Bautätigkeit zu berücksichtigen und somit die Umweltauswirkungen aller Lebensphasen, von Planung, Ausführung, Nutzung und Rückbau eines Gebäudes zu reduzieren.

Spätestens seit der Energiekrise der siebziger Jahre wurde die Notwendigkeit erkannt, alle

Möglichkeiten auszunutzen, um eine energieeffiziente Bauweise zu verwirklichen. Die damaligen Grundsätze wurden von den Planern erkannt und angewendet.

Um mögliche negative Umwelteinflüsse von Bauvorhaben zu reduzieren, wurde im Jahr 1999 ein erster "Ökologischer Leitfaden für den Bau und die Renovierung von öffentlichen Gebäuden" von einer Arbeitsgruppe, bestehend aus der "Administration des Bâtiments Publics", dem "Ordre des Architectes et Ingénieurs-conseils" und der Stiftung Oeko-Fonds, ausgearbeitet. Für den Vertrieb des Leitfadens war das "Centre de Ressources des Technologies de l'Information pour le Bâtiment" CRTI-B verantwortlich. Dieser Leitfaden wird bis heute bei Planern und Bauunternehmen angewendet und hat dazu beigetragen den Umweltgedanken in der Baubranche zu festigen.

Schon in der ersten Auflage des „Ökoleitfadens“ wurde eine regelmäßige Überarbeitung der Texte angekündigt. Dies wurde umso notwendiger da heute der Gedanke der Nachhaltigkeit stärker hervorgehoben werden muss.

Für die zweite Auflage sind nun das "Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement" (CRTE), welches auch die redaktionelle Arbeit durchführte, sowie das CRTI-B, und die "Groupement des Fabricants de Matériaux de Construction" verantwortlich.

Um den Gedanken der Nachhaltigkeit auch nach außen deutlich zu manifestieren, wurde der Ratgeber in "Leitfaden für nachhaltiges Bauen und Renovieren" umbenannt. Außerdem wird das Dokument nicht mehr in Papierform veröffentlicht, sondern steht nun den Benutzern gratis via Internet zur Verfügung. Dadurch ist es möglich, schneller und dem heutigen Stand der Technik entsprechend, die gesuchten Begriffe oder Themen zu finden.

Der erste Teil des Leitfadens behandelt die Integration grundlegender Energie- und Umweltaspekte in die Bauphasen. In einem weiteren Teil werden gängige Bauelemente wie z.B. Wandkonstruktionen oder Dämmstoffe beschrieben und wichtige Ratschläge werden in Form von Checklisten angeführt. Zusätzlich werden Materialien hinsichtlich

ihrer Umweltauswirkungen (z.B. Treibhauseffekt oder Recyclingfähigkeit) sowie ihrer technischen Eigenschaften in einer Tabelle miteinander verglichen.

Der vorliegende Leitfaden ist kein statisches Gebilde mehr. Angesichts der schnellen Entwicklung neuartiger Produkte, sowie verschiedenartiger neuer Erkenntnisse und praktischen Erfahrungen, wird dieser Bauratgeber nun periodisch überarbeitet und elektronisch angepasst.

Claude WISELER
Minister für öffentliche Bauten

Vorwort des Gesundheitsministers



Der Weltgesundheitsorganisation WHO zufolge stehen Belastungen der Luft an zehnter Stelle der Liste der vermeidbaren umweltbedingten Krankheiten: dazu zählt neben Außenluftbelastungen ebenfalls die zunehmende Belastung der Innenraumlufte durch chemische Emissionen oder physikalische Belastungen aus Möbeln aber auch aus Baumaterialien und Baustoffen.

Erstmals stand die Qualität der Innenraumlufte Anfang der siebziger Jahre im Zusammenhang mit der Erdölkrise im Blickpunkt, als vorrangig auf Energiesparmaßnahmen, wie beispielsweise Wärmedämmungen der Gebäude gesetzt wurde. Das Ergebnis war eine Verringerung des natürlichen Luftaustausches sowie eine daraus resultierende Anreicherung von Schadstoffen in der Raumlufte.

Die rezenten Energiesparverordnungen auf europäischer (Dezember 2002) sowie auf nationaler Ebene (November 2007) bieten uns die Möglichkeit, die Lehren aus den siebziger Jahren zu ziehen und Umwelt mit Gesundheit, ökologische Aspekte wie Energieeffizienz und Nachhaltigkeit mit baubiologischen Aspekten wie Schadstoffvermeidung, Elektromogverminderung und Förderung des Raumklimas zu vereinbaren.

Die Belastungen aus der Vergangenheit, allen voran durch Formaldehyd, Asbest oder Pentachlorphenol, deren langwierigen Folgen und teilweise kostspieligen Entsorgungen und Sanierungen zum größten Teil in die Gegenwart hineinreichen, zeigen die unabsehbaren und kaum abschätzbaren Impakte einer unbesonnenen Handlungsweise.

Neben den Bewohnern oder Gebäudenutzern sind bereits während der Bauphase die Handwerker und Arbeiter exponiert.

Allein acht in dem Wohnungs- und Gebäudebau zum Einsatz kommende chemische Substanzen oder Substanzgruppen (Pestizide, Benzol, VOC, halogenierte Kohlenwasserstoffe, Styrol, organo-phosphorierte Substanzen, Isocyanate, Asbest) werden laut luxemburgischer Gesetzgebung mit Berufskrankheiten in Verbindung gebracht (Großherzogliches Reglement vom 2 Oktober 1992, Stand 1998), zwei in der Baubranche vorkommende Substanzen (Naphthalin, Pyrethrum) sind am Arbeitsplatz verboten (Gesetz vom 17 Juli 1994), drei weitere (PAK, Benzol, PVC) bei der Produktion streng reglementiert (großherzogliches Reglement vom 30 Juli 2002).

Laut Internationaler Agentur für Krebsforschung IARC (International Agency for Research on Cancer) sind allein 10 in Wohnungen eingesetzte Substanzen oder Substanzgruppen als krebserregend, 11 als wahrscheinlich krebserregend und 30 weitere als möglicherweise krebserregend eingestuft.

Durch die langjährige Arbeit der umweltmedizinischen und der arbeitsmedizinischen Abteilungen verfügt das Gesundheitsministerium über große Erfahrung im Bereich der Innenraumbelastungen in Wohnräumen beziehungsweise in Bürogebäuden in Bezug auf Schadstoffbelastungen durch Baumaterialien und Baustoffe.

Demnach ist es nur logisch, diese gewonnenen Erfahrungen im Bereich der Baubiologie im Sinne einer gesundheitlichen Fürsorge oder Prävention auch in den Leitfaden einfließen zu lassen.

Letztendlich bedeutet heutzutage das Bauen oder Renovieren ein hohes individuelles sowie ein langes finanzielles Engagement, wobei die Kombination von Ökologie und Baubiologie zumindest dazu beitragen kann, dass sich der Gebäudenutzer einerseits in seinen eigenen vier Wänden wohlfühlt und andererseits weitere beträchtliche Kosten im Hinblick auf Sanierungen vermieden werden.

In diesem Sinne sollte dieser Leitfaden einen Wegweiser zu einem nachhaltigen Umgang mit Umwelt und Gesundheit darstellen.

Mars DI BARTOLOMEO
Gesundheitsminister

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Umweltministers

Vorwort des Ministers für öffentliche Bauten

Vorwort des Gesundheitsministers

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

I. Anleitung zur Nutzung des Leitfadens

II. Leitfaden zur Planung und Ausführung

A Grundlagen zu Energie- und Umweltkonzepten

A.1 Allgemeine Grundlagen

A.2 Gebäudekonzepte

A.2.1 Energiekonzept

A.2.2 Sanitärkonzept

A.2.3 Entsorgungskonzept

A.2.4 Baustellenmanagement

A.2.5 Außenanlagen

A.3 Baubiologisches Konzept (Gesundheitsaspekte)

B Bauelemente

B.1 Baustruktur

B.1.1 Fundament

B.1.2 Wandkonstruktion

B.1.3 Skelettkonstruktion

B.1.4 Deckenkonstruktion

B.1.5 Dacheindeckung

B.1.6 Abdichtungsbahnen

B.1.7 Fenster

B.2 Ausbau

B.2.1 Rohrleitungen

B.2.2 Dämmstoffe

B.2.3 Putz

B.2.4 Estrich

B.2.5 Farben und Lacke

B.2.6 Holzschutzmittel

B.2.7 Bodenbeläge

B.2.8 Klebstoffe

Glossar

Bibliographie

Abkürzungsverzeichnis

1K	1-Komponent
2K	2-Komponenten
BAT	Biologische Arbeitsstofftoleranz
CPL	Continuous Pressure Laminate
CPD	Construction Products Directive
CRTE	Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement
CV	Cushioned Vinyl
DEHP	Di(2-ethylhexyl)phthalat
DPL	Direct Pressure Laminate
EPS	Expanded Polystyrene
evtl.	eventuell
ggf.	gegebenenfalls
GK	Gefährdungsklasse
HCl	Salzsäure
HCN	Cyanwasserstoff
HPL	High Pressure Laminate
HSM	Holzschutzmittel
IARC	International Agency for Research on Cancer
k. A.	keine Angaben
LCA	Life Cycle Assessment
MAK	Maximale Arbeitskonzentrationen
MJ	Megajoule
MVA	Müllverbrennungsanlage
NEH	Niedrigenergiehaus
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenstoffe
PCP	Pentachlorphenol
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
REACH	Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals

SBR-Kautschuk	Styrol-Butadien-Kautschuk
TCEP	Tris(2-chlorethyl)phosphat (Flammschutzmittel)
TVOC	Total Volatile Organic Compounds
VOC	Volatile Organic Compounds
WHO	World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)
WLG	Wärmeleitgruppen
WSVO	Wärmeschutzverordnung
z.B.	zum Beispiel
ZNS	Zentralnervensystem

I. Anleitung zur Nutzung des Leitfadens

Dieser Leitfaden richtet sich in erster Linie an Planer und Bauherren und soll helfen ganzheitlichen Grundsätzen der Nachhaltigkeit bereits zu Beginn der Bautätigkeit einen festen Platz zu geben.

Dieser Leitfaden kann nicht davon befreien, unter Berücksichtigung spezifischer Rahmenbedingungen und eigenverantwortlich selber Entscheidungen zu fällen. Unbesehen anwendbare Handlungsanweisungen sind nicht vorhanden, vielmehr sollen alle Beteiligten für das Thema sensibilisiert werden und das Dokument als praktische Hilfe dienen.

Es wird davon ausgegangen, dass bei der Herstellung der Materialien baurechtliche und emissionsrechtliche Auflagen, sowie Normen eingehalten werden.

Betrachtet werden an erster Stelle Umweltauswirkungen, aber es werden auch die Belastungen für die Gesundheit während der Bauphase und der Nutzung des Gebäudes berücksichtigt.¹

Der Teil A dieser Arbeit beschäftigt sich mit grundlegenden Energie- und Umweltaspekten des Bauens und wie man in diesem Bereich ansetzen kann, die Thematik des Umweltschutzes in den Arbeitsablauf zu integrieren.

Im Teil B werden für die Baustruktur wichtige Bauabschnitte behandelt. Diese Kapitel beginnen jeweils mit kurzen Erläuterungen zu den Bauabschnitten. Daran schließt sich eine Checkliste und eine Linksammlung an. Anschließend werden, wenn vorhanden, vergleichbare Materialien in einer Bilanz tabellenartig gegenübergestellt. Diese Bilanz betrachtet Kategorien über den gesamten Lebensweg (Herstellung, Einbau, Nutzung und Rückbau).

In den folgenden Materialinformationen werden alle behandelten Materialien aufgeführt. In den in Kapitel B aufgeführten Tabellen gelangt man über anklicken der Materialien zu dieser zusätzlichen detaillierteren Information. Nachfolgend in der Tabelle werden die betrachteten Kategorien, über den Lebensweg, der Materialien definiert. Die Kategorien sind für die gesamten Materialien gleich aufgebaut.

Das Dokument und die informatische Aufbereitung erlauben einerseits eine vereinfachte Aktualisierung und andererseits eine „Verschachtelung“, bzw. „Verlinkung“ des gesamten Dokuments. Das bedeutet, dass jeweils die dahinterliegenden Informationen mit einem Mausklick zu erreichen sind. Zudem kann bei der Online-Version direkt auf Websites zugegriffen werden, für deren Inhalt die Autoren dieses Dokuments jedoch nicht verantwortlich sind.

Im Anhang des Dokuments befindet sich eine Handlungsanweisung für die Abfallvermeidung bei Organisation und Durchführung der Bauarbeiten, deren Autor die SuperDrecksKëscht ist. Aus dem Dokument sind jeweils die dazugehörigen Kapitel per Mausklick einzusehen.

Zudem ist ein Glossar mit Erklärungen zu verschiedenen Stoffen angehängt. Diese Informationen sind bei Interesse ebenfalls per Mausklick zu erreichen.

¹ Hierfür wurde die Version 1.1 des Leitfadens in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsministerium (Autor: Ralph Baden) ergänzt. Dieser überarbeitete Leitfaden steht nun als Version 2.0 zur Verfügung.

Herstellungsphase:

Inhaltsstoffe	Es werden die Inhaltsstoffe der Materialien in der Reihenfolge ihres Anteils (der erstgenannte hat den größten Anteil) aufgeführt und mit, wenn bekannt, einer prozentualen Angabe versehen.
Energieaufwand	Für den Energieaufwand wird die gesamte Energie berücksichtigt, die direkt oder indirekt zur Herstellung eines Materials oder eines Elements benötigt wird - ausgedrückt in MJ und bezogen auf eine bestimmte Einheit (kg, m ² , m ³). Miteinbezogen sind also der direkte Energiebedarf der Herstellungsprozesse, aber auch die so genannte „graue Energie“, welche die Energiemenge bezeichnet, die zur Her- oder Bereitstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung indirekt aufgewendet wird und oft für den Konsumenten nicht erkennbar ist. Die Erstellung der Werte erfolgte nach der „Cumulative Energy Demand“ (CED) Methode. Diese Methode berücksichtigt auch den Energieinhalt der Materialien. [20] Der Energieaufwand wird unterteilt in erneuerbar und nichterneuerbar, zur Bewertung wird nur der nichterneuerbare Anteil zu Grunde gelegt. In den tabellarischen Materialvergleichen werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.
Treibhauspotenzial	<p>Der Treibhauseffekt ist der Ausdruck für die Erwärmung der Erdoberfläche aufgrund anthropogener Gase. Der Effekt entsteht dadurch, dass sichtbares und ultraviolettes Sonnenlicht durch die Atmosphäre durchgelassen wird (also die Erde erreichen und erwärmen), die Erde langwellige Strahlung (Infrarotlicht) zurücksendet, diese Rückstrahlung aber teilweise von Treibhausgasen absorbiert wird. Die Energie der Wärmestrahlung wird somit nahe der Oberflächen der Erde und der Ozeane gehalten. Diese Treibhausgase sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kohlendioxid CO₂ • Kohlenmonoxid CO • Methan CH₄ • Lachgas N₂O • Flüchtige organische Substanzen VOC • Fluorchlorkohlenwasserstoffe FCKW <p>Sie sind für den Treibhauseffekt (Global Warming Potential) verantwortlich und werden in der Kategorie Treibhauspotenzial anhand ihrer Wirksamkeit in CO₂-Äquivalente pro spezifische Einheit (oder mehrere z.B. kg, m² und m³) umgerechnet und verglichen. Das Treibhauspotenzial ist aufgrund der Wirkungscharakteristik der Spurengase und deren unterschiedlicher atmosphärischer Verweildauer ein zeitliches Integral über einen bestimmten Zeitraum. Der Zeitraum des hier betrachteten Umwelteffekts beträgt 100 Jahre. [32] In den tabellarischen Materialvergleichen werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto</p>

	<p>vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen. Die biogene Kohlendioxidaufnahme (z.B. bei Holz) wird aufgrund der gleichen Berechnungsmethode wie bei fossilen Emissionen mit eingerechnet. Dies kann dazu führen, dass negative Werte (Gutschriften) auftreten. Die Bewertung erfolgte nach der „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC 2001) Methode. [20]</p>
Versauerung	<p>Durch die Emission versauernd wirkender Substanzen wird der pH-Wert in Böden und Gewässern gesenkt, zudem kann eine Mobilisierung von Schwermetallen stattfinden. Das Versauerungspotenzial (Acidification Potential) ist das Ergebnis der Aggregation von versauernd wirkenden Luftschadstoffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Salzsäure HCl • Fluorwasserstoff HF • Ammoniak NH₃ • Stickoxide NO_x • Schwefeloxide SO_x. <p>Diese werden ausgedrückt in massebezogenen SO₂-Äquivalenten pro spezifische Einheit (oder mehr z.B. kg und m³). [32] In den tabellarischen Materialvergleichen werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen. Die Bewertung erfolgte nach der „Center of Environmental Science of Leiden University“ (CML 2001) Methode. [20]</p>
Photosmog	<p>In der Troposphäre bildet sich unter starker Sonneneinstrahlung, bei gleichzeitigem Vorkommen von Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen, Ozon. Der durch das Ozon erzeugte Effekt ist auch bekannt unter dem Namen Sommersmog. Das massebezogene Äquivalent der Bildung von bodennahem (troposphärischen) Ozon durch Vorläufersubstanzen, wird als Ozonbildungspotenzial (Photochemical Ozone Creation Potential) in Äthylen-Äquivalenten pro spezifische Einheit angegeben (oder mehr z.B. kg und m³). In die Berechnungen fließen folgende Substanzen ein:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stickoxide NO_x • Flüchtige organische Substanzen VOC • Kohlenmonoxid CO. [32] <p>In den tabellarischen Materialvergleichen werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen. Die Bewertung erfolgte nach der „Center of Environmental Science of Leiden University“ (CML 2001) Methode. [20]</p>
Herstellungsort	<p>Da der Transport einen großen Einfluss auf die Umwelt hat, wird hier eine Unterscheidung in Großregion (Luxemburg und die angrenzenden Regionen), Europa und die Welt gemacht (siehe Transportemissionen, S.A.1-2).</p>

Materialspezifische Hinweise	Es werden zusätzliche Informationen zu den einzelnen Materialien gegeben, die entweder in keiner der vorangegangenen Kategorien betrachtet werden oder die von besonderer Bedeutung sind.
------------------------------	---

Einbau:

Kerngrößen	An dieser Stelle werden bauteilspezifische vergleichbare Größen aufgezeigt, z. B. Dichte oder Wärmeleitfähigkeit.
Baustoffklasse	In den Baustoffklassen nach DIN werden Baustoffe in nicht brennbare (A) und brennbare (B) Baustoffe unterteilt. Brennbare werden dann in schwer entflammbar (B1), über normal entflammbar (B2), bis hin zu leicht entflammbar (B3) Bauteile klassifiziert.
Material-spezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Es werden zusätzliche Informationen zu den einzelnen Materialien gegeben, die entweder in keiner der vorangegangenen Kategorien betrachtet werden oder die von besonderer Bedeutung sind. Die vorübergehend auftretenden möglichen Schadstoffbelastungen während der Verarbeitung der Baustoffe und –materialien betreffen in erster Linie die ausführenden Handwerker und Bauarbeiter. Arbeitsschutzmaßnahmen werden erwähnt sofern vorhanden.

Nutzung:

Anwendungsbereich	An dieser Stelle wird der Anwendungsbereich des Baustoffs spezifiziert.
Mittlere Nutzungsdauer	In dieser Kategorie wird die mittlere zu erwartende Lebens- bzw. Nutzungsdauer angegeben.
Instandhaltung	An dieser Stelle wird angegeben ob regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen.
Material-spezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Es werden zusätzliche Informationen zu den einzelnen Materialien gegeben, die entweder in keiner der vorangegangenen Kategorien betrachtet werden oder die von besonderer Bedeutung sind. Auch nach dem Einbau der Baumaterialien können diese kurz-, mittel- oder langfristig chemische Schadstoffe an die Raumluft abgeben oder zu physikalischen Belastungen der Bewohner beitragen (Fasern, Radioaktivität, Radongas). Wenn diese Belastungen über Jahre oder Jahrzehnte andauern, kann es zu einer Anreicherung im menschlichen Gewebe kommen und somit zu chronischen gesundheitlichen Beschwerden führen.
Raumklima	Hier werden die Raumklima-bestimmenden Eigenschaften der Baumaterialien aufgeführt (Stichwort Baubiologie), dies kann besonders für sensitive Personen hilfreich sein. Es wird einerseits zwischen positiven Eigenschaften (gekennzeichnet mit +, die das Raumklima günstig beeinflussen) und negativen Eigenschaften (gekennzeichnet mit -, die das Raumklima verschlechtern) unterschieden.

Rückbau:

Recyclingfähigkeit	Hier wird erläutert, ob ein Recycling durchführbar ist und bereits durchgeführt wird. Es kann auch unterschieden werden in Wiederwendung, bei der das Material als solches einer erneuten Nutzung zugeführt wird und Weiterverwertung (stoffliche Verwertung), bei der die ursprüngliche Produktgestalt aufgelöst wird und das Rohmaterial einem anderen Produktionsprozess zugeführt wird. Downcycling: Weiterverwertung eines Materials in ein Material oder Produkt minderer Qualität. Energetische Verwertung: Verbrennung des Materials mit Energierückgewinnung in Form von Dampf oder Elektrizität.
--------------------	--

II. Leitfaden zur Planung und Ausführung

A Grundlagen zu Energie- und Umweltkonzepten

A.1 Allgemeine Grundlagen

Nachhaltigkeit bedeutet den Bedürfnissen heutiger Generationen gerecht zu werden, ohne die Chancen zukünftiger Generationen zu gefährden. Die Vorgehensweise entwickelte sich aus der Erkenntnis, dass ein ökologisches Gleichgewicht nur unter gleichberechtigtem Einbezug ökonomischer Sicherheit und sozialer Gerechtigkeit erfolgen kann.

Bei der ganzheitlichen Betrachtung der Umweltauswirkungen von Gebäuden ist es wichtig, alle Lebensphasen, also Planung, Ausführung, Nutzung und Rückbau des Gebäudes zu betrachten (Abbildung 1) und verschiedene Grundsätze zu berücksichtigen, die nachfolgend aufgezeigt werden.

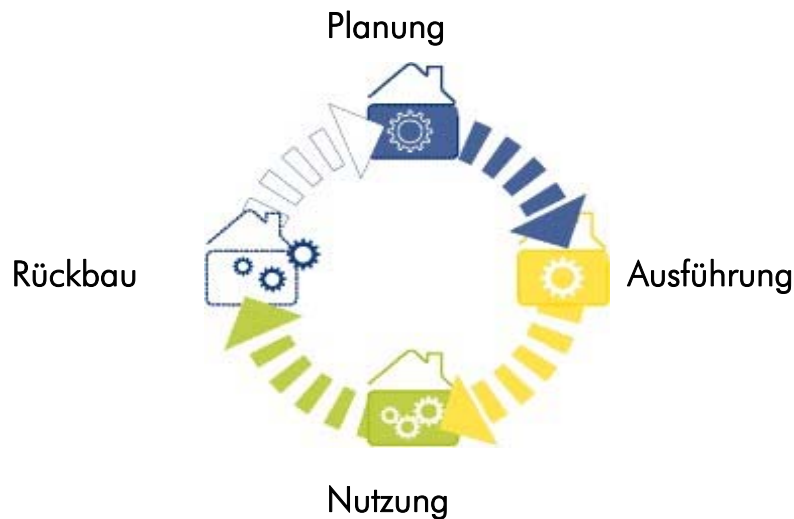


Abbildung 1: Bildliche Darstellung des Bauwerklebenszyklus

Nachhaltiges Bauen kann nicht nach einem feststehenden Konzept erfolgen. Zur Umsetzung eines Bauvorhabens muss ein spezifisches Konzept, unter Einbezug aller Akteure mit Lösungsansätzen und Maßnahmen entwickelt werden. In diesem Dokument wird versucht, diesem Leitgedanken Rechnung zu tragen. Wichtig ist, alle beteiligten Akteure zusammen zu bringen, das Gesamtkonzept auf Nachhaltigkeit auszulegen und entsprechend zu kommunizieren.

Als erstes sollten die Stoffströme betrachtet werden. Bereits in der Planungsphase, müssen die Voraussetzungen effizientes Stoffstrommanagement geschaffen werden. Jegliche Bauaktivität ist mit Stoffflüssen verbunden, welche eine Auswirkung auf die Umwelt haben. Oft sind die positiven Auswirkungen durch Reduzieren der Stoffflüsse größer als die durch eine optimierte Materialauswahl.

Die Planung sollte zuerst die Notwendigkeit des Neubaus hinterfragen. Weiter sollte die Raumplanung dem Bedarf angepasst und das Gebäude auf eine lange Nutzungszeit ausgelegt, sowie auch für zukünftige Umbaumaßnahmen variabel sein.

Bei der Planung sollte bereits auf langlebige Materialien zurückgegriffen werden, die einfach instand zu halten sind. Hierbei sollten Verbundmaterialien vermieden werden, die schwer zu trennen und zu recyceln sind. Zudem sollte bei der Materialauswahl von dem Minimierungsgedanken ausgegangen werden, das heißt jede unnötige Einwirkung von Schadstoffen auf die Umwelt und gerade im Wohnbereich auf den Menschen sollte vermieden werden.

Um die Materialumsätze zu verringern und die natürlichen Ressourcen zu schonen sollte in vielen Bereichen auf erneuerbare oder quasi unerschöpfliche Ressourcen oder Recyclate zurückgegriffen werden. [33]

Bei der Materialbeschaffung ist es wichtig auf regionale Materialien zurückzugreifen, um den Transportaufwand gering zu halten. Die nachfolgend dargestellten Tabellen 1 und 2 zeigen die Umweltauswirkungen verschiedener Transportarten pro gefahrenen Kilometer. Grundsätzlich sollte ein emissionsarmes Transportmittel bevorzugt werden. Ebenso ist darauf zu achten, dass Leerfahrten vermieden werden, was bedeutet, dass eine maximale Auslastung des Fahrzeugs erreicht wird. Gerade bei transportintensiven Materialien oder Waren sollte hinterfragt werden, ob nicht auch auf ein regionales Produkt zurückgegriffen werden kann.

Tabelle 1: Vergleich der Transportemissionen 1

Betrieb	Transportart	Lieferwagen <3.5t	LKW 16t	LKW 32t	Schiene Europa
	erneuerbarer Energieaufwand in GJ/km [14]	0,57	0,11	0,04	0,05
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in GJ/km [14]	18,16	6,03	2,78	0,71
	Treibhauspotenzial in g CO ₂ Äq/km [14]	1,11	0,37	0,16	0,04
	Versauerung in mg SO _x Äq/km [14]	6,12	2,41	1,18	0,24
	Photosmog in mg EthylenÄq/km [14]	0,77	0,09	0,03	0,01

Tabelle 2: Vergleich der Transportemissionen 2

Betrieb	Transportart	Luft interkontinental	Frachter Binnengewässer	Binnentankschiff	Frachter Übersee
	erneuerbarer Energieaufwand in GJ/km [14]	0,14	0,01	0,01	0,00
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in GJ/km [14]	16,25	0,65	0,59	0,17
	Treibhauspotenzial in g CO ₂ Äq/km [14]	1,08	0,05	0,04	0,01
	Versauerung in mg SO _x Äq/km [14]	4,78	0,43	0,40	0,24
	Photosmog in mg EthylenÄq/km [14]	0,18	0,01	0,01	0,01

Bei der Ausführung ist ein wichtiger Punkt das Baustellenmanagement, sowie falls notwendig die Bodenarbeiten. Bei diesen Arbeiten muss darauf geachtet werden, dass die Bodenschichten nicht vermischt werden, um die Bodenstruktur zu erhalten. Beim Abtransport der Böden muss auf die richtige Wiederverwendung mit möglichst geringem Transportaufwand geachtet werden (siehe dazu www.environnement.public.lu/guichet_virtuel/GV_dechets/index.html.)

Die Nutzungsphase eines Gebäudes ist vor allem gekennzeichnet durch den Verbrauch an Energie, Wasser und Reinigungsmitteln. Hier sollte auf eine Reduzierung hingearbeitet werden, die bereits in der *Planungsphase* angestrebt werden muss. Es ist wichtig, dass die Energie- und Stoffströme der Nutzungsphase nachvollziehbar sind. Durch ein Monitoring lassen sich Fehlfunktionen einfach bestimmen und beheben, sowie die Betriebskosten senken. Zur Erhaltung der Gebäudefunktionen und -substanz ist eine regelmäßige Wartung unerlässlich.

Beim Rückbau eines Gebäudes sollte eine hohe Wiederverwendung und Weiterverwertung der Materialien angestrebt werden. Bauteile können Recyclingbörsen zugeführt werden. Abfall zur Beseitigung sollte auf ein Minimum reduziert werden. Bedeutend ist die vorbildliche Entsorgung aller Bauabfälle, einschließlich Dokumentation.

Selbstverständlich darf die Nachhaltigkeit nicht zu Lasten anderer wichtiger Parameter gehen; dazu zählen in erster Linie die Gesundheit sowohl während der Bau- als auch während der Nutzungsphase. Demzufolge wurden die baubiologischen Aspekte der verschiedenen Baumaterialien und mögliche gesundheitliche Auswirkungen auf die Bewohner und die ausführenden Handwerker (Arbeitsmedizinischer Schutz) in den vorliegenden Leitfaden integriert.

A.2 Gebäudekonzepte

A.2.1 Energiekonzept

Die rationelle Nutzung und der Einsatz erneuerbarer Energien wird in der Zukunft eine immer größer werdende Rolle spielen, um einerseits die negativen Auswirkungen auf unser Klima zu reduzieren und andererseits die rasche Abnahme unserer Öl- und Gasreserven zu bremsen.

So wurden auf internationaler und europäischer Ebene Richtlinien ausgearbeitet und erlassen, um den oben genannten Problemen entgegen zu wirken.

In diesem Rahmen hat sich Luxemburg verpflichtet folgende Zielvorgaben einzuhalten:

- Im Zeitraum 2008-2012 sind 28% weniger CO₂ Emissionen gegenüber dem Referenzjahr von 1990 auszustoßen (Kyoto- Protokoll);
- Bis zum Jahr 2010 ist der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion von 2,1% auf 5,7% zu erhöhen (Versorgungssicherheit) [EU Richtlinie 2001/77/EG].

Begriffe

Eine Energiebilanz ist die Summe bestimmter Energieverbräuche eines Jahres. Hierbei werden je nach Definition der Systemgrenzen der Energieflüsse eines Gebäudes Nutzenergie, Endenergie und Primärenergie unterschieden. Eine Energiekennzahl ist das Ergebnis der Energiebilanz geteilt durch die Energiebezugsfläche. Angaben erfolgen immer in der Einheit **kWh/m²a**.

Nutzenergie bezeichnet die genutzt Energie des Verbrauchers in Form von Licht, Kraft, Wärme etc., welche durch die Anwendung oder Umwandlung von Endenergie gewonnen wird.

Der **Heizwärmebedarf q_h** ist die Wärmemenge, die jährlich erforderlich ist, um ein Gebäude auf einer gewünschten -seiner Nutzung entsprechenden Temperatur zu halten. Der Heizwärmebedarf errechnet sich aus den Verlusten der Transmission und der Lüftung abzüglich des genutzten Anteils der Wärmegewinne. Die Wärmegewinne bestehen aus Sonneneinstrahlung (solare Gewinne) und durch die von Personen und Geräten abgegebene Wärme (interne Gewinne).

Will man die energetische Verbesserung im Gebäudebestand untersuchen, gibt der Heizwärmebedarf ausreichend Auskunft. Zum energetischen Vergleich von Einfamilienhäusern ergeben sich brauchbare Näherungswerte. Sie geben keine Auskunft über den tatsächlichen Energieverbrauch. **Die Berechnung beruht auf der europäischen Norm DIN EN ISO 13790.**

Endenergie bezeichnet die dem Gebäude unmittelbar zugeführte Energie in Form von Heizöl, Gas, Fernwärme oder Strom. Umwandlungsverluste der technischen Systeme (Heizsystem, Warmwasserbereitungssystem, Glühbirne) sind enthalten. Es wird in thermische und elektrische Endenergie unterschieden, wie folgend erläutert:

1. Endenergie_{thermisch}

Der **Heizenergiebedarf $Q_{E,H}$** ist die Endenergiemenge, die dem Heizsystem pro Jahr zugeführt werden muss, um den Heizwärmebedarf zu decken. Er setzt sich

zusammen aus dem Heizwärmebedarf und den technischen Verlusten der Wärmeerzeugung, -speicherung, -übergabe und der Wärmeverteilung.

Der **Energiebedarf für Warmwasser** $Q_{E,WW}$ ist die Endenergiemenge, die dem Warmwassersystem pro Jahr zugeführt werden muss, um den Wärmebedarf für Warmwasser zu decken. Er setzt sich zusammen aus dem Wärmebedarf für Warmwasser, den Verlusten bei der Wassererwärmung, -speicherung und -verteilung. Die Rechenmethode beruht auf der Schweizer Norm SIA 380-1 und der deutschen Norm DIN V 4701-10.

2. Endenergie_{elektrisch}

Elektrische Endenergie umfasst alle Stromverbräuche für Beleuchtung, Klimatisierung und technische Ausstattung z.B. von Bürogebäuden, sowie Hilfsenergie zum Betreiben von Lüftungsanlagen, Wärmepumpen, Umwälzpumpen etc. Die Erfassung von elektrischen Energieverbräuchen ist vor allem für die Bewertung von Nicht-Wohnungsbauten wichtig. Brauchbare Rechenmethoden bieten die SIA 380/4 oder LEE (Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau) des Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.

Mit **Primärenergie** wird der Energieaufwand für die Bereitstellung des Energieträgers inklusive Energieaufwand für Transport und Weiterverarbeitung sowie für die Lieferung an den Verbraucher bezeichnet. Der Primärenergiebedarf gibt an, welcher Gegenwert an Energieträgern (Braunkohle, Steinkohle, Rohgas, Erdöl etc.) verbraucht werden muss, um die Dienstleistung „Strom“, „Raumwärme“ und „Warmwasserbereitung“ zu erbringen. Der Primärenergiebedarf für Erdgas wird mit einem Faktor 1,12 gleichgesetzt, für Erdöl mit 1,10 und für Elektrizität mit 2,66. Durch den hohen Stromverbrauch in Nicht-Wohnungsbauten eignet sich besonders der Jahres-Primärenergiebedarf als zentrales Kriterium für die Bewertung der energetischen Qualität solcher Gebäude.

Energiekennzahlen werden nach Verwendungszweck der Energie unterschieden in thermische Energiekennzahlen (q_H - Raumheizung, Q_{ww} - Warmwasser) und elektrische Energiekennzahlen (E_e - Elektrizität für Licht, Kraft, Prozesse).

Wesentlich für den Energiekennwert ist die Definition der Energiebezugsfläche (EBF). Gemäß großherzoglicher Verordnung vom 27. November 2007 entspricht die **Energiebezugsfläche** A_n dem konditionierten Teil der Nettogrundfläche innerhalb der thermischen Hülle für Wohngebäude.

Ein konditionierter Raum ist ein Raum, für dessen Standardnutzung ein Beheizen oder Klimatisieren erforderlich ist. Bei einer mehrfachen Nutzung eines Raumes ist für die Zuordnung zur Energiebezugsfläche maßgebend, ob eine Standardnutzung vorhanden ist, welche eine Konditionierung erfordert. Bei Räumen mit Dachschrägen, wird nur der Teil gerechnet, bei welchem die lichte Raumhöhe größer als 1,0 m ist.

Niedrigenergie (NEH)- und Passivhäuser (PH) sind gegenüber Häusern nach der Energieeffizienzverordnung (im Folgenden als konventionelle Häuser bezeichnet) durch einen geringeren Heizwärmebedarf gekennzeichnet. Konventionelle Einfamilienhäuser haben einen Heizwärmebedarf von 120-150 kWh/m²a. Das luxemburgische Umweltministerium definiert in seinen Förderkriterien Passiv- und Niedrigenergiehäuser über die Berechnungsmethode, die in der großherzoglichen Verordnung vom 27. November 2007 angegebenen ist.

Die Reduktion des Heizwärmebedarfs wird im Wesentlichen durch die Reduzierung der Transmissionsverluste und der Lüftungsverluste erreicht. Hierzu ist eine sehr gute

Wärmedämmung (siehe thermische Gebäudehülle) und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (siehe Gebäudetechnik) notwendig. Informationen zu staatlichen Förderungen erhalten sie bei der Umweltverwaltung unter:

<http://www.environnement.public.lu/>

In der folgenden Abbildung ist der thermische Energiebedarf der verschiedenen Wohneinheitstypen dargestellt.

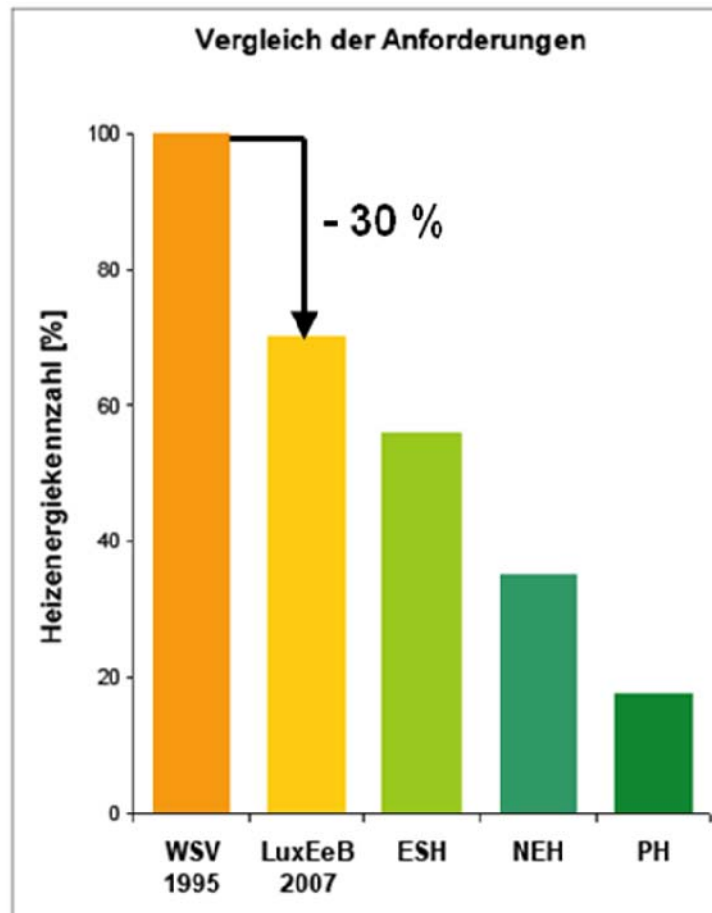


Abbildung 2: Thermischer Energieverbrauch von Wohngebäuden

Aktuelle Grenzwerte in Vorschriften und Empfehlungen

Die Energieeffizienzverordnung Luxemburgs

Die luxemburgische Energieeffizienzverordnung aus dem Jahre 2007 basiert auf einer monatlichen Energiebilanzierung von Wohngebäuden. Hierbei müssen die Grenzwerte an **Heizwärmebedarf**, **Primärenergiebedarf** und weitere **Mindestanforderungen** eingehalten werden. Die Hauptanforderungen (Heizwärmebedarf und Primärenergiebedarf) stehen in Abhängigkeit zum A/V Verhältnis. Das A/V-Verhältnis beschreibt das Verhältnis von **Gebäudehüllfläche** zum **Bruttogebäudevolumen** und ist ein Maß für die Kompaktheit des Gebäudes.

Tabelle 3: Anforderungen für den spezifischen Heizwärmebedarf

Gebäudekategorie		$q_{H,max}$ [kWh/m ² a] $0,2 < A/V_e < 0,8$	$q_{H,max}$ [kWh/m ² a] $A/V_e \leq 0,2$	$q_{H,max}$ [kWh/m ² a] $A/V_e \geq 0,8$
1	Wohnen MFH	$21 + 93(A/V_e)$	39,6	95,4
2	Wohnen EFH	$39 + 73(A/V_e)$	53,6	97,4

Tabelle 4: Anforderungen für den Gesamtprimärenergiebedarf

Gebäudekategorie		$Q_{p,max}$ [kWh/m ² a] $0,2 < A/V_e < 0,8$	$Q_{p,max}$ [kWh/m ² a] $A/V_e \leq 0,2$	$Q_{p,max}$ [kWh/m ² a] $A/V_e \geq 0,8$
1	Wohnen MFH	$53 + 130(A/V_e)$	79,0	157,0
2	Wohnen EFH	$71 + 102(A/V_e)$	91,4	152,6

Mindestanforderungen sind definiert für die Bauteile (U-Werte), den sommerlichen Wärmeschutz, die Luftdichtheit der Gebäudehülle, die Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie für die Lüftungsgeräte.

Die Energiebilanz wird nach dem nachfolgendem Schema bestimmt.

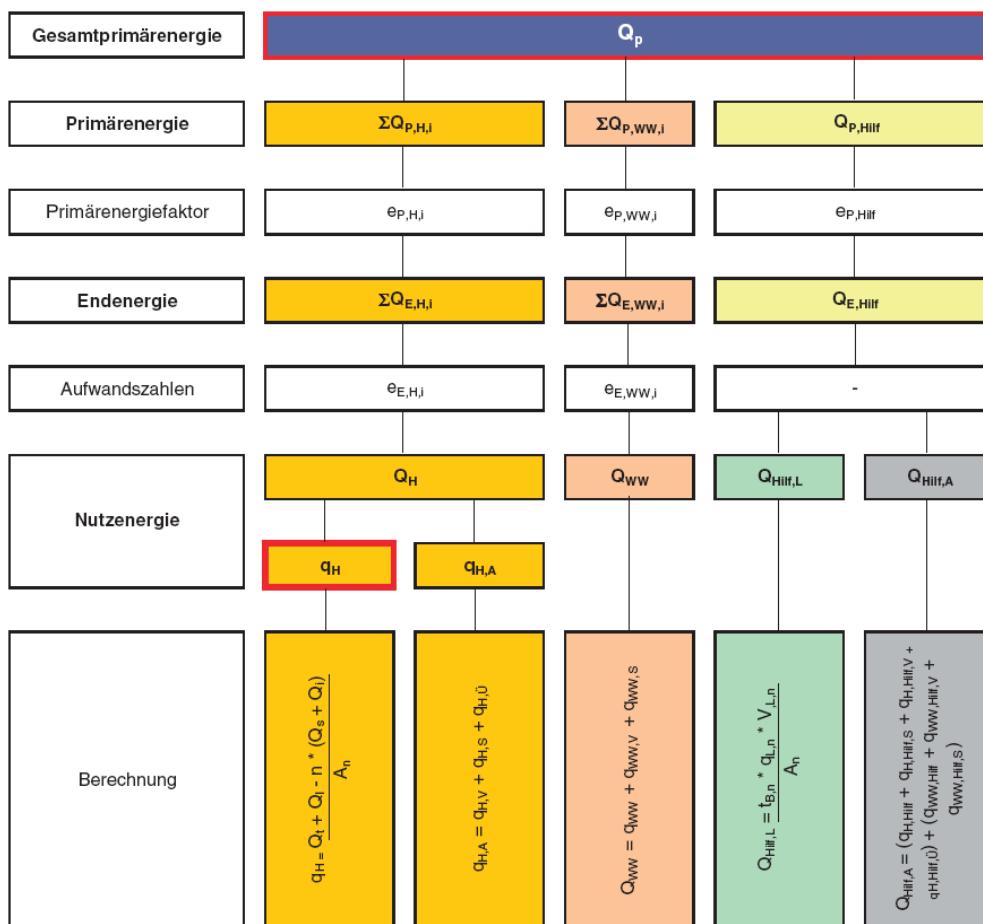


Abbildung 3: Schema der Kennwertbildung für Wohngebäude

Tabelle 5: Neue Grenzwerte der Luxemburger Wärmeschutz- resp. Energieeffizienzverordnung zu Aussenklima

Bauteil	WSVO Lux-95	LuxEeB 2007
	Funktionsgebäude	Wohngebäude
	W/m ² K	W/m ² K
Wand	0,32	0,32
Fenster inkl. Rahmen	1,5	1,5
Tür inklusive Rahmen	2	2
Dach	0,25	0,25
Kellerdecke	0,30	0,30

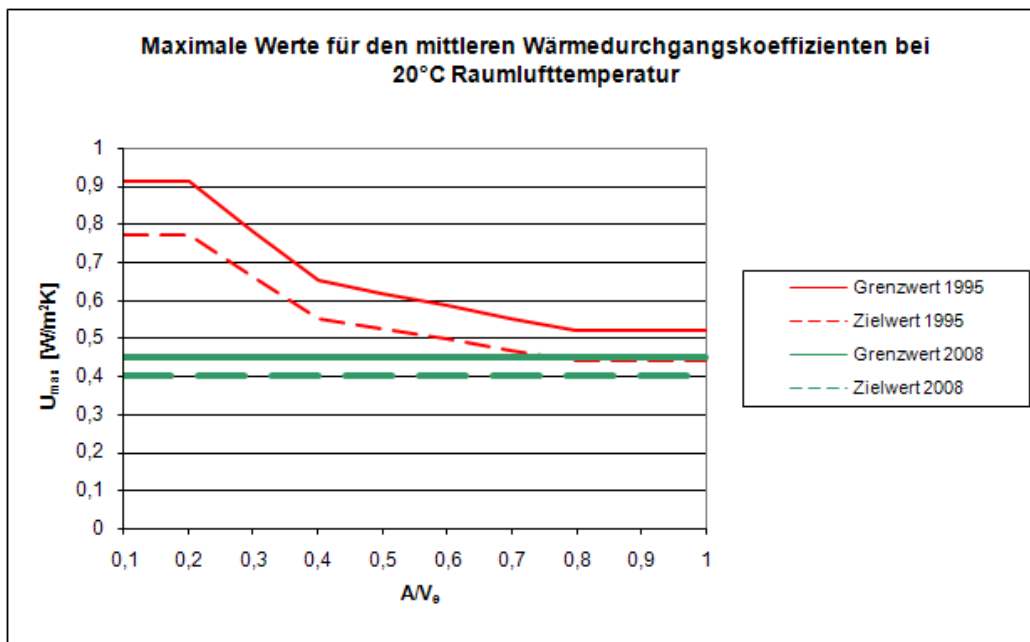


Abbildung 4: Grenzwerte für den mittleren U-Wert für Nicht-Wohngebäude

Règlement grand-ducal du 21 décembre 2007 instituant un régime d'aides pour des personnes physiques en ce qui concerne la promotion de l'utilisation rationnelle de l'énergie et la mise en valeur des sources d'énergie renouvelables

Die großherzogliche Verordnung legt unter anderem die Förderkriterien für Niedrigenergie-, Passivhäuser und energetische Altbausanierungen fest. Gefördert werden Häuser, die im Zeitraum zwischen dem 1. Januar 2008 und dem 31. Dezember 2012 gebaut oder saniert werden. Die Verordnung bezieht sich ausschließlich auf Wohngebäude.

Der jährliche Heizwärmebedarf q_H und der Primärenergiebedarf Q_p werden nach der großherzoglichen Verordnung vom 30. November 2007 ermittelt. Es wird zwischen Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus unterschieden.

Tabelle 6: Gebäudekategorien

Gebäudekategorien	Nutzungen (Beispiele)
Wohnen EFH	Ein- und Zweifamilien-Wohnhäuser, Ein- und Zweifamilien-Ferienhäuser, Ein- und Zweifamilien-Reihenhäuser
Wohnen MFH	Mehrfamilienhäuser, Mehrfamilien-Ferienhäuser und Mehrfamilien- Reihenhäuser

Die Grenzwerte für die Energiestandards von Wohngebäuden „Niedrigenergiehaus“ und „Passivhaus“ sind in den nachfolgenden Tabellen definiert. In allen 3 Klassen muss die Klasse A erreicht werden um den „Passivhaus“ Standard zu erhalten. Drei „B“ Klassen sind erforderlich für ein „Niedrigenergiehaus“. Für den Neubau von Wohngebäuden werden nur für diese Energiestandards Fördermittel gestattet.

Effizienzklassen für die Gesamtenergieeffizienz

Die Gesamtenergieeffizienz wird auf der Basis des Gesamt-Primärenergiekennwerts Q_p bestimmt. Dabei sind folgende Effizienzklassen zu berücksichtigen:

Tabelle 7: Effizienzklassen für die Gesamtenergieeffizienz, Werte in [kWh/m²a]

Gebäudekategorie		Klasse A	Klasse B
1	Wohnen MFH	≤ 45	≤ 75
2	Wohnen EFH	≤ 45	≤ 95

Effizienzklassen für den Wärmeschutz

Der Wärmeschutz wird auf der Basis des spezifischen Heizwärmebedarfs q_H bestimmt. Dabei sind folgende Effizienzklassen zu berücksichtigen:

Tabelle 8: Effizienzklassen für den Wärmeschutz, Werte in [kWh/m²a]

Gebäudekategorie		Klasse A	Klasse B
1	Wohnen MFH	≤ 14	≤ 27
2	Wohnen EFH	≤ 22	≤ 43

Effizienzklassen für die Umweltauswirkungen

Die Umweltauswirkungen werden auf der Basis des Gesamt-CO₂-Emissionenkennwertes Q_{CO_2} bestimmt. Dabei sind folgende Effizienzklassen zu berücksichtigen:

Tabelle 9: Effizienzklassen für die Umweltwirkung, Werte in [kgCO₂/m²a]

Gebäudekategorie		KlasseA	Klasse B
1	Wohnen MFH	≤ 10	≤ 17
2	Wohnen EFH	≤ 11	≤ 21

Weitere Informationen über die Subvention von erneuerbaren Energien finden Sie unter:

http://www.environnement.public.lu/energies_reouvelables/systemes_subventions/index.html

EU-Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

Ziel der Richtlinien ist die Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden unter Berücksichtigung der unterschiedlichen äußeren klimatischen und lokalen Bedingungen.

Die Richtlinie enthält Anforderungen hinsichtlich:

- des allgemeinen Rahmen für eine Methode zur Berechnung der integrierten Gesamtenergieeffizienz neuer Gebäude,
- der Anwendung von Mindestanforderungen, an die Gesamtenergieeffizienz neuer Gebäude,
- der Anwendung von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz bestehender großer Gebäude, die einer Renovierung unterzogen werden sollen,
- der Erstellung von Energieausweisen für Gebäude,
- regelmäßige Inspektionen von Heizkesseln und Klimaanlage in Gebäuden und einer Überprüfung der gesamten Heizanlage, wenn deren Kessel älter als 15 Jahre sind.

Die Umsetzung in Luxemburg der oben genannten Richtlinie erfolgt in zwei Schritten. Für Wohngebäude wird die Richtlinie ab dem 1. Januar 2008 mit der Energieeffizienzverordnung vom 27. November 2007 berücksichtigt. Eine neue Verordnung für Nicht-Wohngebäude befindet sich zurzeit in der Ausarbeitung.

Der Gebäudepass des Wohnungsbauministeriums

Das Wohnungsbauministerium bietet allen Wohnungseigentümern und Eigentümergemeinschaften die Erstellung eines **Gebäudepasses** für ihr Eigentum an. Der Gebäudepass besteht aus einer detaillierten Erfassung der Gebäudesituation unter folgenden Gesichtspunkten: Gesundheit/Hygiene, Sicherheit, Energie, Technik/Funktionalität sowie soziale Aspekte. Aufgrund dieser Analyse werden Mängelzustände festgestellt und Handlungsempfehlungen sowie Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen. Der Gebäudepass ermöglicht somit eine weitgehend transparente Expertise eines Wohngebäudes und trägt damit wesentlich zum Verbraucherschutz auf dem Wohnungsmarkt bei.

Im Gebäudepass wird unter anderem auch eine Gesamtenergiebilanz nach der Verordnung vom 27. November 2007 erstellt. Diese gibt Hinweise auf das energetische Sanierungspotential eines Gebäudes. Empfehlungen für daraus resultierende Sanierungsmaßnahmen sind ebenfalls Bestandteil des Gebäudepasses.

Empfehlungen für den Nicht-Wohnungsbau

Neben den oben aufgeführten Grenzwerten, die sich hauptsächlich auf den Wohnungsbau beziehen, gibt es für den Nicht-Wohnungsbau zurzeit keine weiteren Empfehlungen oder Grenzwerte. Der Energieverbrauch von Nicht-Wohnungsgebäuden wird zu einem großen Teil für die elektrische Energie, für Beleuchtung, Lüftungs- bzw. Klimaanlage, technische Ausstattung etc. aufgewendet. Verglichen mit dem Energieaufwand in Wohnungsbauten ist der Anteil an elektrischer Energie in Nicht-Wohnungsbauten wesentlich bedeutsamer. Daher reicht eine energetische Bewertung von Nicht-Wohnbauten über den Jahresheizwärmebedarf nicht aus. Vielmehr muss hier, wie im Wohnungsbau, die elektrische Energie bilanziert und für deren Einsatz Grenzwerte eingehalten werden.

Das Schweizer Minergielabel (www.minergie.ch) bietet gute Orientierungswerte für energetisch sinnvolle Standards im Nichtwohnungsbau. Die hier zu Grunde liegenden Rechenmethoden basieren weitgehend auf der DIN EN ISO 13970.

Weitere Informationen und Ansprechpartner zum Thema Energie finden Sie unter:

www.eco.public.lu/attributions/dg3/d_energie/index.html

www.environnement.public.lu

www.ael.lu

www.ebl.lu

Planungsgrundlagen

Nach der Minimierung des Energieverbrauchs wird ein Konzept zur Energiebereitstellung des Gebäudes oder einer Gebäudegruppe erarbeitet. Hierbei gilt regenerativen Energien ein besonderes Augenmerk. Gerade energieeffiziente Gebäude eignen sich für den Einsatz von alternativen Energiequellen wie Holz, Erdwärme, Solarenergie etc.

Werden mittelfristig mehrere öffentliche Gebäude in der Gemeinde oder in der Nähe des betroffenen Projektes geplant, so sollte dies bei der Planung der Energieversorgung in Betracht gezogen werden. Auch bestehende Gebäude, deren Heizanlagen sanierungsbedürftig sind, können im Zuge einer Neuplanung auf regenerative Energien und energieeffizientere Techniken umgerüstet werden.

Entwurfskriterien einer integralen Planung

Zum Erreichen der Energiekennwerte ist eine integrale Planung notwendig, die in der Vorentwurfsphase bereits beginnen muss. Ein Team von Fachingenieuren und Architekten sollte sich vor Planungsbeginn über die Zielsetzung einigen. Hierbei ist das Festlegen von Energiekennwerten ein Ziel, das von den unterschiedlichsten Aspekten beeinflusst wird:

- Gebäudetyp und Gebäudeform,
- Orientierung,
- Tageslichtnutzung,
- Gebäudehülle (Wärmeschutz, luftdichte Konstruktion),
- Gebäudetechnik (Lüftungsanlagen, heiztechnische Anlagen).

Bei komplexen Bauaufgaben können in der Planungsphase neben der ständigen Kontrolle der einzelnen Planungsvarianten über Energiebilanzen jedoch weitere, aufwendigere Berechnungsmethoden, z.B. dynamische Gebäudesimulationen notwendig sein. Hierbei werden in einem Gebäude modellhaft Sommer- und Wintertage

in ihrem Temperaturverlauf simuliert. Anhand dieser Simulationen können dann Entscheidungen über die Notwendigkeit von Sonnenschutz, Lüftungsmechanismen, Kühlung usw. gefällt werden.

Gebäudetyp, Gebäudeform

Städtebauliche Planungsvorgaben beeinflussen entscheidend den Energieverbrauch eines Gebäudes. Durch die Wahl des Gebäudetyps wird das Verhältnis von Gebäudehüllfläche zu Gebäudevolumen (A/V-Verhältnis) vorgegeben. Anzustreben ist eine Bebauung, deren mittleres A/V-Verhältnis möglichst klein ist. Gebäude mit günstigerem A/V-Verhältnis haben geringere Wärmeverluste und damit einen geringeren Heizwärmebedarf.

Ein energetisch günstiges A/V-Verhältnis wird bereits bei der städtebaulichen Planung festgelegt. Hier sollte ein möglichst hoher Anteil der Gebäude in verdichteter Bauweise ausgewiesen werden und möglichst wenig Gebäude in eingeschossiger Bauweise zugelassen werden.

Einfluss des Gebäudetyps auf den Energiebedarf:

Das Prinzip der kompakten Bauweise gilt auch für ein einzelnes Gebäude. Wird die Hüllfläche durch Rück- und Vorsprünge, Erker und Dachgauben vergrößert, so steigen Energiebedarf und Baukosten.

Orientierung

Energieeffiziente Gebäude können grundsätzlich in jeder Orientierung errichtet werden. Die Orientierung der Gebäudehauptfassade hat jedoch einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf den Wärmebedarf und auf die Behaglichkeit im Gebäude. Je höher die solaren Energiegewinne über die Fensterflächen sind, also je höher somit die gesamten Wärmegewinne eines Gebäudes sind, um so geringer wird der Bedarf an Heizwärme, allerdings kann dies im Sommer zu einer Überhitzung führen. Nicht jedes bebaubare Grundstück hat eine hundertprozentige Nord-Südorientierung. Sind die solaren Gewinne gering, ist es umso wichtiger, die Wärmeverluste (über Hüllfläche und Lüftung) eines Hauses gering zu halten.

Passive Nutzung der Sonnenenergie

Solargewinne spielen bei kleinen Heizwärmeverbräuchen (wie z.B. Passivhäusern) prozentual betrachtet eine bedeutende Rolle. Während die Fenster unabhängig von der Orientierung die gleichen Verluste aufweisen, betragen die Solargewinne auf der Ost- und Westseite nur ca. 70% derer der Südseite, auf der Nordseite sind es ca. 40%. Die Fensterausrichtung ist daher für kleine Energieverbräuche sehr wichtig. Nicht genutzte passive Solargewinne können durch kostenintensive, wärmetechnische Verbesserungen der Gebäudehülle ersetzt werden.

Aktive Nutzung der Sonnenenergie

Zur aktiven Nutzung der Sonnenenergie können Photovoltaikanlagen und /oder Sonnenkollektoren eingesetzt werden.

Informationen zu staatlichen Förderungen erhalten sie bei der Umweltverwaltung unter: <http://www.environnement.public.lu/>

Tageslichtnutzung

Die Nutzung von Tageslicht verringert in vielen Fällen deutlich den Bedarf an künstlichem Licht und damit den Bedarf an elektrischer Energie. Insbesondere bei Neubauten, aber auch bei größeren Sanierungen besteht hier oft Planungsspielraum zugunsten des Tageslichtes.

Intensive Tageslichtnutzung kann sowohl den Komfort und das Wohlbefinden in einem Gebäude steigern als auch den Gesamtenergiebedarf senken. Beides ist jedoch nicht automatisch der Fall, wenn einfach die Fensterflächen vergrößert werden. Es müssen eine Reihe von Regeln beachtet werden, damit sich das positive Potential der Tageslichtnutzung entfalten kann:

Verteilung des Tageslichtes

Das Tageslicht muss gut verteilt sein. Ein möglichst großer Anteil der Nutzfläche soll Tageslicht erhalten. Möglichst viele Arbeitsplätze sollen in der Tageslichtzone liegen. In der Gebäudeplanung, aber auch beim Einrichten von Arbeitsplätzen, kann dies Konsequenzen für die geometrische Anordnung von Gebäudeteilen, die Raumtiefe und Raumaufteilung, die Gestaltung von Fenstern bis hin zur Aufstellung der Möbel haben.

Gestaltung der Fenster

Zentrales Element der Tageslichtnutzung ist die Gestaltung der Fenster. Dabei kann als Grundregel gelten, dass je höher ein Fensterelement über der Arbeitsfläche angeordnet ist, umso tiefer dringt Licht in den Raum ein, umso wertvoller ist der Betrag zur Beleuchtung. Deshalb sind Fenster, die sturzfrei bis unter die Decke reichen für die Tageslichtnutzung sehr nützlich. Fensterelemente in mittlerer Höhe (1 bis 2m über Fußboden) beleuchten in erster Linie die Bereiche in unmittelbarer Fensternähe. Fensterflächen unterhalb der Brüstungshöhe leisten keinen Beitrag zur Tageslichtversorgung der Arbeitsplätze.

Auswirkung des Tageslichtes auf andere thermische Eigenschaften

Durch das Sonnenlicht wird zugleich das Gebäude erwärmt. In der Heizperiode kann das erwünscht sein. In der warmen Jahreszeit muss aber für eine Begrenzung des solaren Wärmeeintrags gesorgt werden. Dies geschieht zuerst, indem die Fenster in ihrer Größe und Ausrichtung nach den Kriterien Tageslicht und Sichtmöglichkeit (nach außen) geplant werden. Des Weiteren ist ein bedarfsabhängiger beweglicher Sonnenschutz an allen Fenstern empfehlenswert, die nicht nach Norden gerichtet sind.

Farbgebung

Die Farbgebung in einem Raum kann die Lichtverhältnisse deutlich beeinflussen. Empfehlenswert sind helle Oberflächen, in erster Linie an der Decke, aber auch an Rück- und Seitenwänden sowie in den Fensterlaibungen.

Neben den planerischen Grundlagen der Tageslichtnutzung sollten Beleuchtungsanlagen möglichst energieeffizient (Energiesparlampen) ausgelegt werden. Ihre Betriebsweise muss entsprechend dem tatsächlichen Bedarf geregelt werden.

Gebäudehülle (Wärmeschutz, luftdichte Konstruktion)

Der Wärmeschutz von Gebäuden hat im Wesentlichen zwei Ziele:

Ein Mindestwärmeschutz ist notwendig, um die **Baukonstruktion** dauerhaft vor klimabedingten Feuchteeinwirkungen (Tauwasserbildung etc.) zu **schützen**. Diese Mindestanforderung gelten für alle Bauteile und beziehen sich nicht nur auf Bauteile der Umfassungsflächen. Der Mindestwärmeschutz ist in der Schweizer Norm SIA 380-1 oder der deutschen Norm DIN 4108 festgelegt.

Von wachsender Bedeutung ist in Zeiten der Energieknappheit und des Klimaschutzes der **energiesparende Wärmeschutz**, der weit über diese Mindestanforderungen hinausgeht und massive Energieeinsparung zum Ziel hat. Die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz sollen möglichst hoch sein, da dessen Lebensdauer meist

deutlich höher ist, als diejenigen aller technischen Einrichtungen. Mit heutiger Technik erreichbar ist der Wärmeschutzstandard von Passivhäusern.

Der **winterliche Wärmeschutz** hat zum Ziel, die Transmissionswärmeverluste über die Außenhülle zu reduzieren und ist damit die bestimmende Größe für das Einhalten von Energiekennwerten. Gut gedämmte Häuser haben einen wesentlich reduzierteren Wärmebedarf. Da der Mindestwärmeschutz um ein Vielfaches überschritten wird, ist bei sachgemäßer Ausführung die Gefahr von Tauwasserschäden nahezu ausgeschlossen.

Entscheidend für die Dämmqualität eines Baumaterials ist seine Wärmeleitfähigkeit λ (W/m*K). Nach der luxemburgischen Energieeffizienzverordnung sind die Wärmedurchgangskoeffizienten von opaken Bauteilen nach DIN EN ISO 6946 zu bestimmen.

Die Wärmedämmstoffe werden entsprechend ihres λ -Wertes in sogenannte Wärmeleitgruppen (WLG) eingeteilt. Der Dämmstoff Polystyrol-Hartschaum ist z.B. in den Wärmeleitgruppen 025 bis 040 auf dem Markt verfügbar. **Zum Einhalten von berechneten U-Werten ist es deshalb unerlässlich, die in der Berechnung eingesetzte WLG eines Dämmstoffes zu kennen und auf der Baustelle sicherzustellen, dass der entsprechende Dämmstoff verwendet wird.**

Grundsätzlich können die notwendigen Dämmstoffstärken sowohl in Holzkonstruktionen als auch bei der Massivbauweise erreicht werden.

In Holzständerbauweise können große Dämmstärken bereits innerhalb der tragenden Konstruktion untergebracht werden. In der Regel werden bei Auslegung einer Holzständerkonstruktion nach statischen Gesichtspunkten bereits die notwendigen Dämmstärken für Niedrigenergiehäuser erreicht. Die für ein Passivhaus erforderlichen U-Werte erreichen Holzkonstruktionen schon bei Wandstärken von 40-45 cm. Bei massiven Konstruktionen müssen hierfür Wandstärken von 45-55 cm vorgesehen werden. Bei den massiven Bauweisen wird zwischen monolithischen und Konstruktionen aus mehreren, zusammengesetzten Schichten unterschieden. Die Produkte für monolithische Wandaufbauten sind in der Regel hochdämmende Steine aus Lehm, Rohbims oder ähnlichem. Die Produzenten dieser hochdämmenden Steine bemühen sich, Produkte mit immer kleineren λ -Werten auf den Markt zu bringen, um im Bereich der Niedrigenergie- und Passivhäuser konkurrenzfähig zu bleiben.

Bei mehrschichtigen, massiven Konstruktionen spielt der tragende Stein wärmetechnisch gesehen eine unbedeutende Rolle. Hier erfolgt der Wärmeschutz ganz wesentlich durch die anschließend aufgebrachte Wärmedämmschicht. Diese kann als Witterungsschutz eine Putzfassade, eine Verkleidung oder eine Vorsatzmauerschale erhalten die wärmetechnisch vor allem bei Hinterlüftung keine Rolle spielen.

Der **sommerliche Wärmeschutz** hat die Aufgabe, an heißen Sommertagen die Raumtemperatur auf einem erträglichen Niveau zu halten, sowie die zur Kühlung benötigte Energie zu reduzieren.

Die Raumtemperatur hängt an heißen Tagen von mehreren Faktoren ab:

- Sonneneinstrahlung (Orientierung),
- Verglasungen,
- Sonnenschutz.

Sommerlicher Wärmeschutz beginnt mit dem vernünftigen Einsatz von Fenster- und Glasflächen. In der luxemburgischen Verordnung für energieeffiziente Wohngebäude ist eine Obergrenze für den Fensterflächenanteil vorgegeben. Die Fensterfläche AW darf

30% der gesamten Fassadenflächen nicht übersteigen. Falls dieser Wert überschritten wird, muss ein geeigneter Sonnenschutz mit einem Abminderungsfaktor von $F_c \leq 0,3$ vorgesehen werden.

Hierdurch soll ein zu hoher Wärmeeintrag im Sommer und damit eine Überhitzung der Häuser verhindert werden.

Verglasung

Empfehlenswerte Verglasungen sind gute Wärmeschutzgläser, sofern sie im sichtbaren Spektralbereich einen hohen Transmissionsgrad aufweisen ($>60\%$). Von verdunkelnden Sonnenschutzgläsern ist abzuraten, da diese den Raum ständig verdunkeln ohne einen wirkungsvollen Schutz gegen Überhitzung zu bieten.

Sonnenschutzsysteme

Gute Sonnenschutzsysteme sind außenliegend und reagieren auf veränderliche Einstrahlungsbedingungen. Sonnenschutzrollos, im Isolierglasverbund integriert, können dies und beschränken gleichzeitig Wärmeeinstrahlung, Blendung etc.

Luftdichtheit ist ein unverzichtbarer Bestandteil der energiesparenden Bauweise. Luftdichte Konstruktionen erfordern viel Sorgfalt und Aufmerksamkeit von den Ausführenden und der Bauleitung. Zur Vermeidung von Feuchtigkeitsschäden und erhöhten Wärmeverlusten aufgrund von Undichtheiten müssen nicht nur die Flächen der Regelkonstruktionen der wärmeübertragenden Bauteile, sondern auch die Nahtstellen, die durch das Zusammenfügen der Bauteile entstehen und Durchdringungen abgedichtet werden. Hierzu muss ein Dichtheitskonzept erstellt werden. Dieses Konzept muss der Architekt schon frühzeitig im Rahmen einer Ganzheitsbetrachtung, d.h. im Frühstadium des Entwurfsprozesses entwickeln. Anschließend muss dieses Konzept in der Entwurfs- und Ausführungsplanung detailliert dargestellt und bei der Ausführung genau überwacht werden.

Luftdichte Konstruktionen erfüllen im Wesentlichen zwei Aufgaben:

- **Sichern des errechneten U-Wertes eines Gebäudes** - Die Luftdichtheit ist von zentraler Bedeutung für eine funktionierende Wärmedämmung. Undichte Stellen in der Wärmedämmung (z.B. Anschlüsse) können den errechneten U-Wert um bis zu 25% verschlechtern.
- **Vermeiden von Feuchtigkeitsschäden** - Die Ursache von über 90% aller Bauschäden ist Konvektion (Luftströmung) infolge von Undichtigkeiten. Die eindringende Luft transportiert Feuchtigkeit in die Dämmung, die sich dort abkühlt und als Tauwasser ausfällt. Die Folge sind Feuchtigkeitsschäden und Schimmelpilzbildung. Luftdichte Konstruktionsdetails umfassen folgende Problempunkte:
 - Luftdichtheit der Fläche der Regelkonstruktion
 - Luftdichtheit linearer Nahtstellen: z.B. Anschluss der Dachkonstruktion an aufsteigendes Mauerwerk
 - Luftdichtheit punktueller Durchdringungen: Sanitäre Entlüftung über Dach

Der Grad der luftdichten Konstruktion kann mit dem sogenannten Blower-Door-Test geprüft werden. Hierbei wird in den Türrahmen der Eingangstür ein Ventilator eingesetzt. Mit Hilfe dieses Ventilators wird ein Über- bzw. Unterdruck von 50 Pa im Gebäude hergestellt, der über ca. 15 Minuten konstant gehalten wird. Der zur Aufrechterhaltung der Druckdifferenz erforderliche, vom Ventilator geförderte Luftvolumenstrom wird als Maß für die Dichtigkeit der Gebäudehülle herangezogen. Der nach den

Förderbedingungen des Umweltministeriums vorgeschriebene Wert der Luftdichtheit $n_{50}h^{-1}$ beträgt 1,0 für Niedrigenergiehäuser, 0,6 für Passivhäuser und 2 für Sanierungen. Ein Überprüfen der Luftdichtigkeit ist bei extrem gedämmten Häusern nach Abschluss des geschlossenen Rohbaus unbedingt notwendig. Zu diesem Zeitpunkt können Undichtigkeiten mit relativ geringem Aufwand beseitigt werden. Ist der Innenausbau erst einmal fertig gestellt, sind Korrekturen an der luftdichten Ebene äußerst schwierig und kostenaufwendig.

Gebäudetechnik (Energiebereitstellung, Lüftungsanlagen)

Das wesentliche Ziel der Raumlüftung ist die Sicherung der Luftqualität. Nur mit kontrollierter Wohnungslüftung lässt sich der hygienisch notwendige Luftwechsel dauerhaft auf energieeffiziente Weise und ohne Einbußen an Behaglichkeit sicherstellen und nach Bedarf regeln. Lüftungsanlagen werden nicht zum Energiesparen sondern in erster Linie zur Sicherung der Luftqualität konzipiert. Dennoch ist die kontrollierte Wohnungslüftung bei energieeffizienten Gebäuden ein Bestandteil des Energiekonzeptes, um gesunden und guten Wohnkomfort für ihre Bewohner zu bieten. Die (aus bauphysikalischen Gründen unumgängliche) Forderung nach einer dichten Gebäudehülle zieht ein Lüftungskonzept nach sich: aktive, vom Nutzer abhängige Fensterlüftung oder kontrollierte Wohnungslüftung. Letztere weist - da unabhängig vom Nutzerverhalten - eindeutig Vorteile auf.

Energetisch von Bedeutung sind vor allem Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung. Die Vorteile dieser Anlagen sind neben der Energieeinsparung erhöhter Komfort, verbesserter Schallschutz nach außen und die Möglichkeit zur Verbesserung der Zuluftqualität durch hochwertige Filter. Unter Berücksichtigung des aktuellen Preisniveaus ist eine Investition in eine Anlage mit Wärmerückgewinnung im Vergleich zu einer Anlage ohne Wärmerückgewinnung recht kostspielig. Jedoch erzielen energieeffiziente Anlagen in dichten Gebäuden reale Betriebskosteneinsparungen.

Sanierung

Altbauten sind gemessen an den heute möglichen energiesparenden Bauweisen energetisch ungünstig. Der Anteil an Altbauten ist naturgemäß sehr viel höher als der an hochwärmgedämmten Neubauten. Deshalb ist es sinnvoll, jede Möglichkeit zur energetischen Verbesserung vom Gebäudebestand zu nutzen.

Neben der Anlagentechnik sind Verbesserungen der Gebäudehülle an bestehenden Gebäuden in folgenden Bereichen möglich:

- Außenwände,
- Fenster,
- Steildach,
- Oberste Geschossdecke,
- Kellerdecke.

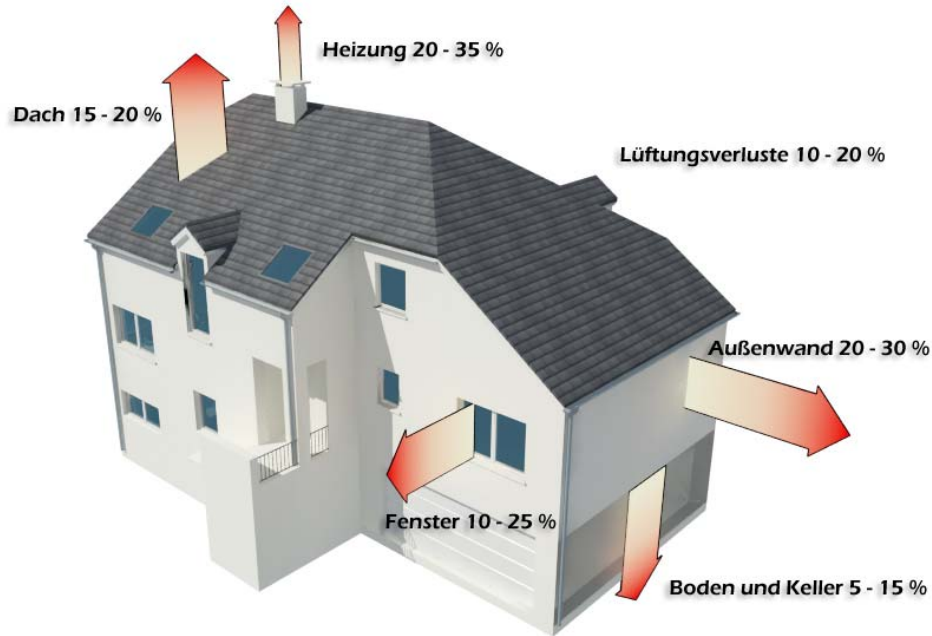


Abbildung 5: Energieeinsparpotential in Altbauten

Außenwände

Bei der nachträglichen Maßnahme eines Wärmedämmverbundsystems werden Dämmstoffplatten (in der Regel Hartschaum- oder Mineralfaserplatten) direkt auf den vorhandenen Außenputz geklebt. Falls erforderlich erfolgt eine zusätzliche Befestigung mit Kunststoffdübeln nach Herstellerangabe. Auf die Wärmedämmschicht wird eine Spachtelmasse aufgebracht in die ein Armierungsgewebe eingearbeitet wird. Danach folgt der Außenputz.

Vorteile:

- Reduzierung von Wärmebrücken (Deckeneinbindung Sockel)
- Guter Wärmeschutz (auch im Sommer)

Nachteile

- bei stark gegliederten Fassaden aufwendig
- bei Gebäuden, die den Denkmalschutz unterliegen, ist eine Außendämmung meist nicht möglich

Dürfen Fassadenänderungen bei denkmalgeschützten Häusern nicht vorgenommen werden oder ist z.B. der Erhalt von den in Luxemburg typischen Fenstersteineinfassungen erwünscht, besteht die Möglichkeit der nachträglichen Wärmedämmung von Wänden auf deren Innenseite. Vielfach werden Innendämmmaßnahmen mit Bauschäden in Verbindung gebracht. Ursache der Bauschäden ist jedoch nicht die Maßnahme an sich, sondern falsche Planung und /oder eine handwerklich unsachgemäße Ausführung.

Durch die nachträgliche Dämmung auf der Innenseite wird die Außenwand insgesamt kälter. Dies hat zum Beispiel Auswirkungen auf Hausinstallationsleitungen (z.B. Wasser, Heizung), die im ungünstigsten Fall sogar einfrieren können. Auch muss auf eine luftdichte Ausführung der inneren Verkleidung (Fugen, Wandanschlüsse) geachtet werden. Verbundplatten mit Dämmstoff sind für solche Maßnahmen gut geeignet.

Wärmebrücken, wie sie besonders an Fensterlaibungen und bei Geschossdeckeneinbindungen auftreten, sollten ebenfalls gedämmt werden. Ansonsten wächst die Gefahr von Schimmelpilzbildung.

Tabelle 10: Einsparmöglichkeiten durch Wärmedämmung bei Altbauten

Ist-Zustand	U-Werte alt	Sanierung	U-Wert neu	Einsparung
Außenwand	W/(m ² K)		W/(m ² K)	kWh/(m ² a)
Monolithische Außenwand ungedämmt	ca. 1,3	10-16 cm Dämmung Wärmedämmverbundsystem	0,31-0,21	94-103
Monolithische Außenwand ungedämmt	ca. 1,3	5-8 cm Innendämmung mit raumseitiger Dampfsperre	0,50-0,36	78-90

Fenster

Erneuerungsmaßnahmen an Fenstern sollten immer mit Sanierungen der Fassade des Gebäudes abgestimmt werden. Bei geplanten Außendämmungen ist es angebracht, die neuen Fenster weiter außen (nahe oder in der Dämmstoffebene) einzubauen. Da beim Fensteraustausch fast immer Nacharbeiten an den Fensterlaibungen (Verputz, neue Tapete) notwendig sind, kann eine Verkleidung der Fensterlaibung eine kostengünstige Alternative darstellen. In der deutschen EnEV (Energieeinsparverordnung) werden Mindestanforderungen an Fenster in bestehenden Gebäuden formuliert, falls diese ausgetauscht werden und mehr als 20% der zugehörigen Fassadenfläche einnehmen. Der Fenster-U-Wert (U_w) darf einschließlich Rahmen maximal 1,7 W/(m²K) betragen.

Diese Anforderung ist nur mit Wärmeschutzverglasung zu erfüllen. Die U_g -Werte von Zweischeibenwärmeschutzverglasung schwanken je nach Produkt zwischen 1,1 und 1,9 W/(m²K).

Nachfolgende Tabelle enthält die wichtigsten physikalischen Eigenschaften verschiedener Verglasungen. Eine Verbesserung des U-Wertes ist durch nachfolgende Verfahren möglich:

- Scheibenzwischenraumfüllung mit Edelgasen (Argon, Krypton)
- Infrarotbeschichtung (Wärmeschutzbeschichtung) der Scheiben
- Scheibenzwischenabstand
- Verdoppelung der Scheiben-Zwischenräume (Dreifachverglasung)

Alle diese Maßnahmen führen zur Reduzierung der Wärmeverluste aber auch der Lichtdurchlässigkeit und des Gesamtenergiedurchlassgrades.

Die Angaben bezüglich der Lichtdurchlässigkeit sind gerade im Gebäudebestand von Wichtigkeit. Hier kann es durch den bei neuen Fenstern größeren Rahmenanteil und den teilweise sehr kleinen Fenstern zu wahrnehmbaren Beeinträchtigungen der Belichtungsintensität kommen. Daher sollten Verglasungen mit niedrigen U-Werten und hohem Gesamtenergiedurchlassgrad sowie hoher Lichtdurchlässigkeit eingesetzt werden. Die Oberflächentemperatur der Verglasung ist die kennzeichnende Größe für die Behaglichkeit in Fensternähe. Erst bei Wärmeschutzverglasung (U-Wert ab 1,8 W/m²K) kommt es zu einer deutlichen Verbesserung der Behaglichkeit in Fensternähe.

Tabelle 11: Kennwerte verschiedener Fenstersysteme

Verglasungsart	Wärmedurchgangs- koeffizient		Lichtdurch- lässigkeit	Oberflächen- temperatur	Gesamt- energie- durchlass
	U_g W/m ² K	U_w W/m ² K			
Nr. 1-5 Holz- oder Kunststoffrahmen (PVC) $U_f=1,7$ W/m ² k	U_g W/m ² K	U_w W/m ² K	τ_L (-)	Θ_{si} °C	g (-)
Einfachverglasung	5,8	5,2	0,90	-2,60	0,90
Zweischeibenisolier- glas	3,0	2,6	0,80	8,30	0,75
Zweischeibenwärme- schutzglas (pyrolytisch)	1,8	1,8	0,70	13,0	0,63
Zweischeibenwärme- schutzglas (Silber, Argon)	1,1-1,2	1,4	0,75	14,9	0,60
Dreischeibenwärme- schutzglas (Silber, Krypton)	0,7	1,1	0,65	17,3	0,50
Dreischeibenwärme- schutzglas mit Superrahmen	0,7	0,7	0,65	17,3	0,50

Schimmelpilze entstehen dann, wenn die in der Luft stets vorhandenen Pilzsporen günstige Lebensbedingungen vorfinden, so dass sie sich verbreiten und wachsen können. Dabei ist Feuchtigkeit die maßgebliche Voraussetzung für Schimmelpilzbildung. Bei einer relativen Luftfeuchte von 50% und einer Innenraumtemperatur von 20° bildet sich genug Kapillarfeuchte auf der raumseitigen Oberfläche der Außenmauer, wenn die raumseitige Oberflächentemperatur $\leq 12,6^\circ\text{C}$ beträgt. Dieser kritische Bereich kann bei einer ungedämmten Außenmauer (U-Wert 1,5 W/m²K) durchaus erreicht werden. Durch undichte Fenster und ein angepasstes Nutzerverhalten (Lüften) konnte Schimmelpilzbildung bisher, meist unbewusst verhindert werden. Werden nun im Zuge einer energetischen Verbesserung der Fenster diese auch luftdicht eingebaut, so kann bei unverändertem Nutzerverhalten die Schimmelpilzgefahr deutlich steigen. Wird jedoch gleichzeitig die Außenwand mit beispielsweise einem Wärmedämmverbundsystem von 12-15cm versehen, so kann die raumseitige Oberflächentemperatur gehoben und damit außerhalb des für Schimmelpilzbildung kritischen Bereichs gebracht werden.

Steildach

Bei der Wärmedämmung von Dächern ist zu unterscheiden zwischen der Sanierung bestehender Dächer und dem erstmaligen Ausbau eines Dachgeschosses zu Aufenthaltsräumen. Die gebräuchlichste Art der Wärmedämmung von Dächern ist die Zwischensparrendämmung, die im Gebäudebestand jedoch einige Schwierigkeiten

bereit. Die Sparrenhöhen sind für die erforderlichen Dämmstärken meist nicht ausreichend. Oft ist eine alte, nicht diffusionsoffene Unterspannbahn vorhanden, wodurch sich die mögliche Einbauhöhe für den Dämmstoff reduziert.

Um effektive Dämmstärken zu erreichen wird der Sparrenquerschnitt der alten Sparren durch Aufdopplung oder seitliche Verstärkung erhöht. Hierbei sollte man Dämmstärken von 16-18cm anstreben.

Oft ist auch die Kombination aus einer alten Zwischensparrendämmung und einer neuen Untersparrendämmung sinnvoll. Zur Erhöhung der Dämmung der Konstruktion wird eine rechtwinklig zur Sparrenlage laufende starke Lattung (meistens 6/8cm, aber auch dicker) angebracht. Die zweite Dämmstofflage wird dann zwischen diesen Hölzern eingebracht.

Tabelle 12: Einsparpotential bei der Steildachsanie rung

Ist-Zustand	U-Werte alt	Sanierung	U-Wert neu	Einsparung
Steildach	W/(m ² K)		W/(m ² K)	kWh/(m ² a)
Steildach ungedämmt	ca. 4,8	16-18cm Dämmung Zwischensparrendämmung mit seitlicher Lattung oder Aufdopplung der Sparren	0,24-0,21	345-347
Steildach ungedämmt mit Innenseitiger Verkleidung	ca. 4,8	16-18cm Aufsparrendämmung	0,24-0,21	345-347

Oberste Geschossdecke

Die Dämmung der obersten Geschossdecke ist bei nicht genutzten Spitzböden die leichteste und preiswerteste Dämmmaßnahme.

Bei plattenförmigen Dämmstoffen ist eine mehrlagige, versetzte Einbringung des Materials empfehlenswert. Eine oberseitige Abdeckung, z.B. Spanplatten mit Nut und Feder, kann lose verlegt werden. In die Ausfachungen alter Holzbalkendecken kann der Dämmstoff lose, in Form von schüttfähigen oder einblasbaren Dämmstoffen eingebracht werden.

Schwieriger und teurer ist die Dämmung von Geschossdecken von Mehrfamilienhäusern, in denen der Speicher als Trocken- und/oder Abstellraum genutzt wird. Hier sind nur Konstruktionen einsetzbar die ausreichende Tragfähigkeit besitzen. Es müssen trittschalldämmte Lagerhölzer eingebaut werden, zwischen die der Dämmstoff eingebracht werden kann. Der Bodenbelag sollte eine wasserundurchlässige Oberfläche aufweisen. Weitere Folgearbeiten ergeben sich aus der nun ca. 20-25cm höheren Lage der Fußbodenoberkante. Es müssen die Durchgangshöhe von Türen und die Austrittshöhe von Treppen ggf. angepasst werden.

Tabelle 13: Einsparpotentiale durch Geschossdeckensanierung

Ist-Zustand	U-Werte alt	Sanierung	U-Wert neu	Einsparung
Oberste Geschossdecke	W/(m ² K)	-	W/(m ² K)	kWh/m ² a
Betondecke alt	ca. 3,3	20-25cm Dämmung auf Massivdecke	0,19-0,15	235-238

Kellerdecke

Der Wärmedämmung von Kellerdecken wird oftmals keine Bedeutung beigemessen. Aber auch hier besteht die Möglichkeit, mit geringem finanziellem Aufwand Energie zu sparen. Die einfachste Art der nachträglichen Wärmedämmung von ebenen Massivdecken ist das Ankleben oder Andübeln von Dämmstoffen an der Deckenunterseite. Installationsleitungen (z.B. Wasser, Heizung, Elektro) bedürfen beim nachträglichen Einbau von Dämmschichten besonderer Beachtung. Deckenleuchten müssen evtl. neu befestigt, deren Anschlüsse verlängert werden. Die maximal mögliche Dämmstoffstärke kann z.B. durch direkt unterhalb der Kellerdecke eingebaute Kellerfenster begrenzt sein.

Anlagentechnik

Energetische Verbesserungen sind darüber hinaus auch an der Anlagentechnik bestehender Gebäude möglich:

- Effektive, sparsame Heizungsanlage,
- Solaranlage zur Warmwassergewinnung,
- Mechanische Lüftungsanlage.

Die besten Ergebnisse erzielt man, durch eine vorhergehende Energieanalyse, die ganzheitlich alle energetisch relevanten Faktoren eines Gebäudes untersucht. Ein ganzheitlicher Ansatz der Gebäudesanierung beachtet vor allem auch die zeitliche Abfolge der verschiedenen, geplanten Maßnahmen. So ist ein Austausch von alten, energetisch ungünstigen Fenstern ohne eine gleichzeitige wärmetechnische Verbesserung der Außenwand kritisch zu betrachten.

Nach den baulichen Maßnahmen der energetischen Sanierung kann die Heizungsanlage nach dem geringeren Energiebedarf neu dimensioniert werden, um den Teillastbetrieb zu minimieren.

[Der Text entstand in Zusammenarbeit mit Fr. Christiane Conrady (Öko-Zenter) und Hrn. Jean Biver (Umweltverwaltung), für die Version 2.0 wurde der Text von Hrn. Marc Lentz überarbeitet (Agence de l'Énergie).]

A.2.2 Sanitärkonzept

Die Umweltaspekte der Sanitäranlagen beziehen sich vor allem auf Trinkwasserqualität und Maßnahmen zur Reduktion des Trinkwasserverbrauchs.

Beim Wassersparen kann man zwischen nutzerabhängigen und technischen Maßnahmen unterscheiden.

Technische Maßnahmen zur Reduktion des Wasserverbrauchs sind:

- Wassersparende Armaturen (Durchflussbegrenzer),
- Spülkästen mit geringem Spülvolumen (max. 6/3 l),
- Wassersparende Geräte (Spül- und Waschmaschinen),
- Wasserlose Urinale;

Weitergehende Maßnahmen sind:

- Regenwassernutzung,
- Grauwasserrecycling,
- Trenntoiletten und Vakuuntoiletten.

Die nutzerabhängigen Wassersparmaßnahmen [22] können nur durch Sensibilisierung erreicht werden.

Technische Wassersparmaßnahmen

Durchflussbegrenzer sind ringförmige Metalleinsätze, die am Auslass des Wasserhahns oder vor dem Duschkopf montiert werden. Sie verringern den Leitungsquerschnitt, so dass die Ausflussmenge reduziert wird. Zusätzlich können sie mit einem Luftsprudler versehen sein, der dem Wasserstrahl die gewohnte Fülle gibt. Für Duschköpfe sind bereits integrierte Systeme im Handel erhältlich. Ein nachträglicher Einbau ist problemlos möglich, allerdings nicht zu empfehlen bei drucklos arbeitenden Systemen. [23]

Bei den konventionellen Systemen ist die Spülmenge im Wesentlichen abhängig vom installierten Spülkasten. Dieser sollte entweder mit zwei Knöpfen versehen sein oder eine Spülstoppfunktion besitzen. Das Zweitastensystem ist empfehlenswerter, da es einfacher zu bedienen ist. Hier gibt es einen kleinen und einen größeren Knopf zur Regulierung der Spülmenge. Bei der Spülstoppfunktion muss die Taste erneut gedrückt werden, um die Spülung zu unterbrechen. Die Spülwassermenge liegt bei 3 bis 6 Litern. Es gibt bereits einsatzfähige Systeme mit einer Wassermenge von 1-4 Litern, die bereits in den skandinavischen Ländern eingesetzt werden. Diese funktionieren meist mit einem Abflussverstärker. Dies ist eine Art Sammeltank im Keller, der erst bei einer gewissen Füllmenge das Abwasser an die Kanalisation weitergibt. So wird einem Verstopfen der Leitungen, infolge des geringen Spülvolumens, durch eine schwallartige Spülung entgegengewirkt. Es muss darauf geachtet werden, dass das Toilettenbecken auf die geringe Spülmenge ausgelegt ist, um eine gute Reinigungswirkung zu erhalten. [23]

Beim Einsatz von **Spül- und Waschmaschinen** muss beim Einkauf auf wasser- und energiesparende Geräte geachtet werden. Hier sei besonders auf das europäische Label² hingewiesen. In der Regel amortisieren sich eventuelle Mehrkosten bereits in

² Die Kennzeichnung dient der Verbraucherinformation und ist damit ein Service für die Kunden im Einzelhandel. Das Energielabel enthält auch Angaben über den Wasserverbrauch der Elektrohaushaltsgeräte. Die Geräte werden in sieben Klassen (A bis G) eingeteilt. Dabei steht die Klasse „A“ für einen besonders sparsamen und „G“ für einen sehr hohen Wasserverbrauch.

wenigen Jahren. Besonders sparsame Haushaltsgeräte findet man z.B. unter <http://www.spargeraete.de/>.

Der Einsatz von wasserlosen Urinalen ist vor allem in öffentlichen Bereichen vorteilhaft, da sie ohne Wasserspülung auskommen. Die Oberfläche der Urinale, die aus Keramik, glasfaserverstärktem Kunststoff oder Edelmetall gefertigt sein kann, ist ohne Spülköpfe oder Spülränder und sehr glatt. Um ein Aufsteigen der Kanalgase und den damit verbundenem Geruch zu vermeiden, gibt es verschiedene Systeme. Zum Beispiel kann der Siphon mit einem Magnetverschluss mit Nährungsautomatik ausgestattet sein oder aber, der Siphon verfügt über eine Sperrflüssigkeit³. Die ölige Sperrflüssigkeit, die im Siphon auf dem Urin schwimmt, fungiert als hydraulischer Abschluss gegenüber dem Kanal. Bei den Urinalen mit Sperrflüssigkeit muss diese regelmäßig aufgefüllt und die Siphons je nach Benutzung ein- bis zweimal im Jahr gewechselt werden. [23] Wasserlose Urinale mit Membranverschluss besitzen einen dünnen Gummischlauch, der nach Benutzung geruchsdicht schließt. Ein Ausspülen der Sperrflüssigkeit wie bei den Urinalen mit Sperrflüssigkeit ist nicht möglich. Ein Austausch der Siphons ist etwa ein- bis zweimal jährlich notwendig.

Regenwassernutzung

Regenwasser kann das Trinkwasser dort substituieren, wo benötigtes Wasser nicht unbedingt Trinkwasserqualität haben muss. Dies gilt vor allem für die Toilettenspülung, wo hochwertiges, aufbereitetes Wasser zum Transport von menschlichen Ausscheidungen dient. Will man die staatliche Förderung für eine Regenwasseranlage in Anspruch nehmen, muss mindestens ein WC mit Regenwasser gespült werden (siehe auch Abschnitt „Förderung“). Eine weitere Möglichkeit ist, Regenwasser in Haushaltswaschmaschinen und zum Putzen einzusetzen. Regenwasser ist in der Regel sehr weiches Wasser, was beim Einsatz in Waschmaschinen den Waschmittelverbrauch reduziert. Ein klassischer Bereich, in dem Regenwasser auch heute schon genutzt wird, ist die Bewässerung. Regenwasser sollte, wenn es nicht zur Brauchwassersubstitution dient, vor Ort versickert werden.

Vorteile:

- Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs (besonders in öffentlichen Gebäuden),
- Entlastung der Kanalisation und der Kläranlagen,
- Regenabflussspitzen werden verringert,
- Pädagogisches Instrument zur Umweltbildung.

Nachteile:

- Doppelte Verrohrung notwendig,
- Meist erhöhter Energiebedarf.

Wichtige Voraussetzung für einen sinnvollen Einsatz von Regenwasseranlagen ist, dass die Förderstrecken so kurz wie möglich geplant werden (zentrale Anordnung der Druckerhöhungsanlage) und die Dimensionierung der Pumpen an den Bedarf angepasst ist. Das hilft, den Energiebedarf zu senken.

³ diese muss biologisch abbaubar sein

Anlagenkomponenten [23]

Nach dem Auffangen des Regenwassers von den Dachflächen, gelangt dieses über eine Zuleitung zum Speicher. Bei normal verschmutzten Dachflächen ist ein Abschlag des ersten Regenwassers nicht notwendig. Für die staatliche Subvention einer Regenwasseranlage müssen mindestens 40 m² Dachfläche angeschlossen sein (siehe auch Abschnitt „Förderung“).

Diese Leitungen sind in Übereinstimmung mit der DIN 1986 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke“ zu erstellen. Demzufolge müssen Leitungen frostsicher, min. 80 cm unter der Geländeoberkante und mit einem Mindestdurchmesser von 100 mm verlegt werden. Die Rohrführung sollte möglichst geradlinig erfolgen.

Vor dem Eintritt in den Speicher muss das Wasser gefiltert werden. Die Anforderungen an solche Filter sind (nach [24]):

- Zuverlässiges Entfernen von Feststoffen aus dem Dachablaufwasser,
- Eine dauerhafte Funktionstüchtigkeit mit geringen Wasserverlusten,
- Sicherstellen der Gebäude- und Grundstücksentwässerung (DIN 1986),
- Schutz des Wassers vor Verkeimung, Verpilzung und Algenbildung,
- Gute Zugänglichkeit, einfache Reinigungsmöglichkeit,
- Keine zusätzlichen finanziellen Aufwendungen für die Reinigung.

Es gibt eine Reihe von Filtern, die für diesen Zweck eingesetzt werden können, wie z.B. der schrägliegende Rohrfilter, der Filtersammler, der Retentionsfilter oder der Wirbelfeinfiler.

Der **Speicher** soll der Nutzung des Regenwassers und dem Bedarf entsprechend dimensioniert werden. Um die staatliche Förderung zu erhalten, muss der Tank eine Mindestgröße von 3 m³ umfassen (siehe auch Abschnitt „Förderung“). Am besten geeignet ist die unterirdische Lagerung von Regenwasser, da die Wassergüte bei kühler und dunkler Lagerung in Bezug auf Keimbildung und Algenbildung die besten Voraussetzungen mit sich bringt. Die Speicher werden meist aus Beton oder Kunststoff hergestellt. Die Ausführung muss bei unterirdischen Speichern sehr sorgfältig ausgeführt werden, da die Fehlererkennung und Reparaturmöglichkeiten begrenzt sind. Vorzugsweise sollte auf monolithische Behälter zurückgegriffen werden. Im Rahmen der Neubauplanung ist der Aushub für einen unterirdischen Speicher unproblematisch. Speicher können auch als Innenspeicher (z.B. im Keller) geplant werden, sollten dann jedoch aus lichtundurchlässigem Material gebaut sein. Beim Einsatz von Kunststoffspeichern sollte auf recyceltes Material (PE) zurückgegriffen werden. Vorteil von Betonspeichern ist die höhere Belastung, die nach dem Einbau auf die Fläche ausgeübt werden kann (in der Regel überfahrbar); bei Kunststoffbehältern ist dies nur nach Einbau einer Betondeckplatte möglich. Betonspeicher sorgen zudem im Gegensatz zu Kunststoffbehältern für eine Neutralisation des meist leicht sauren Regenwassers. Der Überlauf des Speichers sollte möglichst versickert werden. Bei der Entnahme sollte ein Verwirbeln des Sediments bzw. der Schwimmstoffe vermieden werden und die Entnahme sollte unmittelbar unter der Wasseroberfläche stattfinden, da die Wasserqualität dort am besten ist. Die Trinkwassernachspeisung bei leerem Speicher muss im freien Zulauf erfolgen, um den Kontakt mit Nichttrinkwasser auszuschließen.

Das **Brauchwassernetz** sollte aus Kunststoff- oder Edelstahlrohren bestehen. Beim Einsatz eines Betonspeichers ist die Ausführung auch in Kupferrohren möglich. Damit bei späteren Umbauarbeiten keine Verwechslungen auftreten können, soll das Brauchwassernetz gekennzeichnet werden, zum Beispiel mit Trassenbändern oder unterschiedlichen Rohrmaterialien oder –farben für Brauch- und Trinkwasser.

Um das Wasser in den gewünschten Druckverhältnissen zum Verbraucher zu bringen, müssen **Pumpen** eingesetzt werden. Die Betriebsstation ist das stör anfälligste Anlagenteil und bei der Auswahl der Komponenten muss besonders auf Qualitätssicherheit geachtet werden, insbesondere sollten die Anlagenteile aus hochwertigen korrosionsbeständigen Materialien gefertigt werden. Die Pumpenleistung muss entsprechend dem Verbrauch dimensioniert werden. Zu klein dimensionierte Pumpen haben z.B. eine verkürzte Lebensdauer, da sie ständig überlastet sind. Die Pumpe muss frost- und staubfrei errichtet werden und sollte möglichst energieeffizient und geräuscharm sein. [25]

Die **Anlagensteuerung** ist notwendig, um einen wartungsarmen, bedienerfreundlichen Betrieb zu gewährleisten. Auch hier sollte darauf geachtet werden, dass der Energieverbrauch möglichst gering und die Trinkwassernachspeisung möglichst niedrig gehalten werden. Statt direkt in den Speicher kann man auch in einen sogenannten Vorlagebehälter nachspeisen. Dieser besitzt ein kleineres Volumen und ist direkt bei der Pumpe installiert. Dadurch wird die Trinkwassermenge zum Nachspeisen verringert.

Alle Entnahmestellen müssen mit dem Vermerk „Kein Trinkwasser“ gekennzeichnet werden.

Die Anlagen müssen regelmäßig gewartet werden. Dabei sind die Herstellerangaben zu beachten. Die DIN 1989-1 gibt z.B. folgende Intervalle an:

- Dachabläufe und Regenrinnen: Inspektion alle 6 Monate
- Filter : Kontrolle und Wartung einmal jährlich oder nach Herstellerangaben
- Dichtheit und Sauberkeit des Speichers: Inspektion einmal jährlich
- Funktion der Druckerhöhungsanlage: Inspektion alle 6 Monate
- Zustand der Rohrleitungen: Inspektion einmal jährlich, soweit zugänglich
- Dichtheit und Kennzeichnung der Entnahmestellen: Inspektion einmal jährlich

Weiter sollte etwa alle 10 Jahre der Speicher gereinigt werden. Der dünne Bakterienfilm, der sich im Speicher bildet, ist nicht schädlich, sondern trägt sogar zur Reinigung des Regenwassers bei.

Hygienische Aspekte [23]

Regenwasser zur Nutzung im Haushalt darf kein hygienisches Risiko darstellen. Dies kann gewährleistet werden, indem man erstens ausschließlich das gering verschmutzte Dachablaufwasser nutzt, zweitens das Regenwasser fachgerecht lagert und drittens eine strikte Trennung von Regen- und Trinkwasserkanälen gewährleistet.

Regenwasser sollte ausschließlich auf Dachflächen gesammelt werden. Wasser aus dem Ablauf von befestigten Wegen und Straßen ist in der Regel nicht empfehlenswert, da hier eine Vielzahl von Verschmutzungen auftreten, die vor der Nutzung eine komplexere Regenwasserreinigung erfordern.

Hygienisch gesehen ist für das Wäschewaschen keine Trinkwasserqualität erforderlich. Die bakterielle, bzw. mikrobiologische Belastung von Regenwasser ist in Bezug auf Infektionsrisiken vertretbar [26]. Krankheitserreger werden eher über die Schmutzwäsche als über das Regenwasser eingebracht.

Bei fachgerechter Ausführung wird das Regenwasser vor Eintritt in die dunkel und kühl gelagerte Zisterne gefiltert. Zudem ist der Speicher gegen Eindringen von Fremdstoffen und Tieren gesichert. Die Wasserführung wird so gestaltet, dass Sedimentation möglich ist [26]. Es ist auf eine strikte Trennung von Trink- und Regenwassernetz, sowie eine entsprechende Kennzeichnung der Regenwasserleitungen zu achten. Auf diese Weise wird das Risiko einer versehentlichen Kontamination des Trinkwassernetzes ausgeschlossen.

Es ist ausreichend belegt, dass bei fachgerechter Ausführung und Wartung in über 95% der untersuchten Anlagen das Zisternenwasser die EU-Richtlinie für Badegewässer erfüllt [30], [27], [28]. Es besteht keine Gefahr bei Hautkontakt oder Verschlucken. Bei einer Nutzung zur Toilettenspülung und in der Waschmaschine ist diese Art von Kontakt zudem nicht wahrscheinlich. [26]

Eine Desinfektion von Regenwasser ist in der Regel nicht notwendig. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist der dazu benötigte Energie-, Material- und Chemikalieneinsatz kontraproduktiv. Durch die Desinfektion wird die Qualität des Regenwassers nicht in solchem Maße verbessert, dass es in anderen Einsatzbereichen als Toilettenspülung oder Wäschewaschen genutzt werden könnte. [29]

Die Qualität des Regenwassers hängt maßgeblich mit der Herkunft, also der Ablauffläche, zusammen. In folgender Tabelle sind verschiedene Ablaufflächen nach ihrer Belastung dargestellt:

Tabelle 14: Beurteilung der Belastung des Regenwasserabfluss von befestigten Flächen [31]

Oberfläche	Belastungsklasse
Dachflächen	
Gründächer (ohne pestizidhaltige Materialien)	gering
Dachflächen aus inerten Materialien ohne Metallanwendungen, Glasdächer, Terrassen	gering
Dachflächen aus überwiegend inerten Materialien mit üblichen Anteilen an Metallinstallationen: Kupfer, Zink, Zinn, Blei	mittel (Schadstoffe: Kupfer, Zink, Zinn, Blei)
Dächer mit erhöhten Anteilen an unbeschichteten Metallinstallationen oder –eindeckungen aus Kupfer, Zink, Zinn, Blei	hoch (Schadstoff: Kupfer, Zink, Zinn, Blei)

Oberfläche	Belastungsklasse
Parkplätze und Verkehrsflächen	
Hauszufahrten, Vorplätze, private Parkplätze, Geh-, Rad-, und Flurwege, öffentliche Parkplätze ohne häufigen Fahrzeugwechsel	gering
Umschlag- und Lagerplätze von umweltgefährdenden Stoffen	mittel ⁴
Öffentliche Parkplätze mit häufigem Fahrzeugwechsel (Einkaufszentrum)	mittel bis hoch ⁴
Straßen	abhängig von der Verkehrsbelastung ⁴

Es sollte eine Dacheindeckung gewählt werden, die keine zusätzlichen Schadstoffe ins Regenwasser einträgt. Empfehlenswert ist es weiterhin, auf unbeschichtete Metallteile aus (oder Gemische mit) Kupfer, Zinn, Zink und Blei ganz zu verzichten, da diese durch den leicht sauren Regen gelöst werden und so mit dem Regenwasser in den Boden oder die Kanalisation gelangen. Bereits in vielen Flusssedimenten lassen sich Metalle von Dachabwässern konzentriert wiederfinden. Die einzige sinnvolle Lösung ist demzufolge der Verzicht auf solche Metallteile im Außenbereich.

Die zunehmend vorkommenden Tonnendächer, die eine größtmögliche Raumausnutzung ermöglichen, erlauben meist nur Metallabdeckungen, die die genannten Nachteile bergen. Es sollte dann auf ein Metall mit geringer möglicher Auswaschung, wie z.B. Aluminium, zurückgegriffen werden.

Zu beachten ist weiterhin die standortabhängig unterschiedlich starke Verschmutzung der Dachablaufflächen. Bei stark verschmutzten Dächern, z.B. bei Taubenhaltung, ist eine Regenwassernutzung bedenklich.

Förderung

Die Nutzung von Regenwasser wird in Luxemburg gemäß Artikel 8 des Gesetzes vom 29. Juli 1993 über Gewässerschutz und Wasserwirtschaft finanziell gefördert. Umgesetzt ist dies im Reglement vom 14. Mai 2003 („Règlement grand-ducal du 14 mai 2003 concernant l’allocation d’une aide budgétaire aux particuliers pour la mise en place d’une installation de collecte des eaux de pluie“). Hier wird Privatpersonen eine finanzielle Beihilfe beim Bau einer Regenwasserauffangananlage von 25% der Investitionskosten bis zu einer Höhe von maximal 1000 Euro gewährt. [22] Informationen und Antragsformulare erhält man bei der Wasserverwaltung, der Administration de la Gestion de l’Eau (http://www.eau.public.lu/eaux_usees_pluviales/eaux_pluviales/index.html). Zudem bezuschussen manche Gemeinden die Regenwassernutzung zusätzlich.

⁴ Benzin, Katalysator- Schadstoffe: Blei, Nickel Kobalt, Platin, Palladium, PAK
 Bremsenschadstoffe: Kupfer, Chrom, Nickel, Kadmium
 Reifenschadstoffe: Zink, Blei, Kupfer, Chrom, Nickel, Kadmium
 Straßenbelägeschadstoffe: Nickel, Mangan, Blei, Chrom, Zink, Arsen, PAK
 Straßenunterhaltschadstoffe: Pestizide, Salz

Grauwasserbewirtschaftung [23]

Das größte Volumen des häuslichen Abwasserstroms stellt das Grauwasser aus Dusche, Bad und Küche dar. Es hat nur einen geringen Nährstoffanteil, aber gleichzeitig sind in ihm ungefähr 40% der organischen Fracht des gesamten Abwasserstroms aus Haushalten enthalten. Das Grauwasser ist wenig mit Fäkalkeimen oder Urin belastet. Dieses Wasser kann aufgrund der geringen Nährstoffbelastung problemlos vor Ort behandelt werden und erneut als Brauchwasser zur Toilettenspülung oder zum Wäschewaschen⁵ eingesetzt werden. Auch kann eine einfache dezentrale Lösung zur Abwasserreinigung für fehlende Kläranlagenkapazitäten eine Reinigung des Grauwassers vor Ort mit anschließender Ableitung in den Vorfluter vorsehen.

Vorteile:

- Abwasseraufkommen wird stark verringert
- Abwasserkanalisation kann dementsprechend kleiner dimensioniert werden (Kosteneinsparung)
- Wasser kann anschließend als Brauchwasser wiederbenutzt oder direkt in den Vorfluter eingeleitet werden
- Regelmäßiger witterungsunabhängiger Wasseranfall, weshalb für eine Nutzung geringere Speicherkapazitäten als bei Regenwasser notwendig sind
- Pädagogisches Instrument zur Umweltbildung

Nachteile:

- Mehrkosten durch Bau der Grauwasserbehandlungsanlage
- zweites Netz für die Grauwasserableitung und die Brauchwasserzuleitung erforderlich

Die hygienischen Anforderungen des Grauwassers für die Toilettenspülung oder das Wäschewaschen entsprechen denen, die bereits für Regenwasser genannt wurden.

Da es sich hier um aufbereitetes Abwasser handelt, ist im Gegensatz zur Regenwassernutzung eine Desinfektion vor Wiederbenutzung empfehlenswert.

Nachhaltige Sanitärkonzepte

Eine neue Philosophie bezüglich des Umgangs mit dem, was bisher als Abwasser betrachtet wurde, ist der Ansatz der „nachhaltigen Sanitärkonzepte“. Man spricht auch von „alternativen Sanitärkonzepten“ oder „ecosan Konzepten“, letzteres wurde aus dem englischen Begriff „ecological sanitation“ abgeleitet. Diese neue Entwicklung im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft setzt auf nachhaltige, stoffstromorientierte Lösungsansätze. Die anfallenden Stoffströme aus den Siedlungen werden an der Quelle betrachtet und anhand ihrer Qualität werden Möglichkeiten für eine auf die Verwertung der im Abwasser enthaltenen Wertstoffe ausgerichtete Abwasserbehandlung gesucht. [23]

Die stoffliche Verwertung basiert auf der Rückführung der Nährstoffe aus häuslichen Abwässern in den natürlichen Stoffkreislauf. Die abwasserspezifischen Stoffe werden bei den nachhaltigen Konzepten nicht in die Gewässer überführt. Wichtig ist, bereits in der Planungsphase sinnvolle Einsatzmöglichkeiten von ecosan Konzepten zu prüfen.

⁵ Meist wird recyceltes Grauwasser nur in Toiletten genutzt.

Um die unterschiedlichen Stoffströme getrennt zu erfassen, werden spezifische Sanitärobjekte benötigt:

Bei sogenannten Trenntoiletten, auch NoMix WC genannt, werden Urin und Fäkalien mit geringen Spülwassermengen getrennt erfasst und abgeleitet. Inzwischen werden mehrere Modelle auf dem Markt angeboten, die bereits in Schweden und Norwegen im Alltag getestet wurden. Aber auch in Deutschland und der Schweiz sind die WCs schon heute auf dem Markt. Die Nutzung dieser Toiletten verlangt vom Benutzer einige Gewohnheitsänderungen, z.B. muss man(n) sich hinsetzen. Der Einsatz solcher Toiletten ist nur dort sinnvoll, wo die getrennte Erfassung von Urin und Fäkalien auch genutzt wird. Meist wird der Urin erfasst und zu Düngemittel für die Landwirtschaft aufgearbeitet. Bei diesen Toiletten ist noch Entwicklungsarbeit seitens der Sanitärfirmen zur Optimierung der Funktionen und des Designs notwendig.

Auch wasserlose Urinale sind gut geeignet, um den Stoffstrom Urin von den Fäkalien zu trennen. Sie haben den zusätzlichen Vorteil, dass der Urin nicht durch Spülwasser verdünnt wird, was die weitere Aufarbeitung erleichtert. Ihr Einsatzgebiet liegt vor allem dort, wo eine hohe Frequentierung zu erwarten ist, z.B. in Sportstadien oder Bürogebäuden.

Bei Vakuumtoiletten, wie sie auch in Zügen, Schiffen und Flugzeugen eingesetzt werden, kann die Wasserspülung auf ein Minimum reduziert werden. Interessant ist, dass die Vakuumtechnik bereits vor hundert Jahren in Europa, z.B. in Amsterdam, erfolgreich eingesetzt wurde. Vakuumtoiletten entsprechen den hygienischen und technischen Standards. Der Einsatzbereich liegt vor allem in größeren Gebäudekomplexen (Wohnsiedlungen), wo dann lediglich eine zentrale Vakuumstation benötigt wird. Die Vakuumtechnik kann zur gesonderten Erfassung konzentrierter Abwässer zur anschließenden anaeroben Behandlung, also zur Biogaserzeugung, genutzt werden. Besonders interessant ist die Kombination mit gleichzeitiger Erfassung des Grauwassers. [23] Für weitergehende Informationen und Informationsmaterialien wenden Sie sich bitte an das CRTE (www.crte.lu).

Im Rahmen der Ausstellung „All We Need“ (www.allweneed.lu) in Esch/Belval konnten bis zum 28.10.2007 verschiedene nachhaltige Sanitärobjekte „getestet“ werden. In den Besuchertoiletten der Ausstellung waren sowohl wasserlose Urinale mit Membranverschluss, besonders wassersparende WCs mit 2/4 Liter Spülvolumen als auch Trenntoiletten installiert.

Checkliste:

Für die Planung gibt die SuperDrecksKëscht-Richtlinie Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- ❑ Die montierten Kunststoffteile sollten mit einer Kennzeichnung versehen sein. Bei gleicher Eignung sind gekennzeichnete Kunststoffe gegenüber ungekennzeichneter Ware zu bevorzugen.
- ❑ Wiederverwendbare Styroporchips sollten den Vorzug vor Styroporformteilen als Verpackungshilfen für Sanitärapparate erhalten.
- ❑ Als Trinkwasserfilter sollten keine Systeme zum Einsatz kommen, welche mit Wegwerffiltern arbeiten, rückspülbare Feinfilter sind diesen vorzuziehen.
- ❑ Kunststoffrohre sind möglichst in großen Verpackungseinheiten zu bestellen, als Beispiel: Es ist sinnvoller, 1x 100m zu bestellen als 4x 25m.

- Silikone und andere Dichtungsmassen möglichst in großen Gebinden verwenden.
- Bei Toiletten sind möglichst fest montierte Toilettenbürsten mit auswechselbarem Bürstenkopf vorzusehen.

Über die Abfallwirtschaft bei der Organisation und Durchführung der Bauarbeiten gibt folgendes Kapitel aus dem gleichnamigen Dokument der SuperDrecksKëscht Auskunft:

J] Sanitärinstallation

Links:

www.crte.lu/mmp/online/website/content/water/76/index_EN.html

www.eco-bau.ch

www.passivhaus-vauban.de

www.tu-harburg.de/susan

www.kompetenzwasser.de/Sanitation_Concept_for_Separate_Tre.22.0.html

www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/8524.htm

A.2.3 Entsorgungskonzept

Für die Durchführung der Bauarbeiten und auch für das bestehende Gebäude muss ein Entsorgungskonzept⁶ erstellt werden. In beiden Fällen geben die SuperDrecksKëscht und die Umweltverwaltung Hilfestellungen und stellen Informationen zur Verfügung.

Links:

www.superdreckskescht.lu

www.emwelt.lu

www.environnement.public.lu/dechets/dossiers/bourse/index.html

⁶ ein sogenannter Abfallwirtschaftsplan

A.2.4 Baustellenmanagement

Der Untergrund besteht aus verschiedenen Bodenschichten. Normalerweise ist der Untergrund mit Poren durchsetzt, die Wasser, Luft und Lebewesen enthalten. Die obersten 5 bis 30 Zentimeter bestehen aus durchwurzelten belebten Oberböden. Darunter kommt in 30 bis 80 Zentimeter Tiefe der weniger durchwurzelte Unterboden, dort werden Wasser und Nährstoffe gespeichert. Unter diesen zwei Schichten trifft man auf Gestein.



Checkliste

- ❑ Auf der Baustelle sollten Transportwege angelegt werden z. B. aus Kies oder Bodenplatten, um die Last der Fahrzeuge besser zu verteilen und den Boden zu schützen. Wird der Untergrund zu stark verdichtet, werden die Hohlräume in dem Boden zusammengedrückt und die Poren werden reduziert. Dies führt zum Verlust der Fruchtbarkeit des Bodens und verhindert, dass Regenwasser versickern kann.
- ❑ Es sollte darauf geachtet werden, dass der zu überfahrende Boden nicht zu feucht und die Maschinen nicht zu schwer sind.
- ❑ Die einzelnen Bodenschichten beim Bodenaushub getrennt halten und den Bodenaufbau bei der Rekultivierung berücksichtigen.
- ❑ Bodenschädigende Substanzen immer so lagern, dass eine Wanne eventuell auslaufende Substanzen auffängt.
- ❑ Baumaschinen mit Partikelfiltern ausstatten, um die Feinstaubpartikel zurückzuhalten. Zusätzlich sollten alle lösemittelhaltigen Stoffe sparsam verwendet und sorgfältig verschlossen aufbewahrt werden.
- ❑ Abfälle dürfen auf der Baustelle nicht verbrannt werden.
- ❑ Bei trockenem Wetter stark staubende Fahrwege berieseln, um erhöhten Staubemissionen vorzubeugen.
- ❑ Den Wasserverbrauch auf der Baustelle so gering wie möglich halten, hierzu gehört auch das Verhindern unnötig laufender Wasserhähne.
- ❑ Für viele Reinigungszwecke kann Brauchwasser aus dem Absetzbecken oder Regenwasser genutzt werden. Zum Reinigen von Geräten und Werkzeugen ist z.B. keine Trinkwasserqualität notwendig.
- ❑ Das Abwasser von Baustellen weist oft einen hohen Gehalt an mineralischen Feinstoffen auf, die die Gewässer, die Kanalisation und die Kläranlagen belasten. Deshalb sollten Baustellenabwässer nicht direkt eingeleitet werden, sondern erst ein Absetzbecken durchlaufen.



- Wasser, das mit Öl oder Benzin in Kontakt gekommen ist, sollte über einen Ölabscheider abgeleitet werden. Dazu gehören Reinigungs- und Regenwasser von Abstell- oder Serviceplätzen für Baumaschinen.
- Bei der Betonherstellung entsteht Laugenabwasser. Dieses sollte erst nach einer Neutralisation abgeleitet werden.
- Auf einer Baustelle entsteht unvermeidbarer Lärm, das Umfeld sollte jedoch so wenig wie möglich belastet werden. Anwohner sollten vor Beginn der Baumaßnahmen über die Intensität und die Dauer der Bautätigkeiten informiert werden.
- Lärmintensive Maschinen weit möglichst von bewohntem Raum aufstellen und einhausen. Bei der Auswahl der Geräte auf niedrige Lärmemissionen achten.
- Lärmwände nutzen, Bauarbeiter dazu anhalten Motoren abzustellen und Gegenstände möglichst zu legen und nicht zu werfen.
- Abfälle auf der Baustelle⁷ in erster Linie vermeiden, indem Mehrwegverpackungen wie z.B. Silos genutzt werden.
- Bauabfälle auf der Baustelle trennen und möglichst einem stofflichen Recycling zuführen. Den Einsatz von recycelten Baustoffen vorziehen. Zum Sammeln der Abfälle eignet sich ein Mehrmuldensystem.
- Bauschutt bei Sanierungsmaßnahmen oder Abriss zerstörungsfrei rückbauen, sortenrein trennen und ebenfalls einer Wieder- oder Weiterverwertung zuführen.

⁷ Hierzu gibt es Informationen und Hilfe von der SuperDrecksKëscht unter www.superdreckkescht.lu

A.2.5 Außenanlagen

Auf naturnahe Begrünung der Außenanlagen achten. Naturnah bedeutet, möglichst heimische Pflanzen standortgerecht einzusetzen.

Versiegelte Flächen auf ein Minimum beschränken. Durchlässige Materialien zum Bau von Park- und Wegflächen nutzen. Bei viel genutzten Parkflächen Vorsorge gegen Ölverschmutzung des Bodens und Grundwassers treffen (Ölwannen, Ölabscheider).

Für die Planung gibt die SuperDrecksKëscht Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- ❑ Möglichst die Steine ohne Verpackung (Schrumpffolie) und auf Europaletten liefern lassen.
- ❑ Teerstraßenbelag möglichst aus Recyclingmaterial (Mischung aus neuem Teer und Schreddermaterial aus Straßenerneuerung) erstellen.
- ❑ Als Unterbau von Straßen und Wegen, sollte möglichst gebrochenes Beton- oder Steinrecyclingmaterial verwendet werden.
- ❑ Als Füllmaterial für die Drainageleitungen sollte möglichst gebrochenes Beton- oder Steinrecyclingmaterial verwendet werden.
- ❑ Straßenumöbel sollen möglichst zerlegbar sein und aus unbehandeltem Holz, Stein oder Kunststoffrecyclingmaterial bestehen.
- ❑ In den Außenanlagen sind ausreichend viele Kompostierplätze vorzusehen.
- ❑ Alle Kunststoffteile (Entwässerungstrichter, Substratbehälter, Abschlussprofile usw.) sollten möglichst aus Recyclingkunststoff bestehen und mit einer Kennzeichnung versehen sein. Bei gleicher Eignung sind gekennzeichnete Kunststoffe gegenüber von ungekennzeichneter Ware zu bevorzugen.

Über die Abfallwirtschaft bei der Organisation und Durchführung der Bauarbeiten geben folgende Kapitel aus dem gleichnamigen Dokument der SuperDrecksKëscht Auskunft:

T] Gründächer

U] Außenanlagen

A.3 Baubiologisches Konzept (Gesundheitsaspekte)

[Der folgende Text wurde von Herrn Ralph Baden vom Gesundheitsministerium (Luxemburg) ausgearbeitet.]

Baubiologische Kriterien beziehen sich in erster Linie auf das Vermeiden von gesundheitsschädigenden Einflüssen durch die Wahl der Bauweise, der Baumaterialien sowie das Einbeziehen von gesundheitsfördernden Kriterien, wie beispielsweise die Förderung des gesunden Raumklimas.

Aufgrund der wachsenden Materialvielfalt einerseits sowie den Energiesparkonzepten und der daraus resultierenden Gebäudedichtheit andererseits kommt auch der Innenraumluftqualität und der daraus resultierenden gesundheitlichen Komponente eine immer größere Bedeutung zu.

Während früher die Innenraumluft durch einen natürlichen Luftaustausch selbst bei geschlossenen Fenstern kontinuierlich erfolgte - durch undichte Fensterrahmen und Außentüren, atmungsaktive Außenmauern, usw. - was zu Luftaustauschraten weit über 1 pro Stunde führte (das heißt es erfolgt ein kompletter Luftaustausch der Innenraumluft pro Stunde), wird bei modernen Gebäuden und Neubauten heutzutage selbst die Zielvorgabe einer Luftwechselrate von 0,6 pro Stunde nur noch selten erreicht (das bedeutet, ein kompletter Luftwechsel der Innenraumluft erfolgt in etwas weniger als zwei Stunden).

Die gesundheitlichen Aspekte beziehen sich einerseits auf chemische Schadstoffemissionen sowie auf physikalische Faktoren (Fasern, Feinstäube, radioaktive Belastung von Baustoffen), wobei in erster Linie der Handwerker beziehungsweise der Bauarbeiter während der Bauphase, sprich beim Einbau betroffen ist. Während dieser kurzfristigen Expositionszeit ist er oftmals relativ hohen akuten Belastungen ausgesetzt. Der medizinische Arbeitsschutz sieht maximale Belastungsgrenzen, so genannte MAK-Werte (Maximale Arbeitskonzentrationen) vor. Diese Werte stellen jedoch im Normalfall eine Kompromisslösung zwischen einer gesundheitlichen Fürsorge einerseits und einer technischen Machbarkeit andererseits dar und sind somit keineswegs gesundheitliche Idealwerte.

Darüber hinaus geben viele Baumaterialien über die Bauphase hinaus auch während der eigentlichen Nutzungsphase Schadstoffe an die Raumluft ab. Diese teilweise über Jahrzehnte andauernden Schadstoffemissionen können schlimmstenfalls zu chronischen Belastungen der Bewohner führen. Im Gegensatz zum Arbeitsschutz bestehen für den Schutz der Bewohner für die allermeisten Schadstoffe keine Belastungsgrenzen. Eine möglichst vollständige Minimierung der Schadstoffquellen ist in den meisten Fällen der einzige Ansatz zum gesundheitlichen Schutz der Bewohner.

Zahlreiche unterschiedliche Projekte und Programme der Weltgesundheitsorganisation WHO und der Europäischen Kommission haben zum Ziel, die Problematik der Innenraumluftqualität und der Schadstoffemissionen von Stoffen und Baumaterialien zu bewältigen, so zum Beispiel die europäische „Constructing Products Directive CPD“ oder die Direktive „Registration, Evaluation and Autorisation of Chemicals“, kurz REACH. Konkrete Ergebnisse sind jedoch kaum vor 2011 beziehungsweise 2018 zu erwarten.

Neben den eigentlichen Schadstoffen kommt auch dem Raumklima, welches durch die Baustoffe und Baumaterialien aber auch durch die Bauweise günstig oder ungünstig beeinflusst werden kann, eine wesentliche Bedeutung zu.

Das Raumklima wird durch verschiedene Parameter definiert: Es wird unter anderem durch die Raumlufkonzentration an positiv und negativ geladenen Kleinionen, die Luftfeuchtigkeit, die Lufttemperatur, die elektrostatische Aufladung der Oberflächen sowie die elektrischen niederfrequenten Wechselfelder und die elektromagnetischen hochfrequenten Felder bestimmt. Diese Parameter lassen sich objektiv durch geeignete Messgeräte überprüfen.

Durch die Auswahl und Kombination der Baumaterialien lässt sich das Raumklima positiv oder negativ beeinflussen:

Baustoffe mit geringem Dampfdiffusionswiderstand (μ) haben feuchtigkeitsregulierende oder hygroskopische Eigenschaften, das heißt, dass sie bei hoher Raumlufffeuchte Feuchtigkeit aufnehmen, puffern und später bei geringer Raumlufffeuchte wieder an die Raumluff abgeben können. Auf diese Weise wird eine ausreichende, die Schleimhäute schützende Raumlufffeuchte gewährleistet.

Im Gegensatz zu diffusionsdichten Materialien stellen diffusionsoffene Baustoffe keine Barriere für Gase dar. Atmungsaktive oder diffusionsoffene Baumaterialien (Diffusionskoeffizient D) erlauben gasförmigen Geruchs- oder Schadstoffen durch sie hindurch zu diffundieren. So können diverse Baustoffe nicht nur Gerüche sondern auch Schadstoffe aufnehmen (z.B. Formaldehydaufnahme durch Schafswolle) und so zu einer Reduzierung der Raumluffbelastung beitragen.

In Verbindung mit anhaltender Feuchtigkeit stellen insbesondere Baumaterialien mit organischem Ursprung oder organischen Zusätzen ein geeignetes Substrat für Schimmelpilz- und Bakterienbefall dar (organisches Substrat als Nährstoff für Mikroorganismen). Durch desinfizierende, bakterizide (Bakterien abtötende) oder fungizide (Schimmelpilz abweisende) Eigenschaften können diverse Baumaterialien, beispielsweise durch ihre hohe Alkalinität (z.B. Kalk, Zement) oder ihre rein mineralische Zusammensetzung bis zu einem gewissen Grad ein Schimmelpilz- oder Bakterienwachstum an ihrer Oberfläche verhindern.

Durch Reibung und Luftzirkulation entstehen elektrostatische Spannungen (Luftelektrizität), die das (messbare) Ionenverhältnis der Raumluff ungünstig beeinflussen können. So werden in Innenräumen häufig Konzentrationen von weniger als 200 Ionen/cm³ (bei vorwiegend positiven Kleinionen) gemessen, während in baubiologischen Räumen Konzentrationen von 1000-2000 Ionen/cm³ gängig sind (bei einem ausgewogenem Verhältnis zwischen positiv und negativ geladenen Kleinionen) .⁸ Demnach sollten in Innenräumen Baumaterialien die zu statischen Aufladungen neigen möglichst vermieden und antistatische Baustoffe (die nicht zu einer Aufladung neigen) bevorzugt werden.

Einen besonderen und an Bedeutung zunehmenden Status nimmt das Elektroklima ein: Zum Einen führen die immer zahlreicheren Elektrogeräte und Kommunikationsmittel im Haushalt und speziell im Schlafbereich nicht nur zu einer Zunahme des Komforts sondern ebenfalls zu einer zunehmenden Belastung durch niederfrequenten Elektromog. Zum Anderen bewirkt die ansteigende drahtlose Kommunikationstechnologie⁹ eine rasante Zunahme von hochfrequenter, gepulster elektromagnetischer Strahlenbelastung, deren gesundheitliche Auswirkungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht absehbar sind.

⁸ zum Vergleich: Außenluft 2000 Ionen/cm³, Meeresluft 3000 Ionen/cm³ und Großstadtmog <50 Ionen/cm³

⁹ Mobilfunk: GSM und UMTS; digitales Fernsehen: DVB-T und DRM; drahtlose Internetzugänge: WLAN und WIFI; schnurlose Telefone: DECT

Typische Symptome des niederfrequenten Elektrosogs sind: Schlafstörungen, chronische Müdigkeit, sowie diverse weitere Befindlichkeitsstörungen wie Kopfschmerzen oder Muskelverspannungen. Insbesondere die nächtliche Melatoninsynthese wird gestört. Dabei handelt es sich um ein Immunsystem-stimulierendes, Depressions-hemmendes und Wachstum-förderndes „Hormon“, das vor allem während der nächtlichen Regenerationsphase produziert wird.

Zudem werden elektrische und magnetische niederfrequente Wechselfelder in der IARC-Liste (International Agency for Research on Cancer) als wahrscheinlich krebserregend für den Menschen eingestuft.

Elektrisch leitfähige Baumaterialien können sich verstärkend auf die elektrischen Wechselfelder auswirken. Hier sollte, im Falle eines Einbaus, auf eine fachgerechte Erdung geachtet werden. Auch ist zu beachten, dass Rohre und Leitungen aus leitfähigen Baustoffen elektrische Felder und vagabundierende Ströme weiterführen können.

Die folgende Tabelle gibt Aufschluss der gesundheitlichen Bedeutung von den in den Kapiteln „Baelemente“ und „Baumaterialien“ aufgeführten chemischen Substanzen:

Schadstoff	Symptome akute Vergiftung	Symptome chronische Belastung	Krebs-erregend	MAK-Liste	Fettlös-lich	Anreich-ernd
Acetaldehyd	Kopf-schmerzen, Schleimhaut-reizungen, Atemwegsbe-schwerden	Kopfschmerzen, Schleimhautreizungen, Atemwegsbeschwerden	ja	5 (III B)	-	-
Acrylnitril	Anämie, Schwindel, Erbrechen, Kopfschmerzen	haut- & schleimhautreizend	?	2 (III A2)	k.A.	k.A.
Acrylsäure	lokale Reizwirkungen	lokale Reizwirkungen	-	-	k.A.	k.A.
Acrolein	Reizgas, Reizungen der Schleimhäute, der Augen & des Atemtraktes, Husten	schleimhautreizend, Reizung der Atemwege, Kopfschmerzen, Husten		-	-	-
Aldehyde	Reizgas, Reizungen der Schleimhäute, der Augen & des Atemtraktes, Husten	schleimhautreizend, Reizung der Atemwege, Kopfschmerzen, Husten		k.A.	-	-
Amine		Nitrosierung zu Nitrosaminen	Nitrosamine	k.A.	k.A.	-
Antimon-trioxid (Flamm-schutzmittel)	Reizung der Augen und der Atemwege	Reizung der Augen und der Atemwege	?	2 (III A2)	k.A.	k.A.

Schadstoff	Symptome akute Vergiftung	Symptome chronische Belastung	Krebs- erregend	MAK- Liste	Fettlös- lich	Anreich- ernd
Benzol	Schwindel, Brechreiz, Kopfschmerzen Übelkeit	Müdigkeit, Schwindel, Benommenheit, Kopfschmerzen, Übelkeit, Nieren- & Leberschäden	ja	1 (III A1)	ja	
Biozide	Atemwegsbe- schwerden, neurotoxisch	Atemwegsbeschwerden, neurotoxisch	ja, verschiedene	k.A.	ja	Leber, Nerven- system
Bisphenol	Reizung der Nasenschleim- haut, lebertoxisch	Reizung der Nasenschleimhaut, lebertoxisch, Beeinträchtigung der Fertilität beim Mann	-	-	ja	k.A.
Chloran- isole	unangenehmer Geruch, unspezifische Befindlichkeits- störungen	unangenehmer Geruch, unspezifische Befindlichkeitsstörungen	-	-	k.A.	k.A.
Diamino- diphenyl- methan	Reizung der Atemwege,	Reizung der Atemwege, mutagen, lebertoxisch	ja	2	k.A.	k.A.
Epichlor- hydrin	Reizungen der Haut, Augen und Atemwege, Nervengift (ZNS)	Reizungen der Haut, Augen und Atemwege, Nervengift (ZNS*)	ja	2 - (III A2)	k.A.	k.A.
Ethylbenzol	Reizung der Augen, Haut & Atemwege, narkotisierend	Reizung der Augen, Haut & Atemwege, narkotisierend	ja	3A	k.A.	k.A.
Feinstaub	Atemwegs- beschwerden (Allergien, Asthma), Herz- Kreislaufbe- schwerden	Atemwegsbeschwerden (Allergien, Asthma), Herz- Kreislaufbeschwerden	?	k.A.	k.A.	k.A.
Formalde- hyd	Reizgas, Reizungen der Schleimhäute, der Augen & des Atemtraktes, Husten	schleimhautreizend, Reizung der Atemwege, Kopfschmerzen, Husten	ja	4 (III B)	nein	-
Flugasche	kann Schwermetalle oder Dioxine enthalten	kann Schwermetalle oder Dioxine enthalten	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Schadstoff	Symptome akute Vergiftung	Symptome chronische Belastung	Krebs- erregend	MAK- Liste	Fettlös- lich	Anreich- ernd
Fungizide	Atemwegs- beschwerden, neurotoxisch	Atemwegsbeschwerden, neurotoxisch	ja, verschiedene	k.A.	ja	Leber, Nerven- system
Glykoether	Reizung der Augen, leber- & nierentoxisch, blutbildver- ändernd, embryotoxisch	Reizung der Augen, leber- & nierentoxisch, blutbildverändernd, embryotoxisch	-	-	k.A.	k.A.
Hochofen- schlacke	kann radioaktiv belastet sein	kann radioaktiv belastet sein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Isocyanate	Reizungen der Atemwege, der Haut sowie der Augen, Isocyanat- asthma	Reizungen der Atemwege, Asthma, Hustenreiz, chronische Bronchitis	ja, Diamino- diphenyl- methan (Hydrolyse- produkt)	4 (III B)	k.A.	k.A.
Isothiazolinone	stark allergisierend, Sensibilisierung der Haut	stark allergisierend, Sensibilisierung der Haut	-	-	k.A.	k.A.
Nitrosamine		krebserregend	ja	1 bis 3	k.A.	-
PAK	Reizung der Augen, Atemwege & des Darmtraktes, Entfettung der Haut	Reizung der Augen, Atemwege & des Darmtraktes, Entfettung der Haut	ja, Benzo(a)- pyren, andere	2	k.A.	k.A.
Phenole	zentralnervöse Symptome	Appetitlosigkeit, Erschöpfung, Kopfschmerzen, Dermatitis	-	-	k.A.	k.A.
Phosphor- säureester (Flamm- schutzmittel)	Reizungen der Atemwege, neurotoxisch	Atemwegs- und Nervengifte, neurotoxisch	ja, TCEP	4	ja	Leber, Nerven- system
Polyvinyl- alkohol	siehe Acetaldehyd**	siehe Acetaldehyd**	k.A.	-	k.A.	k.A.
Phthalate (Weich- macher)	Reizungen der Schleimhäute & Atemwege	Hormonartige Wirkung (Schädigung der Hoden), Rhinitis, Ekzema	ja, DEHP	4	ja	Leber

Schadstoff	Symptome akute Vergiftung	Symptome chronische Belastung	Krebs-erregend	MAK-Liste	Fettlös-lich	Anreich-ernd
Schwefel-wasserstoff	Irritation der Konjunktiven, Reizung der Atemwege	Atemwegsbeschwerden	-	-	ja	k.A.
Siloxane	Geruchs-belästigend	k.A.	-	-	k.A.	k.A.
Styrol	Reizung der Augen & der Atemwege	Atemwegsreizungen, Augenreizungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit, Polyneuropathien	ja	5	ja	Nerven-ge-we-be, Gehirn
Terpene	Schleimhaut-reizend	Schleimhautreizend, allergisierend	Limonene ?	-	k.A.	k.A.
Vinylchlorid	narkotische Wirkung, Organerkrankungen (Leber, Milz)	Appetitlosigkeit, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Schwindel, Sensibilitätsstörungen (Paresthesien), Reizbarkeit	ja	1 (III A1)	k.A.	k.A.
Vinyl-cyclohexen	Geruchsbeläs-tigend, reizend	geruchsintensiv, krebserregend	ja	2 (III A2)	k.A.	k.A.
VOC	narkotisierend, Benommenheit Übelkeit, Schwindel	narkotisierend, Benommenheit, Übelkeit, Schwindel	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

MAK und BAT-Werte-Liste (Maximale Arbeitskonzentration, Biologische Arbeitsstofftoleranz)

Kategorie 1 (früher III A1): Stoffe die beim Menschen Krebs erzeugen

Kategorie 2 (III A2): Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen anzusehen sind (im Tierversuch eindeutig krebserzeugend)

Kategorie 3 (III B): Stoffe mit erwiesener oder möglicher krebserzeugender Wirkung, es ist aber keine endgültige Beurteilung aufgrund unzureichender Informationen möglich

Kategorie 3A: Stoffe bei denen die Voraussetzungen erfüllt wären, sie in Kategorie 4 oder 5 einzuordnen, jedoch mit unzureichenden Informationen zur Ableitung von MAK- oder BAT-Werten

Kategorie 3B: Anhaltspunkte für eine krebserzeugende Wirkung aus In-vitro- oder Tierversuchen, jedoch zur Einordnung in eine andere Kategorie nicht ausreichend

Kategorie 4: Stoffe mit krebserzeugender Wirkung, bei denen ein nicht-genotoxischer Wirkungsmechanismus im Vordergrund steht und

bei denen genotoxische Effekte bei Einhaltung der MAK- und BAT-Werte höchstens eine untergeordnete Rolle spielen

Kategorie 5: Stoffe mit krebserzeugender und genotoxischer Wirkung, deren Wirkungsstärke jedoch so gering ist, dass kein nennenswerter zum Krebsrisiko beim Menschen bei Einhaltung der MAK- und BAT-Werte zu erwarten ist.

* ZNS = Zentralnervensystem

** Polyvinylalkohol: das Monomer Vinylalkohol ist nicht stabil und wird in der Raumluft zu Acetaldehyd umgewandelt

B Bauelemente

B.1 Baustruktur

Der Rohbau bestimmt maßgeblich die Qualität des fertigen Gebäudes und muss dementsprechend konstruktiv richtig geplant und ausgeführt werden. Als Zusammenfügung einzelner Bauteile, insbesondere der tragenden Elemente, ist ein Bauwerk stets unter Berücksichtigung der dynamischen Faktoren zu betrachten.

Diese Faktoren sind z.B. die Weiterentwicklung von Baustoffen, die differenziertere Anwendung bauphysikalischer und technischer Erkenntnisse sowie die daraus abgeleiteten Vorschriften im Zusammenhang.

Über die Abfallwirtschaft bei der Organisation und Durchführung der Bauarbeiten geben folgende Kapitel aus dem gleichnamigen Dokument der SuperDrecksKëscht Auskunft:

A] Allgemeines

C] Rohbau

D] Infrastruktur

B.1.1 Fundament

Flächenfundamente werden in der Regel als Einzel-, Streifen- oder Plattenfundamente aus Normalbeton gegossen. Für Pfahlgründungen kommen Stahl-, Stahlbeton- und Spannbetonpfähle zur Anwendung.

Des Weiteren sind bei schwierigen Bodenverhältnissen Bodenverbesserungs- bzw. Bodenaustauscharbeiten zu berücksichtigen.

Checkliste

- Wenn möglich Recyclingmaterial einsetzen.
- Auf genaue Planung und somit Materialersparnis achten.
- Auf Frostschutzmittel (Glykolether) verzichten.

B.1.2 Wandkonstruktion

Bei den Wandkonstruktionen wird zwischen Außen- und Innenwänden, sowie tragenden und nicht tragenden Wänden unterschieden. Wobei Innenwände raumteilende, schalldämpfende sowie Brandschutzfunktion besitzen können.

Die Außenwände bilden flächenmäßig den größten Teil der Gebäudehülle und sind für die energetischen Belange des Baukörpers besonders relevant. An sie werden außer dem Wärmeschutz und der Tragfähigkeit auch bauphysikalische Anforderungen wie Feuchtschutz, Winddichtheit, Schallschutz, Brandschutz und gute Verträglichkeit für den Menschen gestellt. Im Materialvergleich 1: Mauerwerk werden verschiedene Mauerwerksmaterialien gegenübergestellt.

Einschalige Massivmauern werden heute meist aus wärmedämmenden Steinen erstellt, beim Einsatz von Steinen mit schlechten wärmedämmenden Eigenschaften wird eine zusätzliche Dämmung erforderlich.

Zweischaliges Mauerwerk besteht aus einer innen liegenden tragenden Wand und einer äußeren nicht belasteten Schale (Wetterschutz). Es wird unterschieden in zweischaliges Mauerwerk mit Putzschicht, Kerndämmung, Luftschicht oder mit Luftschicht und Wärmedämmung (z.B. aus schwer entflammbarem Polystyrol- oder Polyurethan-Hartschaum, schwer entflammbarer Mineralwolle, Blähperlit-Schüttungen).

Checkliste

- ❑ Material mit hohem Recyclinganteil vorziehen.
- ❑ Materialvielfalt einschränken und Verkleben möglichst vermeiden, um den Rückbau zu erleichtern.
- ❑ Verbundstoffe möglichst vermeiden.

Für die Planung gibt die SuperDrecksKëscht Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- ❑ Möglichst die Steine ohne Verpackung (Schrumpffolie) und auf Europaletten bestellen.
- ❑ Prinzipiell sind Aussparungen bei den Schalungsarbeiten vorzusehen, um nachträgliche Durchbrüche zu vermeiden.
- ❑ Aussparungen in Betonteilen sind möglichst aus wiederverwendbaren Einsätzen oder aus Resthölzern zu fertigen. Styroporeinsätze, die hinterher entfernt werden, sind zu vermeiden.

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

Materialvergleich 1: Mauerwerk

		Kalksandstein	Porenbeton	Leichtbeton aus Bims	Leichtbeton aus Blähton	Mauerziegel	Stahlbeton	Betonstein
Herstellung	Inhaltsstoffe	Sand, Wasser, Kalk, Zusatzstoffe	Wasser, Sand, Kalk, Zement, Anhydrit, Aluminium	Kies, Sand, Portland-Zement, Wasser, Naturbims	Kies, Sand, Portland-Zement, Wasser, Ton	Ton, Wasser, Flugasche, Sand, Kalk	Kies, Sand, Portland-Zement, Wasser, Bewehrung (Eisen- und Stahlschrott)	Kies, Sand, Portland-Zement, Wasser
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/kg	k.A.	+++	++++	+	+++	+++++	+++++
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/kg	k.A.	+	++++	+	++++	+++++	+++++
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	k.A.	++++	+++++	+	++++	+++++	+++++
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	k.A.	++++	+++++	+	++++	+++++	+++++
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/m ³ ₁₀	k.A.	++++ (675)	+++++ (850)	+ (850)	+ (1600)	++++ (2430)	++++ (2380)
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ³	k.A.	+++	+++++	+	+	+++	+++
	Versauerung in g SO _x Äq/m ³	k.A.	+++++	+++++	+	++++	++++	++++

¹⁰ Die Werte in Klammern geben die Dichte in kg/m³ an, die für die Umrechnung genutzt wurden. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog eingesetzt.

Bauelemente

		Kalksandstein	Porenbeton	Leichtbeton aus Bims	Leichtbeton aus Blähton	Mauerziegel	Stahlbeton	Betonstein
	Photosmog in g EthylenÄq/m ³	k.A.	++++	+++++	+	+++	+++++	+++++
	Herstellungsort	Europa	Europa	Europa	Großregion	Europa	Großregion	Großregion
	Material-spezifische Hinweise	-	-	-	-	-	-	-
Einbau	Dichte in kg/m ³	700 – 2000	350 – 1000	500 – 1200	500 – 1200	1000 – 2200	2430	1200- 2400
	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK)	0,5 – 1,3 (Dichte zwischen 1000 und 2200 kg/m ³)	0,11 – 0,27 (Dichte zwischen 350 und 800 kg/m ³)	0,15 – 0,44 (Dichte zwischen 500 und 1200 kg/m ³)	0,18 – 0,46 (Dichte zwischen 500 und 1200 kg/m ³)	0,3 (Leichtlochziegel) bis 0,96 (Vollziegel)	2,1 (Normalbeton)	2,10 (Normalbeton als großformatige Bauteile)
	Normdruckfestigkeit σ in N/mm ²	4 – 28	k.A.	2 – 12	2 – 12	k.A.	k.A.	k.A.
	Baustoffklasse	A1	A1	k.A.	A1	A1	A1 (Normalbeton) / A (Stahl)	A1
	Material-spezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	-	Staubbelastungen beim Zuschneiden vermeiden	Gesundheitsschutz bei der Verarbeitung beachten: Maßnahmen gegen die stark basische Lösung treffen, da ansonsten Verätzungen auftreten können (Haut- und Augenkontakt vermeiden); Staubbelastungen beim Zuschneiden vermeiden	Gesundheitsschutz bei der Verarbeitung beachten: Maßnahmen gegen die stark basische Lösung treffen, da ansonsten Verätzungen auftreten können; Staubbelastungen beim Zuschneiden vermeiden	-	Nachträgliche Veränderungen sind schwer auszuführen. Chromate können bei Berührung zu Allergien führen (Maurerkrätze)	Gesundheitsschutz bei der Verarbeitung beachten: Maßnahmen gegen die stark basische Lösung treffen, da ansonsten Verätzungen auftreten können

Bauelemente

		Kalksandstein	Porenbeton	Leichtbeton aus Bims	Leichtbeton aus Blähton	Mauerziegel	Stahlbeton	Betonstein
Nutzung	Anwendungsbereich	Mauerwerk, Verblendungen, Verkleidung	Plansteine für Mauerwerk, Planbauplatten, Planelemente, Dach- und Deckenplatten, geschosshohe Wandtafeln, bewehrte Wandplatten, Fertigteile	sämtliche Anwendungsbereiche des Hoch- und Tiefbaus	sämtliche Anwendungsbereiche des Hoch- und Tiefbaus	Mauerwerk, Pflasterung	als tragendes Bauteil, Stützen, Unterzüge, Decken, Treppen, Wände, für einheitliche Konstruktionssysteme	sämtliche Anwendungsbereiche des Hoch- und Tiefbaus
	Mittlere Nutzungsdauer in a	120 (Kalksandstein als tragende Innenwand; verkleidet als tragende Außenwand)	100 (Leichtbeton als tragende Innenwand; verkleidet als tragende Außenwand)	100 (Leichtbeton als tragende Innenwand; verkleidet als tragende Außenwand)	100 (Leichtbeton als tragende Innenwand; verkleidet als tragende Außenwand)	90 (Außenwände, bewittert) – 120 (Innenwände)	-	120 (Beton als tragende Innenwand) 70 (Beton bewehrt, als tragende Außenwand)
	Instandhaltung	-	-	-	-	-	Schäden direkt sanieren, Oberflächenbehandlung vornehmen	-
	Material-spezifische Hinweise	-	eventuell Fungizide durch Oberflächenbehandlung	durch Auslaugung und Auswaschung können umweltrelevante Stoffe emittiert werden; erhöhte Radioaktivität möglich (Bims)	durch Auslaugung und Auswaschung können umweltrelevante Stoffe emittiert werden	-	-	durch Auslaugung und Auswaschung können umweltrelevante Stoffen emittiert werden

Bauelemente

		Kalksandstein	Porenbeton	Leichtbeton aus Bims	Leichtbeton aus Blähton	Mauerziegel	Stahlbeton	Betonstein
	Raumklima	+ atmungsaktiv + geruchsabsorbierend + feuchtigkeitsregulierend + desinfizierend + schimmelpilzabweisend (Alkalinität) + antistatisch	+ antistatisch - mäßiges Feuchteverhalten - lange Austrocknungszeiten	+ antistatisch - mäßiges Feuchteverhalten - lange Austrocknungszeiten	+ antistatisch - mäßiges Feuchteverhalten - lange Austrocknungszeiten	+ atmungsaktiv + feuchtigkeitsregulierend + antistatisch	- größtenteils diffusionsdicht, - wasserundurchlässig, - lange Trocknungszeiten - elektrische und elektrostatische Abschirmwirkung durch Stahlarmierung	+ antistatisch - diffusionsdicht
Rückbau	Recyclingfähigkeit	Wiederverwendung als Rohstoff für die Produktion möglich; Weiterverwertung als Bauschutt	Wiederverwendung prinzipiell möglich; Weiterverwertung als Betonzuschlag begrenzt möglich	Wiederverwendung prinzipiell möglich; Weiterverwertung als Betonzuschlag begrenzt möglich	Wiederverwendung prinzipiell möglich; Weiterverwertung als Betonzuschlag begrenzt möglich	Wiederverwendung unbeschadeter Ziegel möglich, Recycling als Schotter oder Zusatzrohstoff möglich, meist Entsorgung in Bauschuttdeponien	Wiederverwendung (nach Trennung von Beton und Stahl)	Wiederverwendung prinzipiell möglich; Weiterverwertung als Betonzuschlag begrenzt möglich

B.1.3 Skelettkonstruktion

Der Unterschied zwischen Skelettbau und Wandaufbau ist, dass Lasten in einer Skelettbauweise punktuell und nicht linear abgeleitet werden. [2] Skelettbau kann in Massivholz-, Stahl- und Stahlbetonbauweise ausgeführt werden.

Vorteile des Skelettbaus, im Vergleich zum Wandaufbau, sind beispielsweise die mögliche Verarbeitung transparenter Außen- und Innenwandflächen zur Verbesserung der Belichtungsverhältnisse (siehe Energiekonzept) [2]. Zudem sind funktionelle Anforderungen an die Innenraumnutzung leichter anzupassen. Beim Skelettbau wird die Eigenlast des Baus verringert, die Wärmespeicherung der Wände kann allerdings nicht genutzt werden.

Checkliste

- Beim Auf- und Abbau die Wiederverwendung der Holz- und Stahlträger gewährleisten.
- Konstruktive Schutzmaßnahmen dem chemischen Schutz vorziehen (siehe dazu Kapitel B.2.6 über Holzschutzmittel).

Für die Planung macht die SuperDrecksKëscht Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- nachträgliche Durchbrüche zu vermeiden.
- Aussparungen in Betonteilen sind möglichst aus wiederverwendbaren Einsätzen oder aus Resthölzern zu fertigen. Styroporeinsätze, die hinterher entfernt werden, sind zu vermeiden.
- Äußerst wichtig ist es, die gesamte Holzkonstruktion nach einem sehr genauen Aufmaß vorgefertigt, zu liefern und zu montieren. Dies hilft nicht nur unnötigen Abfall zu vermeiden, sondern bringt einen erheblichen Zeitgewinn.
- Die Holzstapel sollten, wenn möglich, nur mit Metallbändern gebunden werden.
- Möglichst das Holz unbehandelt, also ohne Holzschutzmittel, einbauen.

Links

<http://www.verbaende.com/>

<http://baumaterial.baulinks.de/baustoffe/baumaterial.htm>

<http://www.umweltmesstechnik.com/Probleme.htm>

<http://www.baumaterialien.info/>

<http://www.lrz-muenchen.de/~volland/vhb/einblicke/wandbau.pdf>

B.1.4 Deckenkonstruktion

Decken haben statische, schallschützende, brandschützende und wärmeschützende¹¹ Aufgaben. Sie bestehen aus verschiedenen Materialschichten und können auch aus vorgefertigten Elementen zusammengesetzt werden.

In diesem Kapitel werden nur die Rohbau-Materialien betrachtet. Dämmstoffe, Folien, Putze und weitere Materialien zum Ausbau werden in den kommenden Kapiteln behandelt.

Checkliste

- ❑ Material mit hohem Recyclinganteil vorziehen.
- ❑ Materialvielfalt einschränken, um den Rückbau zu erleichtern.
- ❑ Verbundstoffe vermeiden.
- ❑ Mögliche bedenkliche Zusatzstoffe vermeiden (z.B. Frostschutzmittel).

Für die Planung gibt die SuperDrecksKëscht Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- ❑ Abgehangene Decken sollen die Zugriffsmöglichkeit auf die darüber liegenden Installationen ermöglichen, damit bei einer Unterhaltsarbeit der Installationen, die Decke nicht beschädigt wird.
- ❑ Die Systeme bzw. die Rastergrößen so zu verwenden, dass Verschnitte möglichst auszuschließen sind.

Über die Abfallwirtschaft bei der Organisation und Durchführung der Bauarbeiten geben folgende Kapitel aus dem gleichnamigen Dokument der SuperDrecksKëscht Auskunft:

R] Zwischen- und Schallschutzdecken

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

¹¹ Besonders die obersten Geschossdecken und die Kellerdecken.

Materialvergleich 2: Deckenkonstruktionen

		Normalbeton	Hochfester Beton	Stahlbeton	Elektrostahl (niedriglegiert)	Massivholz (Holz)
Herstellung	Inhaltsstoffe	Kies, Sand, Portland-Zement, Wasser	Kies, Sand, Portland-Zement, Wasser, Verflüssiger, Zusatzstoffe (Silicatstaub) [20]	Zement, Sand, Wasser, Eisenschrott	Eisen- und Stahlschrott	Holz
	Energieaufwand in MJ/kg	+++++	+++++	+++++	+	++++
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/kg	+++++	+++++	+++++	+	+++++
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	+++++	+++++	+++++	+	++++
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	+++++	+++++	+++++	+	++++
	Energieaufwand MJ/m ³ ¹²	+++++ (2380)	+++++ (2440)	+++++ (2430)	+ (7850)	+++++ (800)
	Treibhauspotenzial kg CO ₂ Äq/m ³	+++++ (2380)	+++++ (2440)	+++++ (2430)	+ (7850)	+++++ (800)
	Versauerung in g SO _x Äq/m ³	+++++	+++++	+++++	+	+++++
	Photosmog in g EthylenÄq/m ³	+++++	+++++	+++++	+	+++++
	Herstellungsort	Großregion	Großregion	Großregion	Großregion	Großregion
	Materialspezifische Hinweise	-	-	-	Recyclingmaterial, Oberflächenbehandlungsverfahren relevant (siehe auch [38])	verschiedene Holzstäube können krebserregend sein
	Einbau	Dichte in kg/m ³	1200- 2400	2000 – 2800 [4]	2430	7850

¹² Die Werte in Klammern geben die Dichte in kg/m³ an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

Bauelemente

		Normalbeton	Hochfester Beton	Stahlbeton	Elektrostahl (niedriglegiert)	Massivholz (Holz)
	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK)	2,10 (Normalbeton als großformatige Bauteile)	2,10 (Normalbeton als großformatiges Bauteil) [20]	2,1 (Normalbeton)	60	0,13 (Nadelholz) 0,20 (Laubholz)
	Druckfestigkeit in N/mm ²	10 – 50 ¹³	k.A.	-	-	40 – 50 (Fichte) 43 – 49 (Esche) 58 - 72 (Nussbaum)
	Zugfestigkeit in N/mm ²	1,6 – 5,2 N/mm ² ¹⁴	k.A.	siehe Elektrostahl	330 – 610 [3]	80 – 90 (Fichte) 130 - 160 (Esche) 100 (Nussbaum)
	Baustoffklasse	A1	A1	A1 (Normalbeton) / A (Stahl)	A	k.A.
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Gesundheitsschutz bei der Verarbeitung beachten: Maßnahmen gegen die stark basische Lösung treffen, da ansonsten Verätzungen oder „Maurerkrätze“ (allergische Dermatose durch Chromate) auftreten können	Gesundheitsschutz bei der Verarbeitung beachten: Maßnahmen gegen die stark basische Lösung treffen, da ansonsten Verätzungen auftreten können. Berührung mit Augen und Haut vermeiden, (Folge kann die sogenannte „Maurerkrätze“ sein, eine allergische Dermatose durch Chromate).	Nachträgliche Veränderungen sind schwer auszuführen. Berührung mit Augen und Haut vermeiden, es kann zu einer allergischen Dermatose durch Chromate führen („Maurerkrätze“).	-	verschiedene Holzstäube können krebserregend sein; wenn Holzstaub entsteht immer mit Feinstaubmaske arbeiten
Nutzung	Anwendungsbereich	sämtliche Anwendungsbereiche des Hoch- und Tiefbaus	sämtliche Anwendungsbereiche des Hoch- und Tiefbaus [3]	als tragendes Bauteil, Stützen, Unterzüge, Decken, Treppen, Wände, für einheitliche Konstruktionssysteme	Betonstahl, Stahlträger,	Rohbau, Struktur für lose Wärmedämmung

¹³ Würfel - Druckfestigkeitsklassen für Normalbeton nach DIN 1045-1 und DIN1045-2:2001

¹⁴ Mittlere Zugfestigkeit für Normalbeton nach DIN 1045-1 und DIN1045-2

Bauelemente

		Normalbeton	Hochfester Beton	Stahlbeton	Elektrostahl (niedriglegiert)	Massivholz (Holz)
	Mittlere Nutzungsdauer in a	120 (Beton als tragende Innenwand) 70 (Beton bewehrt, als tragende Außenwand)	120 (Beton als tragende Innenwand), 70 (Beton bewehrt, als tragende Außenwand)	-	80 – Außenstützen 90 – Innenstützen	100 (Hartholz, verkleidet als Außenwand (-stütze) und als Innenwand (-stütze))
	Instandhaltung	-	-	Schäden direkt sanieren, Oberflächen-behandlung vornehmen	vor Korrosion schützen	abhängig von der Oberflächen-behandlung
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Durch Auslaugung und Auswaschung können umweltrelevante Stoffe emittiert werden.	Durch Auslaugung und Auswaschung können umweltrelevante Stoffe (Zuschlagstoffe) freigesetzt werden.	-	abhängig vom Korrosionsschutz	potentielle Schadstoffbelastungen nur beim Einsatz von Holzschutzmitteln
	Raumklima	+ antistatisch - größtenteils diffusionsdicht - wasserundurchlässig - lange Trocknungszeiten	+ antistatisch - größtenteils diffusionsdicht, - wasserundurchlässig, - lange Trocknungszeiten/ Verdunstung	- größtenteils diffusionsdicht, - wasserundurchlässig, - lange Trocknungszeiten - elektrische und elektrostatische Abschirmwirkung durch Stahlarmierung	- elektrisch leitfähig, auf Kriechströme und elektrische Ankopplungen achten	unversiegeltes Holz: + atmungsaktiv + feuchtigkeitsregulierend + antistatisch Versiegeltes Holz: - elektrostatisch - diffusionsdicht - wasserdampfdicht
Rückbau	Recyclingfähigkeit	Wiederverwendung prinzipiell möglich, Weiterverwertung als Betonzuschlag begrenzt möglich	Wiederverwendung prinzipiell möglich, Weiterverwertung als Betonzuschlag begrenzt möglich [3]	Weiterverwertung (nach Trennung von Beton und Stahl)	Wiederverwendung am Bau, Weiterverwertung in der Elektrostahlindustrie	Wiederverwendung am Bau, Weiterverwertung von unverschmutztem / unbehandeltem Holz zur Herstellung von Spanplatten möglich, energetische Nutzung

Materialvergleich 3: Deckenverkleidung

		Brettschichtholz (Holz)	Hartfaserplatten (Holz)	Spanplatten (Holz)
Herstellung	Inhaltsstoffe	Holz, Bindemittel	Holz, Bindemittel	Holz, Bindemittel
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/kg	+++++	+	++++
	Treibhauspotenzial kg CO ₂ Äq/kg	++	+++++	+++
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	+	++++	+++++
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	+	+++++	+++++
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand MJ/m ² ₁₅	+++++ (12,5)	+ (18)	++++ (14)
	Treibhauspotenzial kg CO ₂ Äq/m ²	+	+++++	++
	Versauerung in g SO _x Äq/m ²	+	+	+++++
	Photosmog in g EthylenÄq/m ²	+++	+	+++++
	Herstellungsort	Großregion	Europa	Großregion
Materialspezifische Hinweise	verschiedene Holzstäube können krebserregend sein	verschiedene Holzstäube können krebserregend sein, Formaldehydemissionen sind möglich [3]	verschiedene Holzstäube können krebserregend sein, Formaldehydemissionen sind möglich [3]	

¹⁵ Die Werte in Klammern geben die Flächendichte in kg/m² an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Dabei wurde eine Stärke von 2 cm angenommen. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

		Brettschichtholz (Holz)	Hartfaserplatten (Holz)	Spanplatten (Holz)
Einbau	Dichte in kg/m ³	450 – 800 [3]	800 – 1000 [3]	700 [3]
	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK)	0,13 [3]	0,17 (Dichte von 1000 kg/m ³)	0,13 (Flachpressplatten) 0,17 (Strangpressplatten)
	Druckfestigkeit in N/mm ²	k.A.	k.A.	k.A.
	Zugfestigkeit in N/mm ²	k.A.	k.A.	k.A.
	Baustoffklasse	B2 [3]	B2 [3]	B2 (Flachpress- und Strangpressplatten); B1 und A2 (zementgebundene Spanplatten)[3]
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	verschiedene Holzstäube können krebserregend sein; wenn Holzstaub entsteht immer mit Feinstaubmaske arbeiten	wenn Holzstaub entsteht immer mit Feinstaubmaske arbeiten	verschiedene Holzstäube können krebserregend sein; wenn Holzstaub entsteht immer mit Feinstaubmaske arbeiten
Nutzung	Anwendungsbereich	Konstruktionsholz [3]	Innenausbau und Möbelwesen [3]	Bau- und Möbelwesen [3]
	Mittlere Nutzungsdauer in a	k.A.	k.A.	k.A.
	Instandhaltung	abhängig von der Oberflächenbehandlung	-	-
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Formaldehyde, Isocyanate (je nach Bindemittel und Verarbeitung)	je nach Typ, Formaldehyd-emissionen (je nach Bindemittel und Verarbeitung)	je nach Typ, Formaldehydmissionen (je nach Bindemittel und Verarbeitung)
	Raumklima	- elektrostatisch - diffusionsdicht - wasserdampf-dicht (je nach Oberflächenbehandlung)	-elektrostatisch - diffusionsdicht - wasserdampf-dicht (je nach Oberflächenbehandlung)	- elektrostatisch - diffusionsdicht - wasserdampf-dicht (je nach Oberflächenbehandlung)

		Brettschichtholz (Holz)	Hartfaserplatten (Holz)	Spanplatten (Holz)
Rückbau	Recyclingfähigkeit	Wiederverwendung, energetische Nutzung [3]	Wiederverwendung, Weiterverwertung in der Entwicklung, energetische Nutzung [3]	Wiederverwendung, Weiterverwertung in der Entwicklung, energetische Nutzung [3]

B.1.5 Dacheindeckung

Die Dacheindeckung dient hauptsächlich zum Ableiten von Niederschlägen und zum Schutz vor Eindringen von Wasser oder Schnee durch Winddruck; sie sollte also regensicher, wetter- und feuerfest sein. Eine weitere Aufgabe der Dacheindeckung ist der dauerhafte Erhalt der bestehenden Bausubstanz.

Die externe Dachhülle hängt vom Typ des Daches ab. Bei Flachdächern (d.h. bei einer Neigung kleiner als 5°) kommen hauptsächlich Dachabdichtungen zum Einsatz, bei Schrägdächern spricht man von Dacheindeckungen. Dachabdichtungen werden im Abschnitt Dachdichtungsbahnen behandelt.

Zu beachten ist, dass je nach Dachneigung, verschiedene Dachmaterialien nicht oder nur unter Beachtung besonderen Maßnahmen (z. B. besondere Befestigungsmechanismen) eingesetzt werden dürfen. Die folgende Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Mindestdachneigungen in Abhängigkeit der Deckungsarten an, welche jedoch je nach Art der Deckung und Materialdimensionen variieren können.

Tabelle 15: Dacheindeckung in Abhängigkeit des Neigungswinkels [7]

Deckungsmaterial	Dachneigung
Dachziegel	ab 22 – 40°
Schiefer	ab 22 – 30°
Faserzementwellenplatten	ab 7 – 15°
Metalldeckungen	ab 3°

Checkliste

- Material mit hohem Recyclinganteil bevorzugt einsetzen.
- Verbundstoffe vermeiden; Materialzusammenstellung so wählen, dass ein Rückbau möglich ist.
- Bei Metallbedeckungen darauf achten, dass keine Metalle wie Zink und Kupfer ausgewaschen werden können. Hierbei ist zu beachten, dass der Regen bei uns im sauren Bereich liegt und Metallionen leichter ausgewaschen werden können.
- Klebstoffe vermeiden, mechanische Befestigungen vorziehen.
- Unglasierte Dachziegel den glasierten Dachziegeln vorziehen.
- Bei Metallbedachungen die elektrochemische Korrosion von Metallen beachten (Aluminium/Kupfer, Kupfer/Titanzink, Kupfer/verzinkter Stahl) und gegebenenfalls andere Materialien einsetzen.
- Elektrisch leitfähige Metallkonstruktionen unbedingt erden.
- Bei den Unterdachkonstruktionen aus Holz nur die notwendigen Schutzmaßnahmen treffen, eine Behandlung gegen holzerstörende Pilze und Insekten ist normalerweise nicht erforderlich.
- Beim Rückbau von Metallen unbedingt ein sortenreines Recycling veranlassen.
- Beim Rückbau intakte Dacheindeckung wiederverwenden.

- Bei Säuberungsmaßnahmen der Dacheindeckung, wie z. B. der Moosentfernung, auf mechanische Verfahren wie z.B. Dampfdruckstrahler zurückgreifen. Herbizide vermeiden.[5]
- Auf architektonisch festgelegte Materialien seitens der Gemeinde achten (PAG, Plan d'Aménagement Général).

Für die Planung gibt die SuperDrecksKëscht Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- Provisorische Dacheindeckungen sind zu vermeiden, falls jedoch notwendig, sollten die verwendeten Materialien (Planen) wiederverwendbar sein.
- Die Lötlampen nur mit nachfüllbaren Gasbehältern betreiben.
- Es sind möglichst reine Metalle vorzusehen (Legierungen vermeiden), das Verbinden von verschiedenen Metallen ist möglichst zu vermeiden.
- Die Stahlteile sind möglichst durch Schrauben miteinander zu verbinden, dies spart Elektroden zum Schweißen und gewährleistet in der Zukunft einen einfachen neuerlichen Korrosionsschutz durch Abmontieren.
- Die Metallteile sind möglichst manuell mit Pinsel, oder mit dem speziellen elektrostatischen Spritzverfahren mit Farbe zu beschichten. Herkömmliche Spritzverfahren haben große Farbverluste, welche aufwendig entsorgt werden müssen.
- Abdeckmaterialien zum Schutze der Böden und Einbauelemente, sind möglichst nur punktuell einzusetzen und dem Fortgang der Arbeiten anzupassen.

Über die Abfallwirtschaft bei der Organisation und Durchführung der Bauarbeiten geben folgende Kapitel aus dem gleichnamigen Dokument der SuperDrecksKëscht Auskunft:

E] Zimmerer / Spengler / Dachdecker / Wärmedämmung

M] Bauschlosserei

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

Materialvergleich 4: Dacheindeckung (Teil I)

		Ton-Dachziegel	Schiefer	Faserzementplatten	Normalbetondachstein
Herstellung	Inhaltsstoffe	Ton, Wasser, Flugasche, Sand, Kalk	Schiefer	Zement, Wasser, Zusatzstoffe, Zellulosefasern, organische Fasern	Kies, Sand, Portland-Zement, Wasser
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/kg	+++++	k.A.	+++++	+++++
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/kg	+++++	k.A.	+++++	+++++
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	+++++	k.A.	+++++	+++++
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	+++++	k.A.	+++++	+++++
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/m ² ¹⁶	++++ (25,5)	k.A.	++++ (11,6)	+++++ (35,7)
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ²	++++	k.A.	++++	+++++
	Versauerung in g SO _x Äq/m ²	+++++	k.A.	+++++	+++++
	Photosmog in g EthylenÄq/m ²	+++++	k.A.	+++++	+++++
	Herstellungsort	Europa	Großregion	Großregion	Großregion

¹⁶ Die Werte in Klammern geben die Flächendichte in kg/m² an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

Bauelemente

		Ton-Dachziegel	Schiefer	Faserzementplatten	Normalbetondachstein
	Material-spezifische Hinweise	Es werden auch glasierte Dachziegel angeboten ¹⁷	-	abhängig von der Oberflächenbehandlung	-
Einbau	Dichte in kg/m ³	1200 – 2200	2700 – 2800	1600 – 1700	1200- 2400
	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK)	0,50 – 0,96	2	0,6	2,10 (Normalbeton als großformatige Bauteil)
	Druckfestigkeit in N/mm ²	4 - 28	k.A.	k.A.	k.A.
	Baustoffklasse	k.A.	A1	A2	A1
	Material-spezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	-	-	Staubbelastungen (Schneiden)	Gesundheitsschutz bei der Verarbeitung beachten: Maßnahmen gegen die stark basische Lösung treffen, da ansonsten Verätzungen oder „Maurerkrätze“ (allergische Dermatose durch Chromate) auftreten können
Nutzung	Anwendungsbereich	Dacheindeckung	Fassadenbekleidung und Dacheindeckung	Verkleidung und Dacheindeckung	sämtliche Anwendungsbereiche des Hoch- und Tiefbaus
	Mittlere Nutzungsdauer in a	50	70	55 (nichttragende Konstruktion Außen) 40 (nichttragende Konstruktion, Dächer)	120 (Beton als tragende Innenwand) 70 (Beton bewehrt, als tragende Außenwand)
	Instandhaltung	-	-	-	-

¹⁷ Glasierte Dachziegel werden angeboten, dann erhöhen sich jedoch der Energieaufwand und die Emissionen bei der Herstellung.

Bauelemente

		Ton-Dachziegel	Schiefer	Faserzementplatten	Normalbetondachstein
	Material-spezifische Hinweise	-	-	Es kann eine erhöhte Radioaktivität je nach Zementart (nicht bei Portlandzementen) vorliegen.	Durch Auslaugung und Auswaschung können umweltrelevante Stoffe emittiert werden.
	Raumklima	-	+ antistatisch (sofern keine Oberflächenbehandlung)	+ antistatisch - diffusionsdicht - lange Trocknungszeiten/ Verdunstung	+ antistatisch - größtenteils diffusionsdicht - wasserundurchlässig - lange Trocknungszeiten
Rückbau	Recycling-fähigkeit	Wiederverwendung unbeschadeter Ziegel möglich, Recycling als Schotter oder Zusatzrohstoff möglich	Wiederverwendung unbeschadeter Schieferplatten möglich, Recycling von zerkleinertem Schiefer zur Bodenverbesserung	Wiederverwendung unbeschadeter, asbestfreier Platten möglich, Weiterverwertung als Zuschlagstoff für Zement und als Kiesersatz einsetzbar	Wiederverwendung prinzipiell möglich, Weiterverwertung als Betonzuschlag begrenzt möglich

Materialvergleich 4: Dacheindeckung (Teil II)

		Kupfer	Titanzink	Verzinktes Stahlblech	Aluminiumblech
Herstellung	Inhaltsstoffe	Kupfer	Zink, Kupfer, Titan, Aluminium	Blasstahl, Zink, Entfettungsmittel	Aluminium, Magnesium, Mangan, Silizium
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/kg	++++	k.A.	++++	+
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/kg	++++	k.A.	++++	+
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	+	k.A.	++++	+++
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	+	k.A.	++++	+
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/m ² ¹⁸	++ (9,79)	k.A.	++ (7,85)	+(2,03)
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ²	+++	k.A.	++	+
	Versauerung in g SO _x Äq/m ²	+	k.A.	++++	+++++
	Photosmog in g EthylenÄq/m ²	+	k.A.	+++++	++++
	Herstellungsort	Großregion	Großregion	Großregion	Großregion

¹⁸ Die Werte in Klammern geben die Flächendichte in kg/m² an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

		Kupfer	Titanzink	Verzinktes Stahlblech	Aluminiumblech
	Material-spezifische Hinweise	-	metallische Zinkemissionen in der Nähe der Produktionsbetriebe, Zinkschlämme werden wieder der Produktion zurückgeführt	Zink, Salzsäure, Ammoniak	Fluorid- und Aluminiumstaubemissionen
Einbau	Dichte in kg/m ³	8900	7140	7850	2700
	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK)	380	109	60	200
	Druckfestigkeit in N/mm ²	-	-	-	-
	Baustoffklasse	A	A	A	A
	Material-spezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	beim Löten auf Verätzungsgefahr achten; Kleberemissionen möglich	Beim Löten auf Verätzungsgefahr achten.	Zinkstaubemissionen	beim Löten auf Verätzungsgefahr achten; Kleberemissionen möglich
Nutzung	Anwendungsbereich	Fassadenbekleidung und Dacheindeckung, Rohre	Fassadenbekleidung, Dacheindeckung, Dachentwässerung	Dachdeckung, Rohre, Zubehörteile (Rinnen usw.)	Fassadenbekleidung und Dacheindeckung
	Mittlere Nutzungsdauer in a	50 (nichttragende Konstruktion, Dächer) 50 (nichttragende Konstruktion, außen, Mauerabdeckung)	35 (nichttragende Konstruktion, Dächer) 25 (nichttragende Konstruktion, außen, Mauerabdeckung)	40 (nichttragende Konstruktion, außen)	40 (nichttragende Konstruktion, außen)
	Instandhaltung	Durch Einwirkung von Sauerstoff, Kohlendioxid und Feuchtigkeit bildet sich eine grüne Schicht (Patina).	Schutzanstrich je nach Alterung erneuern	-	Durch Kontakt mit der Atmosphäre bildet sich eine Schutzschicht.

Bauelemente

		Kupfer	Titanzink	Verzinktes Stahlblech	Aluminiumblech
	Material-spezifische Hinweise	Auswaschen von Kupfer durch Regen	Auswaschen von Zink durch Regen	Zinkauswaschungen	-
	Raumklima	+ Abschirmwirkung gegen hochfrequente elektromagnetische Felder (Mobilfunkantennen) - diffusionsdicht - elektrisch leitfähig, kann elektrische Felder der Steckdosen, Lichtschalter und Leitungen weiterleiten	+ Abschirmwirkung gegen hochfrequente elektromagnetische Felder (Mobilfunkantennen) - diffusionsdicht - elektrisch leitfähig, kann elektrische Felder der Steckdosen, Lichtschalter und Leitungen weiterleiten	+ Abschirmwirkung gegen hochfrequente elektromagnetische Felder (Mobilfunkantennen) - diffusionsdicht - elektrisch leitfähig, kann elektrische Felder der Steckdosen, Lichtschalter und Leitungen weiterleiten	+ Abschirmwirkung gegen hochfrequente elektromagnetische Felder (Mobilfunkantennen); - diffusionsdicht, wasserdampfdicht; - elektrisch leitfähig, kann elektrische Felder der Steckdosen, Lichtschalter und Leitungen weiterleiten
Rückbau	Recycling-fähigkeit	Weiterverwertung zur Aufbereitung von Kupfer	Weiterverwertung zur Aufbereitung zu Zink	Wiederverwendbar als Rohstoff zur Stahlproduktion	Wiederaufbereitung zu Aluminium

B.1.6 Abdichtungsbahnen

Flachdächer entstehen meist aus planerischen¹⁹, ästhetischen Überlegungen heraus. Die Haltbarkeit ist gegenüber Steildächern oft vermindert. Bei dem Entschluss zu einem Flachdach sollte geprüft werden, ob eine Begrünung oder eine Nutzung als Terrasse möglich ist. Flachdächer können ohne Bedeckung, oder aber mit einer Schutzschicht, z.B. aus Kies, konstruiert werden. Bei fehlender Schutzschicht muss die Abdichtung hohen Belastungen standhalten können. [3]

Checkliste

- Bitumenschwarzanzstriche nur mit Wasser als Lösungsmittel einsetzen.
- Bei Anstrichen von Dachbeschichtungs- und Abdichtungsbahnen lösemittelfreie Systeme einsetzen.
- Unkrautvertilgungsmittel vermeiden, durch Kontrollgänge (ca. 2 pro Jahr) Sämlinge entfernen.
- Bitumenabdichtungsbahnen sollten aus gesundheitlichen Gründen nur im Außenbereich eingesetzt werden.

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

¹⁹ Oft werden hier technische Aggregate aufgestellt, die leicht zugänglich sein müssen.

Materialvergleich 5: Abdichtungsbahnen

		Bitumendichtungsbahn	Polyolefin- (FPO) Dichtungsbahn	PVC-Dichtungsbahn	Polyisobuten (PIB) - Dichtungsbahn
Herstellung	Inhaltsstoffe	Bitumen, Kalk, Kies, PE, Polystyrol	Polyolefine, Füllstoffe, Pigmenten, Glasvlies, Stabilisator	Polyvinylchlorid, Weichmacher, Füllstoffe, Stabilisator, Pigmenten, Glasvlies	Erdöl, Kreide, Aluminiumsilikat
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/kg	+++++	+	+++	k.A.
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/kg	+++++	+	+	k.A.
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	+++++	+	++	k.A.
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	+++++	++	+	k.A.
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/m ² ²⁰	+ (3,10)	+ (1,78)	+++++ (2,08)	k.A.
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ²	+++++	++	+	k.A.
	Versauerung in g SO _x Äq/m ²	+++++	+	+++	k.A.

²⁰ Die Werte in Klammern geben die Flächendichte in kg/m² an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

		Bitumendichtungsbahn	Polyolefin- (FPO) Dichtungsbahn	PVC-Dichtungsbahn	Polyisobuten (PIB) - Dichtungsbahn
	Photosmog in g EthylenÄq/m ²	+++++	+++	+	k.A.
	Herstellungsort	Großregion	Großregion	Großregion	Großregion
	Materialspezifische Hinweise	-	-	-	Als Bahnen verfügbar
Einbau	Dichte in kg/m ³	1160 [8] (Gewicht: 1,5 – 4,7 kg/m ² [3] – Auswahl)	910 (Gewicht: 1,76 – 1,8 kg/m ² [3])	1290 [8] (Gewicht: 1,85 – 2,3 kg/m ² [3] – Auswahl)	k.A.
	Dampfleitfähigkeit in µg/mhPa	k.A.	9,6 (bei 2 mm Dicke)	25,8 (bei 1,8 mm Dicke)	k.A.
	Baustoffklasse	k.A.	B2	B2	B2
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	abhängig von der Befestigungs- und Abdichtungsart können verschiedene Emissionen entstehen (PAK) (siehe Klebstoffe); PAK – polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe können emittieren (werden über die Atemwege und die Haut aufgenommen)	Klebstofftyp beachten – Emissionen möglich, kann mit und ohne Schutzschicht verlegt werden	Klebstoffe beachten; Phthalate, Vinylchlorid, VOC, Bitumen (Kleber)	Kann mit und ohne Schutzschicht verlegt werden.
Nutzung	Anwendungsbereich	Bauwerkabdichtung gegen nicht drückendes Wasser unter Terrain, Dampfsperre	Flachdachabdichtung, Grundwasserabdichtung, Feuchtigkeitsabdichtung, Unterdachabdichtung	Flachdachabdichtung, Grundwasserabdichtung, Feuchtigkeitsabdichtung, Dampfsperren	Flachdachabdichtung

		Bitumendichtungsbahn	Polyolefin- (FPO) Dichtungsbahn	PVC-Dichtungsbahn	Polyisobuten (PIB) - Dichtungsbahn
	Mittlere Nutzungsdauer in a	20 (Flachdachabdichtung, ohne Schutzschicht) 30 (Flachdachabdichtung, mit Schutzschicht, z.B. Kies)	20 (Flachdachabdichtung, ohne Schutzschicht) 30 (Flachdachabdichtung, mit Schutzschicht, z.B. Kies)	20 (Flachdachabdichtung, ohne Schutzschicht) 30 (Flachdachabdichtung, mit Schutzschicht, z.B. Kies)	
	Instandhaltung	Reparaturen sind einfach möglich	Reparaturen sind möglich	-	Reparaturen sind möglich
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Bitumenbestandteile werden durch Abbauprodukte freigesetzt; nur außen einsetzbar; bei Einsatz in Innenräumen: PAK - Emissionen (dauerhaft)	Stabilisatoren können emittieren; Klebertyp beachten	Qualitätsabhängige VOC Emissionen (unbedingt auf Nachweise der Hersteller achten), Weichmacher (Phthalate) können bei schlechter Qualität ausdiffundieren; Vinylchlorid, eventuell PAK (Bitumen)	auf Kleber achten
	Raumklima	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht	- diffusionsdicht - Dampfsperre - elektrostatisch	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch	- elektrostatisch - diffusionsdicht
Rückbau	Recyclingfähigkeit	Weiterverwertung in der Bitumenproduktion möglich, energetische Verwertung	Weiterverwertung als Sekundärrohstoff für Schutzbahnen, energetische Verwertung	Wiederverwendung, Weiterverwertung als Sekundärrohstoff möglich, energetische Verwertung in MVA ²¹ ist quantitativ limitiert	stoffliche Verwertung nur nach Trennung der Folie und des Vlieses durchführbar, energetische Nutzung möglich

²¹ Müllverbrennungsanlage

B.1.7 Fenster

Der Wärmebedarf eines Gebäudes wird wesentlich durch die Fenster beeinflusst. Hier muss also eine sinnvolle und energieeffiziente Auswahl getroffen werden. Anforderungen an Fenster sind vielfältig: [7]

- Lichtdurchlässigkeit,
- Wärmeschutz,
- Schlagregendichtigkeit,
- Fugendurchlässigkeit,
- Schallschutz,
- Brandschutz,
- usw.

Fenster stellen zusammen mit der Außenwand, einschließlich der Anschlussfugen, ein Gesamtsystem hinsichtlich der Anforderungen dar. Schwachstellen einer Komponente führen zu Nachteilen des Gesamtsystems.

Glas, Rahmen, Dichtung und Anschlüsse müssen einen niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten oder auch U-Wert als Gesamtsystem erreichen.

Der nachfolgende Materialvergleich bezieht sich auf ein reguläres Fenster im Sinne eines Rahmen-Glas Verbunds.

Es wurde ein einflügeliges Fenster mit Dreh/Kipp-Beschlag, Wärmeschutzverglasung, den Abmessungen 1,23 m * 1,48 m und einer Lebensdauer von 40 Jahren als funktionale Einheit betrachtet. In der folgenden Tabelle ist dies vergleichend für die meistverwendeten Fenstersysteme dargestellt. Es wurde ein arithmetischer Mittelwert genutzt, um die stoffliche Zusammensetzung der Fenster zu beschreiben. [37]

Bei der Auswahl der Fenster sollten wichtige Kennwerte berücksichtigt werden:

Der **Uw-Wert**²² gibt Auskunft über das Wärmedämmvermögen von Fenstern. Es gilt: Je kleiner der Uw- Wert desto besser schützt das Fenster vor Wärmeverlusten. Die Gesetzgebung hält eine Minimalanforderung von 2 W/m²K fest, jetzige Fenster erreichen aber durchaus Werte von 1,4 bis 0,9 W/m²K.

Der Gesamtenergiedurchlassgrad **g-Wert** dokumentiert, wie viel Energie durch Strahlung und Wärme im Raum durchs Fenster eindringt. Bei modernen Fenstern liegt dieser Wert bei 0,6 (bedeutet 60% der Sonnenenergie werden genutzt).

Den Grad der Schalldämmung von Fenstern definiert der Schalldämmmaßwert **Rw**. Hier gilt: Je höher der Wert, desto besser die lärmdämmende Wirkung. Moderne Fenster sollten einen Rw- Wert von 35 Dezibel aufweisen.

Die in dem Materialvergleich genannten Werte beziehen sich auf den gesamten Lebenszyklus der Fenster.

²² U_{window}: setzt sich zusammen aus dem U-Wert von Glas und Rahmen

Checkliste

- ❑ Bei Holzfenstern auf europäische Holzarten zurückgreifen, auf FSC²³- oder PEFC²⁴-Label achten.
- ❑ Bei der Holzbehandlung bitte Kapitel Holzschutzmittel beachten.
- ❑ Mit Holzschutzmittel behandelte Fenster mit diffusionsdichtem Lack überstreichen, um ein Ausgasen der Holzschutzmittel zu vermeiden.
- ❑ Beim Einsatz von Kunststofffenstern möglichst auf solche mit funktionierenden Rücknahmesystemen zurückgreifen.
- ❑ Bei den Einbauarbeiten möglichst durch bauliche Maßnahmen auf Ortschäume bzw. Kunststoffschäume (PUR²⁵) verzichten.
- ❑ Beim Einsetzen möglichst auf Fasermaterial zurückgreifen anstelle von Bauschaum.
- ❑ Mögliche bedenkliche Zusatzstoffe durch Ausschäumung mit Ortschäumen vermeiden (Isocyanate, Phosphorsäureester).
- ❑ Nicht mehr benötigte, intakte Fenster möglichst wiederverwenden (Bauteilbörse).
- ❑ Fenster mit niedrigem Uw-Wert wählen.
- ❑ Wärmebrücken vermeiden.

Für die Planung macht die SuperDrecksKëscht Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- ❑ Provisorische Witterungsschutzsysteme (meist Holzrahmen mit Kunststofffolien) können vermieden werden, wenn gleich nach Rohbaufertigstellung die Fenster geliefert werden.
- ❑ Die Lieferung der Fenster und Gläser darf nur in wiederverwendbaren Verpackungsmaterialien erfolgen. So sind die Fenster und Gläser möglichst in Decken aus Recyclingstoffen zu packen. PVC als Folie oder Schrumpffolien sind nicht zu verwenden.
- ❑ Nur Fenster verwenden, die die Möglichkeit bieten, defekte Einzelteile nachträglich auszutauschen.
- ❑ Außenfensterbänke nur fertig aufgemessen anliefern und montieren, möglichst keine Meterware an Ort und Stelle zuschneiden.

Über die Abfallwirtschaft bei der Organisation und Durchführung der Bauarbeiten geben folgende Kapitel aus dem gleichnamigen Dokument der SuperDrecksKëscht Auskunft:

F] Aussenschreinerei: Fenster und Außentüren

G] Fensterbänke

²³ FSC: Forest Stewardship Council garantiert eine Herkunft aus nachhaltiger Waldwirtschaft. Die Zertifizierung erfolgt nach zehn weltweit gültigen Prinzipien und berücksichtigt gleichermaßen Ökologie, soziale Belange und ökonomische Ansprüche.

²⁴ PEFC: Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes. Nationales PEFC-System in Luxemburg seit 2005. International anerkannte Zertifizierungskriterien („International forestry principles“) und Zertifizierungsabläufe (ISO)

²⁵ Polyurethan

Links

<http://www.fenstermarkt-plus.de>

http://www.fensterverband.ch/index_statisch.html

<http://www.fsc-deutschland.de>

<http://www.pefc.lu>

<http://www.pefc.org>

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

Materialvergleich 6: Fenstersysteme

		Kunststofffenster ²⁶ (PVC)	Aluminiumfenster	Holzfenster	Holz-Aluminiumfenster
Herstellung	Energieaufwand in MJ/Fenster [37]	+++	+	+++++	+++
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/Fenster [37]	++++	+	+++++	++++
	Versauerung in kg SO _x Äq/Fenster [37]	+++++	+	++++	+++
	Photosmog in kg EthylenÄq/Fenster [37]	+++++	+++++	+	++
	Herstellungsort	Europa	Großregion ²⁷	Großregion	Großregion ²⁷
	Materialspezifische Hinweise	Stahlkern zur Stabilisierung notwendig	-	Holz ist eine nachwachsende Ressource.	hoher konstruktiver Aufwand bei der Herstellung
Einbau	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	-	-	Emissionen abhängig von der Holzoberflächenbehandlung	-
	Brandschutzklasse	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

²⁶ Ökobilanzielle Daten zu Fenstern aus anderen Kunststoffen sind nicht verfügbar, doch würde die Verwendung von z.B. Fenster aus Polyolefinen die Umweltauswirkungen reduzieren.

²⁷ Grundmaterial: weltweit, Form: Europa, Fenster: Lux.

Bauelemente

		Kunststofffenster ²⁶ (PVC)	Aluminiumfenster	Holzfenster	Holz-Aluminiumfenster
Nutzung	Anwendungsbereich	keine Eingrenzung (bestimmte Maße können nicht überschritten werden)	Keine Eingrenzung	Einsatz an schlecht erreichbaren Stellen vermeiden, da Wartungsarbeiten (Streichen) erschwert werden Teilweise nicht einsetzbar durch hygienische Vorschriften z.B. bei Schlachtereien (bestimmte Maße können nicht überschritten werden)	Keine Eingrenzung, Durch Alu-Verblendung im Gegensatz zu reinen Holzfenstern auch an schlecht zugänglichen Stellen einsetzbar, (bestimmte Maße können nicht überschritten werden)
	Instandhaltung	Durch Verwitterung kann ein Vergilben entstehen, das nicht reparabel ist.	-	Außenanstrich ca. alle 5 Jahre notwendig	Außenanstrich entfällt, da Witterungsschutz durch Metall
	Lebensdauer in a	40- 50	60	40- 50	60
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Qualitätsabhängige VOC Emissionen (unbedingt auf Nachweise der Hersteller achten [17]); Vinylchlorid, Phthalate (Weichmacher)	-	Schadstoffemissionen können durch Oberflächenbehandlung entstehen, bitte Kapitel Holzschutzmittel beachten	auf Holzschutzmittel verzichten, da Holz nur innen
	Raumklima	ohne Einfluss	+ Abschirmwirkung gegen hochfrequente elektromagnetische Strahlung (nur in Verbindung mit Metall-beschichteter Wärmeschutzverglasung)	ohne Einfluss (wenn Holzschutzmittel & diffusionsdichter Anstrich) + (wenn atmungsaktive Lasur ohne Holzschutzmittel)	+ + + (atmungsaktive Lasur ohne Holzschutzmittel) Abschirmwirkung gegen hochfrequente elektromagnetische Strahlung (nur in Verbindung mit Metall-beschichteter Wärmeschutzverglasung)

Bauelemente

		Kunststofffenster ²⁶ (PVC)	Aluminiumfenster	Holzfenster	Holz-Aluminiumfenster
Rückbau	Recyclingfähigkeit	<p>PVC ist recyclingfähig, Altfenster-PVC wird teilweise zur Herstellung von Neufenstern verwertet,</p> <p>energetische Verwertung in MVA²⁸ ist quantitativ limitiert,</p> <p>Stoffliche Verwertung: Flächendeckendes Rücknahmesystem z.B. in Deutschland</p>	<p>Aluminium ist recyclingfähig, es bestehen Rückgabesysteme</p>	<p>Der Energieinhalt von Holz kann CO₂ neutral zur Energiebereitstellung genutzt werden. Je nach Oberflächenbehandlung ist eine Verwertungsanlage mit geeigneter Rauchgasreinigung notwendig.</p>	<p>Aluminium ist recyclingfähig, es bestehen Rückgabesysteme.</p> <p>Der Energieinhalt von Holz kann CO₂ neutral zur Energiebereitstellung genutzt werden.</p>

²⁸ Müllverbrennungsanlage

B.2 Ausbau

B.2.1 Rohrleitungen

Rohre von Hausinstallationen werden aus folgenden Materialien hergestellt:

- Stahl,
- Kupfer,
- Guss,
- Polyvinylchlorid (PVC),
- Polyethylen (PE) und
- Polypropylen (PP).

Die Auswahl des Rohrmaterials muss unter Berücksichtigung der Wasserchemie und der zu erwartenden Temperaturen vorgenommen werden.

Bei Metallrohren stellt sich hauptsächlich das Problem der Korrosion. Bei verzinkten Stahlrohren erhöht sich die Korrosionsgefahr, wenn die Temperatur über 60°C steigt, wogegen sich bei Kupferrohren bei höheren Temperaturen eine Schutzschicht ausbildet. Kunststoffrohre müssen an Druck und Temperatur angepasst werden, um die Beschädigung der Rohre zu verhindern. [12]

Die hier angegebenen LCA-Daten (Energieaufwand, Treibhauseffekt, Versauerung und Photosmog) gelten nur für die Grundstoffe. Die Formgebung kann eine wesentliche Rolle spielen. [39] Um diesen Teil zu berücksichtigen wird hier der Energieverbrauch von zwei Formgebungsprozessen²⁹ aufgezeigt. Zum einen der Prozess „Rohr ziehen, Stahl“ und zum anderen der Prozess „Extrudieren, Kunststoffrohre“.

Tabelle 16: Vergleich des Energieverbrauchs für die Formgebung von Rohre [34]

Prozess	Energieverbrauch MJ/kg [13]		Prozessbeschreibung in [34]
	erneuerbarer Energieaufwand	nicht-erneuerbarer Energieaufwand	
Rohr ziehen, Stahl	0,30	4,25	„Seamless tube production consists basically of the following manufacturing steps: Heating of the input, Piercing (press-piercing or oblique rolling), Elongation/Stretching, Final Rolling and Heat Treatment.“
Extrudieren, Kunststoffrohr	1,05	7,10	„This process contains the auxiliaries and energy demand for the conversion process of plastics. (A screw conveys, compacts, melts (= plasticizes) and homogenises the plastic granules in a heated barrel. A die in front of the screw cylinder provides the emerging plastic mass with the desired form (films, profiles or other semi-finished products). Melting consumes the largest part of the energy.) “

²⁹ Daten zur Kupfer-Rohrformung standen nicht zur Verfügung.

Checkliste

- ❑ Material mit hohem Recyclinganteil bevorzugt einsetzen.
- ❑ Auf Abdichtungssysteme hoher Qualität zurückgreifen, um Wasserverluste und Korrosion zu minimieren.
- ❑ Um umweltrelevante Auswaschungen zu verhindern, darf die Qualität des Wassers nicht das Material beeinflussen (angepasster pH-Wert, Durchfluss usw.)
- ❑ Bei der Montage mögliche Verunreinigungen der Leitungen ausschließen.
- ❑ Bei der Vorbereitung für Fugendichtungsmasse auf sauberen, staubfreien Untergründen auf Reiniger, Primer verzichten. Sind diese unerlässlich, lösemittelfreie oder wasserverdünnbare Produkte einsetzen. [21]
- ❑ Möglichst lösemittelfreie Fugenabdichtungsmassen verwenden und nur im Nassbereich mit Fungiziden versetzte Mittel einsetzen.

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

Materialvergleich 7: Rohrleitungen

		Verzinktes Stahlblech	Kupfer	Gusseisen	Polyvinylchlorid	Polyethylen (HDPE)	Polypropylen
Herstellung	Inhaltsstoffe	Blasstahl, Zink, Entfettungsmittel	Kupfer	Roheisen, Gussbruch, Stahlschrott, Legierungen	Ethylen, Chlor, Additive	Ethylen, Additive (Lichtstabilisatoren, Antioxidantien, Flammschutzmittel)	Propylen, Additive (Lichtstabilisatoren, Antioxidantien, Flammschutzmittel)
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/kg	++++	+++++	+++++	+++	+	+
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/kg	+	++++	+++++	++	+++	++
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	+++++	+	+++++	+++++	+++++	+++++
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	+++++	+	+++++	+++++	+++++	+++++
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/m ³⁰	+++++ (1,58)	+++++ (0,59)	+(18,90)	++++ (1,71)	++++ (1,41)	++++ (1,34)
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m	+++++	+++++	+	+++++	+++++	+++++
	Versauerung in g SO _x Äq/m	+++++	+++	+	+++++	+++++	+++++
	Photosmog in g EthylenÄq/m	+++++	++++	+	+++++	+++++	+++++
	Herstellungsort	-	Großregion	Großregion	-	-	-

³⁰ Die Werte in Klammern geben das spezifische Gewicht in kg/m an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt. Für Stahl- und Kupferrohre wurde eine Größe von 3/4 Zoll, für die andere eine Größe von DN 125 angenommen.

Bauelemente

		Verzinktes Stahlblech	Kupfer	Gusseisen	Polyvinylchlorid	Polyethylen (HDPE)	Polypropylen
	Materialspezifische Hinweise	Zink, Salzsäure, Ammoniak	-	Oberflächenbehandlungsverfahren sind relevant (siehe auch [38])	VOC-Emissionen	VOC-Emissionen	VOC-Emissionen
Einbau	Dichte in kg/m ³	7850	8900	7850	1200 – 1400	935 – 970	910
	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK)	60	380	35 – 43	0,14 – 0,16	0,4	0,22
	Druckfestigkeitsklasse	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Baustoffklasse	A	A	A	k.A.	k.A. (leicht brennbar)	k.A.
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Zinkstaubemissionen	Beim Löten auf Verätzungsgefahr achten	k.A.	-	Verschweißen von PE kann zu geringen Mengen an Kohlenwasserstoffdämpfen (Formaldehyd, Acrolein) führen	Verschweißen von PP kann zu geringen Mengen an Kohlenwasserstoffdämpfen führen
Nutzung	Anwendungsbereich	Rohre	Rohre	Abfluss- und Druckrohre, Heizkörper, Badewannen	Rohre	Gas- und Wasserrohre	Rohre
	Mittlere Nutzungsdauer in a	40	50	35 (Grundleitungen, Abwasserleitungen)	35 (Grundleitungen, Abwasserleitungen)	35 (Grundleitungen, Abwasserleitungen)	35 (Grundleitungen, Abwasserleitungen)

Bauelemente

		Verzinktes Stahlblech	Kupfer	Gusseisen	Polyvinylchlorid	Polyethylen (HDPE)	Polypropylen
	Instandhaltung	-	Durch Einwirkung von Sauerstoff, Kohlendioxyd und Feuchtigkeit bildet sich eine grüne Schicht (Patina).	-	-	-	-
	Materialspezifische Hinweise	Zinkauswaschungen	Auswaschen von Kupfer	k.A.	Weichmacher- und VOC-Emissionen sind möglich, eventuell Vinylchlorid	VOC-Emissionen sind möglich.	VOC-Emissionen sind möglich.
	Raumklima	Vagabundierende Ströme, erden	Vagabundierende Ströme, erden	Vagabundierende Ströme, erden	-	-	-
Rückbau	Recyclingfähigkeit	Wiederverwendbar als Rohstoff zur Stahlproduktion	Weiterverwertung zur Aufbereitung von Kupfer	Wiederverwendung in der Elektrostahlindustrie	Stoffliche Verwertung (Weiterverwertung) möglich ³¹ , energetische Verwertung in MVA ³² ist quantitativ limitiert	Stoffliche Verwertung (Weiterverwertung, hier oft Downcycling), energetische Verwertung	Stoffliche Verwertung (Weiterverwertung, hier oft Downcycling), energetische Verwertung

³¹ Stofflich recyceltes PVC ist momentan teurer als die Herstellung von Neu-PVC, deshalb geringer Rücklauf von Altprodukten.

³² Müllverbrennungsanlage

B.2.2 Dämmstoffe

Durch Außenwände entstehen 25-40 % der jährlichen Heizwärmeverluste der Gebäudehülle. Deshalb spielen die Dämmstoffe eine große Rolle für die Energieeinsparung während der Lebensphase des Gebäudes.

Die Einteilung der Dämmstoffe wird nach Art der Dämmwirkung, Art des Rohstoffes oder nach dem Anwendungsbereich vorgenommen.

Die Dämmwirkung wird in der Regel durch Lufteinschluss in Faserzwischenräumen (Faserdämmstoffe) oder durch Einschluss ruhender Luft/Gase in abgeschlossenen Zellen erreicht. Weiter wird unterschieden nach organischen, anorganischen oder synthetisch hergestellten Materialien. Nachfolgend werden in Abbildung 6 die Einsatzbereiche für Dämmstoffe dargestellt.

Checkliste

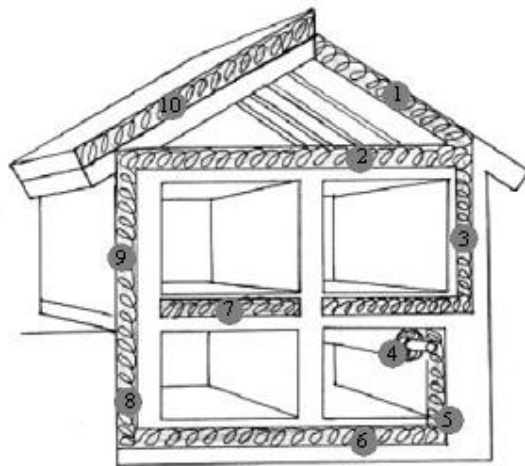
- Durch die erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz steigt der Dämmstoffverbrauch stetig an. Der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen ist sehr empfehlenswert.
- Wärmebrücken vermeiden.
- Dämmstoffe passend einkaufen, auf möglichst wenig Verschnitt achten.

Für die Planung gibt die SuperDrecksKëscht Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- Möglichst Materialien als Wärmedämmung verwenden, welche ohne Verschnitt auskommen, z.B. Schüttdämmstoffe (Perlite, Blähglimmer) oder aber lose Füllmaterialien, wie eingeblasene Zellulose. Zudem sind diese Stoffe beim Ausbau wiederverwendbar.
- Die Fertigmischungen sollten im Silo geliefert und verarbeitet werden.

Über die Abfallwirtschaft bei der Organisation und Durchführung der Bauarbeiten geben folgende Kapitel aus dem gleichnamigen Dokument der SuperDrecksKëscht Auskunft:

E] Zimmerer / Spengler / Dachdecker / Wärmedämmung



- | | | | |
|---|----------------------------------|----|-------------------------|
| 1 | Dämmung zwischen den Sparren | 6 | Kellerbodendämmung |
| 2 | Dämmung der oberen Geschossdecke | 7 | Trittschalldämmung |
| 3 | Kerndämmung | 8 | Perimeterdämmung |
| 4 | Rohrdämmung | 9 | Außendämmung der Wand |
| 5 | Innendämmung | 10 | Dämmung auf den Sparren |

Abbildung 6: Einsatzbereiche Dämmstoffe

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

Tabelle 17: Einsatzbereich von Dämmstoffen [1]

	Dämmung zwischen den Sparren (1)	Dämmung der oberen Geschossdecke (2)	Kern-dämmung (3)	Rohr-dämmung (4)	Innen-dämmung (5)	Keller-boden-dämmung (6)	Trittschall-dämmung (7)	Perimeter-dämmung (8)	Außen-dämmung der Wand (9)	Dämmung auf den Sparren (10)
Celluloseflocken										
Holzweichfaserplatte										
Kokosfaser-Dämmstoffe										
Flachs										
Kork-Dämmstoffe										
Schafwolle										
Perlite										
Schaumglas										
Glaswolle										
Steinwolle										
Expandiertes Polystyrol (EPS)										

Materialvergleich 8: Dämmstoffe (Teil I)

		Celluloseflocken	Holzweichfaserplatte	Kokosfaser-Dämmstoffe	Flachs	Kork-Dämmstoffe	Schafwolle
Herstellung	Inhaltsstoffe	Altpapier, Gips, Flammschutzmittel (Borsalz oder Ammoniumpolyphosphat) Schimmelpilzschutz (Baum- und Rindenharze)	Sägewerksresthölzer, Hydrophobierungsmittel, Kleber	Kokosfasern, eventuell Bindemittel, Flammschutzmittel, Imprägnierung	Flachsfasern, Flammschutzmittel, ggf. Stützfasern, Imprägnierung	Korkeichenrinde	Schafschurwolle, Flammschutz- und Mottenschutzmittel, ggf. Stützfasern aus organischen Fasern oder Baumwolle, Kaschierung
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/kg	+++++	+++++	k.A.	k.A.	++++	k.A.
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/kg	+++	+++++	k.A.	k.A.	++++	k.A.
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	+++++	+++++	k.A.	k.A.	++++	k.A.
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	+++++	+++++	k.A.	k.A.	+++++	k.A.
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/m ² ³³	+++++ (5)	++ (29)	k.A.	k.A.	++ (15)	k.A.
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ²	++	+++++	k.A.	k.A.	+++	k.A.
	Versauerung in g SO _x Äq/m ²	++++	+++	k.A.	k.A.	+	k.A.

³³ Die Werte in Klammern geben die Flächendichte in kg/m² an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Dabei wurde eine Stärke von 10 cm angenommen. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

Bauelemente

		Celluloseflocken	Holzweichfaserplatte	Kokosfaser-Dämmstoffe	Flachs	Kork-Dämmstoffe	Schafwolle
	Photosmog in g EthylenÄq/m ²	+++++	++++	k.A.	k.A.	++++	k.A.
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/m ² ³⁴	+++++ (0,04; 21,25)	+++ (0,045; 22,50)	k.A.	k.A.	+++ (0,05; 25,00)	k.A.
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ²	+++	+++++	k.A.	k.A.	+++	k.A.
	Versauerung in g SO _x Äq/m ²	+++++	+++	k.A.	k.A.	++	k.A.
	Photosmog in g EthylenÄq/m ²	+++++	++++	k.A.	k.A.	+++	k.A.
	Herstellungsort	Europa	Europa	Rohstoff hauptsächlich aus Indien und Indonesien	Europa	Rohstoff hauptsächlich in Portugal produziert	Rohstoff stammt aus Asien, Australien, Neuseeland oder Südamerika
	Materialspezifische Hinweise	auch im Plattenformat verfügbar	Holzstaubemissionen, Produktionsreste werden dem Prozess wieder zugeführt	-	Stärkung der heimischen Landwirtschaft	bei schlecht kontrollierten Verfahren können Verschmelzungsprodukte entstehen (z.B. Benzpyren)	
Einbau	Dichte in kg/m ³	30 - 80	130 – 450	50 – 140	20 – 40	80 - 200	20 - 80
	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)	0,040 – 0,045	0,045	0,035 – 0,050	0,035 – 0,050	0,045 – 0,055	0,040

³⁴ Die Werte in Klammern geben die Wärmeleitfähigkeit in W/(m*K) und die Dicke in cm an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Dabei wurde ein Wärmedurchgangskoeffizient von 0,2 W/m²*K angenommen. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

Bauelemente

		Celluloseflocken	Holzweichfaserplatte	Kokosfaser-Dämmstoffe	Flachs	Kork-Dämmstoffe	Schafwolle
	Baustoffklasse	(B1) B2	B2	B2 (mit Flammschutzmittel), B3 naturbelassen als Stopfwole	B2	B2	B2 (mit Flammschutzmittel)
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Faser- und Staubbelastungen beim Einblasen (Atemschutz)	Staubentwicklung beim Schneiden (Schutzmaske)	Staubschutzmaske ist zu empfehlen	Staubschutzmaßnahmen sind zu empfehlen, da organische Fasern freigesetzt werden können (Schutzkleidung, P2-Feinstaubmaske, Schutzbrille, Handschuhe)	-	-
Nutzung	Anwendungsbereich	als Dämmung zwischen Sparren, der oberen Geschossdecke und der Außenwände	als Dämmung zwischen Sparren und der Außenwände, sowie als Trittschalldämmung	als Trittschalldämmung	als Dämmung zwischen Sparren, der oberen Geschossdecke und der Außenwände	als Dämmung zwischen Sparren, der oberen Geschossdecke und der Außenwände, sowie als Kern- und Innendämmung	als Dämmung zwischen Sparren, der oberen Geschossdecke und der Außenwände, sowie als Rohr- und Trittschalldämmung
	Mittlere Nutzungsdauer in a	30	30	30	30	30	30
	Instandhaltung	-	-	-	-	-	-
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	bei ordnungsgemäßem Einbau und Nutzung keine spezifischen erhöhten Faseremissionen (das Material zur Raumluft hin abgedeckt oder abgedichtet lagern)	Klebertyp beachten	-	keine Belastungen, sofern keine Biozide und Fungizide oder bedenkliche Flammschutzmittel verwendet wurden	-	Ohne Belastungen sofern keine Mottenschutzmittel, bedenkliche Flammschutzmittel oder Pestizidrückstände vorhanden

		Celluloseflocken	Holzweichfaserplatte	Kokosfaser-Dämmstoffe	Flachs	Kork-Dämmstoffe	Schafwolle
	Raumklima	+ atmungsaktiv + antistatisch	+ atmungsaktiv + feuchtigkeitsregulierend + antistatisch	+ antistatisch + antibakteriell - eventuell stroh- oder heuartiger Geruch	+ atmungsaktiv + feuchtigkeitsregulierend + antistatisch	+ atmungsaktiv + antistatisch - schimmelpilzanfällig	+ atmungsaktiv + feuchtigkeitsregulierend + antistatisch - bei einseitig aufgetragener Aluminiumfolie diffusionsdicht und erhöhte elektrische Leitfähigkeit (Steckdosen, Lichtschalter, Leitungen)
Rückbau	Recyclingfähigkeit	unverschmutztes Material theoretisch als Dämmstoff wieder verwendbar, energetische Verwertung	unverschmutztes Material theoretisch als Dämmstoff wieder verwendbar, energetische Verwertung	unverschmutztes Material kann theoretisch wieder als Dämmstoff verwendet werden, energetische Verwertung möglich	unverschmutztes Material kann theoretisch wieder als Dämmstoff verwendet werden, energetische Verwertung	recyclingfähig, Reststoffe können als Schüttung genutzt werden, energetische Verwertung möglich	unverschmutztes Material theoretisch als Dämmstoff wiederverwendbar, energetische Verwertung möglich

Materialvergleich 9: Dämmstoffe (Teil II)

		Baumwolle	Perlite	Schaumglas	Glaswolle	Steinwolle	Vermikulite	Expandiertes Polystyrol (EPS)
Herstellung	Inhaltsstoffe	Baumwolle, Flammschutzmittel	Rohperlit (Naturglas wie Rhyolit- oder Quarzporphyr-gläser), Hydrophobierungsstoffe, Druckfestigkeitserhöhungstoffe, Plattenformat: Bindemittel (Kunstharze, Fasern)	Quarzsand, Calciumcarbonat, Kali-Feldspat, Eisenoxid, Natriumcarbonat, Kohlenstoff	Borosilikatglas (Quarzsand, Soda, Dolomit, Kalkstein), Bindemittel (Phenol-Formaldehydharze, Harnstoff- / Formaldehydharze), Staubbindungs- und Hydrophobierungsstoffe, Kaschierungsstoffe	Gesteine (ca. 97%) (Diabas, Basalt, Dolomit, Kalkstein), Bindemittel (Phenol-Harnstoff-Formaldehydharze mit Ammoniak-zusatz), Staubbindungs- und Hydrophobierungsstoffe, Kaschierungsstoffe	Glimmerschiefer, Hydrophobierungsstoffe	Styrol, Treibmittel (Pentan), Flammschutzmittel, Kaschierungsstoffe
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/kg	+++++	++++	+++	+++	++++	+++++	+
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/kg	+++++	+++	++	+++	+++	+++	+
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	+
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/m ² ³⁵	+++++ (4)	++ (29)	+ (120)	++++ (4)	++++ (10)	+++++ (8)	+++ (3)

³⁵ Die Werte in Klammern geben die Flächendichte in kg/m² an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Dabei wurde eine Stärke von 10 cm angenommen. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

Bauelemente

	Baumwolle	Perlite	Schaumglas	Glaswolle	Steinwolle	Vermikulite	Expandiertes Polystyrol (EPS)
Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ²	+++	+	+	++	++	++	++
Versauerung in g SO _x Äq/m ²	+++++	+	+++	++++	+	++++	++
Photosmog in g EthylenÄq/m ²	+++++	++++	+++++	+++++	++++	+++++	+
nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/m ² ³⁶	+++++ (0,04; 21,25)	+ (0,06; 28,75)	+ (0,04; 21,25)	++++ (0,04; 21,25)	++++ (0,04; 21,25)	+++++ (0,07; 35,00)	+++++ (0,03; 16,25)
Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ²	+++	+	+	++	++	++	++
Versauerung in g SO _x Äq/m ²	+++++	+	+++	++++	++	+++	+++
Photosmog in g EthylenÄq/m ²	+++++	+++	++++	++++	++++	+++++	+
Herstellungsort	Rohstoff wird hauptsächlich in Asien produziert	k.A.	Großregion	Europa	Europa	Europa	Europa

³⁶ Die Werte in Klammern geben die Wärmeleitfähigkeit in W/(m*K) und die Dicke in cm an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Dabei wurde ein Wärmedurchgangskoeffizient von 0,2 W/m²*K angenommen. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

Bauelemente

		Baumwolle	Perlite	Schaumglas	Glaswolle	Steinwolle	Vermikulite	Expandiertes Polystyrol (EPS)
	Materialspezifische Hinweise	Rohstoff kann mit Pestiziden behandelt sein	als lose Schüttungen oder Platten verfügbar	Produkte können über 50% aus Altglas bestehen	kann bis zu 60% aus Altglas bestehen, lungengängige Fasern können emittiert werden	als Recyclingmaterial können bis zu 30 M-% Briketts aus Zerfaserungsabfällen (div. Wolle-Abfällen und Staub, Zement, Zusatzsteinen) zugesetzt werden, lungengängige Fasern können emittiert werden	-	Styrol, Pentan, Rückstände aus der Produktion können dem Prozess wieder zugeführt werden
Einbau	Dichte in kg/m ³	20 – 60	90 – 490 (Granulat)	110 - 165	15 - 250	15 - 250	70 – 90	15 – 30
	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)	0,035 – 0,050	0,045 – 0,070	0,040 – 0,055	0,035 – 0,050	0,035 – 0,050	0,070	0,025 – 0,040
	Baustoffklasse	B1, B2 (mit Flammschutzmittel)	A1, B1 (Granulat, bitumiert)	A1, B2 (mit bitumenverklebten Kaschierungen)	A1, A2, B1 (abhängig vom Kunstharzanteil)	A1, A2, B1 (abhängig vom Kunstharzanteil)	A1, B2 (Bitumenumhüllung)	B1

		Baumwolle	Perlite	Schaumglas	Glaswolle	Steinwolle	Vermikulite	Expandiertes Polystyrol (EPS)
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	im Fall eines Einsatzes von Blaswolle sind Schutzmaßnahmen zu treffen; Faser- und Staubbelastungen beim Zuschneiden vermeiden	beim Bearbeiten gegen Staub schützen	beim Bearbeiten gegen Staub schützen, Klebstofftyp beachten; Glasstäube und Schwefelwasserstoff beim Schneiden	Faserfreisetzung, Staubbelastung, Schutzkleidung, P2-Feinstaubmaske, Schutzbrille, Handschuhe	Faserfreisetzung, Staubbelastung; Schutzkleidung, P2-Feinstaubmaske, Schutzbrille, Handschuhe	beim Bearbeiten gegen Staub schützen (Feinstaubmaske)	während der Verarbeitung können Pentanemissionen entstehen; insbesondere beim Erhitzen, Zuschneiden, Schmelzen, usw. können Styrol, Pentan, Benzol und Ethylbenzol emittieren
Nutzung	Anwendungsbereich	Dämmung von Steildächern, Holzständerwänden, Deckenkonstruktionen. Stopf- und Blaswolle können in Hohlräume eingesetzt werden	als Dämmung der oberen Geschossdecke und des Kellerbodens, sowie als Kerndämmung	als Rohr- und Perimeterdämmung	als Dämmung zwischen und auf den Sparren, der oberen Geschossdecke, des Kellerbodens und der Außenwände, sowie als Kern-, Rohr- und Trittschalldämmung	als Dämmung zwischen und auf den Sparren, der oberen Geschossdecke, des Kellerbodens und der Außenwände, sowie als Kern-, Rohr- und Trittschalldämmung	Dämmung von Hohlräumen, Steildächern und Decken, Leichtzuschlag für Putze und Mörtel	als Dämmung zwischen und auf den Sparren, der oberen Geschossdecke, des Kellerbodens und der Außenwände, sowie als Kern-, Rohr-, Perimeter- und Trittschalldämmung
	Mittlere Nutzungsdauer in a	30	30	30	30	30	30	30

Bauelemente

		Baumwolle	Perlite	Schaumglas	Glaswolle	Steinwolle	Vermikulite	Expandiertes Polystyrol (EPS)
	Instandhaltung	-	-	-	beim Ersetzen und/oder Abbau von Glaswolle unbekannter Herkunft sind möglicherweise besondere Schutzmaßnahmen zu treffen	beim Ersetzen und/oder Abbau von Steinwolle unbekannter Herkunft sind möglicherweise besondere Schutzmaßnahmen zu treffen	-	-
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	eventuell belastet mit Bioziden, falls behandelte Wolle; eventuell belastet mit Glykolen oder Kresolen aus der Faserveredelung	-	Emissionen von Klebstoffbestandteilen beachten	bei ordnungsgemäßem Einbau keine erhöhten Faseremissionen	bei ordnungsgemäßem Einbau keine erhöhten Faseremissionen	-	Freisetzung von Styrol bei der Innenraumanwendung möglich (Anwendung ohne Abdichtung)
	Raumklima	+ atmungsaktiv + feuchtigkeitsregulierend + antistatisch - schimmelpilz-anfällig, daher auf Feuchtigkeit achten (Restbaufeuchte, Kondensfeuchte,...)	+ atmungsaktiv + sorptionsfähig + antistatisch + schimmelpilz-resistent (mineralisch)	+ schimmelpilz-resistent - diffusionsdicht	- Aluminium-kaschierte Glaswolleplatten sind diffusionsdicht und elektrisch leitfähig (können elektrische Felder der Steckdosen, Lichtschalter und Leitungen weiterleiten)	- Aluminium-kaschierte Glaswolleplatten sind diffusionsdicht und elektrisch leitfähig (können elektrische Felder der Stechdosen, Lichtschalter und Leitungen weiterleiten)	+ atmungsaktiv + antistatisch + schimmelpilz-resistent (mineralisch)	- diffusionsdicht
Rückbau	Recyclingfähigkeit	unverschmutztes Material	sauberes Material kann theoretisch	Produktionsreste können wieder-	bei RAL-gekennzeichneten	bei RAL-gekennzeichnete	sauberes Material kann theoretisch	unverschmutztes Material kann

		Baumwolle	Perlite	Schaumglas	Glaswolle	Steinwolle	Vermikulite	Expandiertes Polystyrol (EPS)
		theoretisch als Dämmstoff wiederverwendbar, energetische Verwertung möglich	zur Dämmung sowie als Bodenauflockerer verwendet werden	eingesetzt werden, Wiederverwendung als Schotter- oder Kiesersatz im Straßenbau möglich	Stoffen ist eine Wiederverwendung möglich	n Stoffen ist eine Wiederverwendung möglich	zur Dämmung sowie als Bodenauflockerer verwendet werden	theoretisch im Prozess wiederverwendet werden, energetische Verwertung, (Abbauprodukte des Polystyrols und der Additive problematisch auf Deponien)

B.2.3 Putz

Putz ist ein auf Innen- und Außenwänden bzw. Decken aufgetragener Belag aus Putzmörtel oder Beschichtungsstoffen, der sich, erst am Baukörper aufgetragen, verfestigt. Putze setzen sich aus Bindemitteln, Zuschlagstoffen, Wasser und gegebenenfalls Zusätzen zusammen. Es wird unterschieden in Putze mit mineralischen (Mineralputze) und organischen Bindemitteln (Kunstharzputze). Für die Herstellung von Mineralputzen werden Putzmörtel verwendet und für die Herstellung von Kunstharzputzen Beschichtungsstoffe. [3]

Checkliste

- ❑ Werkmörtel bevorzugen, da die Gefahr, dass eine falsche Mischung oder ein mit schädlichen Bestandteilen behafteter Zuschlag auf der Baustelle hergestellt wird, größer ist.
- ❑ Putz, der mit Sekundärrohstoffen hergestellt wurde, bevorzugen.
- ❑ Rückprallmengen möglichst vermeiden (Spritzauftrag).

Für die Planung gibt die SuperDrecksKëscht Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- ❑ Der Gips muss im Silo geliefert werden; Kleinverpackungen (Säcke) sind soweit wie möglich zu vermeiden.
- ❑ Der Zement und der Kalk bzw. die fertige Mischung muss ebenfalls in Großverpackungen (Container, Silo) geliefert werden, auch hier sind Kleinverpackungen, wie Säcke, zu vermeiden.
- ❑ Dosen der Elektroinstallation müssen mit wiederverwendbaren Deckeln aus Kunststoff versehen werden. Ein Auffüllen mit Papier oder dergleichen ist zu vermeiden.
- ❑ Schlitzte, die überputzt werden, können mit Altpapier oder Naturfasern ausgestopft werden. (z.B. Anschlüsse, Fensterbänke, Rolladenkästen, usw.)
- ❑ Provisorische Witterungsschutzsysteme für die Fassade sollten möglichst vermieden werden.

Über die Abfallwirtschaft bei der Organisation und Durchführung der Bauarbeiten geben folgende Kapitel aus dem gleichnamigen Dokument der SuperDrecksKëscht Auskunft:

H] Innenputz

I] Außenputz

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

Materialvergleich 10: Putz

		Kalkputz	Kalk-Zementputz	Zementputz / Zementestrich	Kunstharzputz	Leichtputz	Wärmedämmputz mit EPS	Gipsputz	Lehmputz
Herstellung	Inhaltsstoffe	Kalk, Naturzuschläge (Sand, usw.), Wasser, Zusatzstoffe	Kalk, Zement, Naturzuschläge (Sand, usw.), Wasser, Zusatzmittel	Zement, Naturzuschläge (Sand, usw.), Wasser, Zusatzmittel	Acrylatharze, Naturzuschläge (oder organische Füllstoffe), Wasser, Zusatzmittel, Zusatzstoffe (Pigmente)	Kalk, Zement, Zuschläge mit geringer Dichte (Blähperlit, Blähton, Expandiertes Polystyrol, usw.), Wasser, Zusatzstoffe	Kalk, Zement, Erdöl (EPS – expandiertes Polystyrol), Wasser, Zusätze	Gips, Naturzuschläge (Sand, usw.), Wasser, Zusatzstoffe	Lehm, Naturzuschläge (Sand, usw.), Wasser, Zusatzstoffe
	nicht-erneuerbarer Energie-aufwand in MJ/kg	+++++	++++	+++++	+	++++	++++	+++++	+++++
	Treibhaus-potenzial in kg CO ₂ Äq/kg	++++	++++	++++	+++	+	+++	+++++	+++++
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	+++++	+++++	++++	+	+++	++++	+++++	+++++
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	++++	++++	+++++	+	++++	++++	+++++	+++++
	nicht-erneuerbarer Energie-aufwand in MJ/m ² ³⁷	++++ (36)	++++ (36)	++++ (40)	+(22)	++++ (19)	+++++ (4)	++++ (26)	+++++ (34)
	Treibhaus-potenzial in kg CO ₂ Äq/m ²	+++	+++	++	++	+	+++++	+++++	+++++
	Versauerung in g SO _x Äq/m ²	+++++	++++	++++	+	++++	+++++	+++++	+++++

³⁷ Die Werte in Klammern geben die Flächendichte in kg/m² an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Dabei wurde eine Stärke von 2 cm angenommen. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

Bauelemente

		Kalkputz	Kalk-Zementputz	Zementputz / Zementestrich	Kunstharzputz	Leichtputz	Wärmedämmputz mit EPS	Gipsputz	Lehmputz
	Photosmog in g EthylenÄq/m ²	++++	++++	++++	+	++++	+++++	+++++	+++++
	Herstellungsort	Großregion	Großregion	Großregion	Europa	Großregion	Großregion	Europa	Großregion
	Material-spezifische Hinweise	-	-	Produktionsreste werden wieder in den Prozess rückgeführt	-	Produktionsreste werden wieder in den Prozess rückgeführt	Möglichkeit Alt-EPS zu nutzen	-	-
Einbau	Dichte in kg/m ³	1800	1800	2000	1100	600 – 1300	≤ 200	1300	1500 (grob) – 1700 (fein)
	Wärmeleit-fähigkeit in W/(mK)	0,87	0,87	1,4	0,70	0,21 (Dichte ≤ 700) – 0,36 (Dichte ≤ 1000)	0,06 – 0,1	0,60	0,65 (grob) - 0,70 (fein)
	Baustoffklasse	A1	A1	A1	B1	A1	B1	A1	B1
	Material-spezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Gesundheitschutz bei der Verarbeitung beachten: Maßnahmen gegen Hautkontakt der stark basischen Lösung treffen, da ansonsten Verätzungen auftreten können	Gesundheitschutz bei der Verarbeitung beachten: Maßnahmen gegen Hautkontakt der stark basischen Lösung treffen, da ansonsten Verätzungen oder Allergien (Maurerkrätze) auftreten können	Gesundheitschutz bei der Verarbeitung beachten: Maßnahmen gegen Hautkontakt der stark basischen Lösung treffen, da ansonsten Verätzungen oder Allergien (Maurerkrätze) auftreten können	Raum lüften; Gesundheitschutz: Hautkontakt vermeiden; Monomere (Isocyanate, Epichlorhydrin)	stark basische Wirkung des Kalks, es können Allergien (Maurerkrätze) entstehen	Festigkeit des Unter- und Oberputz aufeinander abstimmen; es können Allergien (Maurerkrätze) entstehen	-	Lehmputze verbinden sich nur mechanisch mit dem Untergrund, daher eignen sich Standardlehmputze nur bedingt für Anwendungen im Holzbau und auf Wandheizungen (reduzierte Biegezugfestigkeit)

Bauelemente

		Kalkputz	Kalk-Zementputz	Zementputz / Zementestrich	Kunstharzputz	Leichtputz	Wärmedämmputz mit EPS	Gipsputz	Lehmputz
Nutzung	Anwendungsbereich	Innenwände und -decken, hydraulische Kalke auch als Außenputz	Außenputz, Innenputz	Außenputz, zum Teil auch Innenputz; für starke Belastungen als Estrich einsetzbar, schwimmender Estrich, Estrich auf Trennschicht, Verbundestrich	Außenputz bei Wärmedämmverbundsystemen, Strukturputz im Innen- und Außenbereich, Beschichtungen	Außen- und Innenputz, Sonderzwecke: Sanierputz, Akustikputz, Bestandteile von Renovierputzsystemen	Außenputz mit Wärmedämmung	als Innenputz für Wände und Decken geeignet (nicht für Nassräume)	als Unterputz und Oberputz, auch geeignet im Althausbereich auf sanierten, restfeuchten Wänden (wodurch mehrmonatige Trockenzeiten entfallen können), für alle Innenräume (außer im direkten Spritzwasserbereich), auf fast allen Wandbaustoffen (außer Gips), im Außenbereich (geschützt vor Niederschlägen und Frost)
	Mittlere Nutzungsdauer in a	k.A.	40 (als Außenputz)	40 (als Außenputz), 30 (schwimmender Estrich), 50 (Estrich als endgültiger Verschleißboden), 80 (Böden unter Oberböden)	30 (Außenputz)	k.A.	40	k. A.	30

Bauelemente

		Kalkputz	Kalk-Zementputz	Zementputz / Zementestrich	Kunstharzputz	Leichtputz	Wärmedämmputz mit EPS	Gipsputz	Lehmputz
	Instandhaltung	-	-	-	-	-	-	-	Risse sind mit dem wasserlöslichen Putzmaterial leicht zu reparieren. Farbputze können durch erneutes Abschwämmen wieder aufgefrischt werden.
	Material-spezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	-	auf Zementzusätze achten	-	VOC, Isocyanate (PU-Harz), Epichlorhydrin (Epoxidharz), Methylmethacrylat (MMA-Harz)	erhöhte Radioaktivität (nicht bei Portlandzement)	-	Gipsputze sind nicht feuchteresistent, sie wirken ausgleichend auf das Innenraumklima, die Putzoberfläche wird als warm empfunden	-

Bauelemente

		Kalkputz	Kalk-Zementputz	Zementputz / Zementestrich	Kunstharzputz	Leichtputz	Wärmedämmputz mit EPS	Gipsputz	Lehmputz
	Raumklima	+ atmungsaktiv + geruchsabsorbierend + feuchtigkeitsregulierend + desinfizierend + schimmelpilzabweisend (Alkalinität) + antistatisch	Hängt vom Kalkanteil ab: + mäßig atmungsaktiv + mäßig feuchtigkeitsregulierend + antistatisch Hängt vom Zementanteil ab: -eingeschränktes Diffusionsvermögen - mäßiges Feuchteverhalten	+ antistatisch - diffusionsdicht - mäßiges Feuchteverhalten - lange Trocknungszeiten	+ diffusionsdicht, + wasserdampfdurchlässig, + elektrostatisch	+ antistatisch - geringes Diffusionsvermögen - mäßiges Feuchteverhalten - lange Trocknungszeiten	+ atmungsaktiv + diffusionsoffen + feuchtigkeitsregulierend	+ atmungsaktiv + teilweise feuchtigkeitsregulierend + antistatisch	+ atmungsaktiv + geruchsabsorbierend + feuchtigkeitsregulierend + antistatisch
Rückbau	Recyclingfähigkeit	als Bauschutt verwendbar	als Bauschutt verwendbar	als Bauschutt verwendbar	energetische Verwertung	Verwertung als Bauschutt nur bei rein mineralischen Leichtputzen möglich	-	keine Möglichkeit der Verwertung	Wiederverwendung nach Zugabe von Wasser möglich

B.2.4 Estrich

Der Estrich ist die Bodenschicht, die entweder die oberste Nutzschrift darstellt oder mit einem Bodenbelag versehen wird. Er wird auf tragenden Untergrund oder auf einer Trenn- bzw. Deckschicht aufgetragen, dort wo der tragende Untergrund nicht unmittelbar nutzfähig sein muss. Folgende allgemeine Anforderungen werden an den einen Estrich gestellt: Ebenheit, Gefälle, Verschleißwiderstand, Wärmeschutz, Schallschutz oder Abdichtung. [2]

Die Hauptbenennung bzw. Klassifizierung des Estrichs erfolgt nach dem jeweils eingesetzten Bindemittel.

Checkliste

- ❑ Auf die Wiederverwendung von Verpackungen achten und bevorzugt auf der Baustelle Silos einsetzen.
- ❑ Baustellen-Rückstände wie Baugips und Reste in Silos sollten vom Lieferanten zurückgenommen und wieder dem Herstellungskreislauf zugeführt werden. [3]

Für die Planung gibt die SuperDrecksKëscht Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- ❑ Die Grundmaterialien sollten im Silo oder Container geliefert werden, Kleinverpackungen wie Säcke sind zu vermeiden.
- ❑ Sinnvoll sind lose verlegte, 0,5 mm dicke Polyethylenfolien als Feuchtigkeitssperre, die nach dem Rückbau wiederverwendet werden können und gegebenenfalls eine einfache Recyclingmöglichkeit gewährleisten.
- ❑ Für Voranstriche zur Erstellung von Feuchtigkeitssolierungen sollten nur Großgebände bestellt werden, auf Kleingebäude sollte man verzichten.

Über die Abfallwirtschaft bei der Organisation und Durchführung der Bauarbeiten geben folgende Kapitel aus dem gleichnamigen Dokument der SuperDrecksKëscht Auskunft:

N] Estrich

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

Materialvergleich 11: Estrich

		Zementputz / Zementestrich	Calciumsulfat-Fliessestrich	Gussasphaltestrich
Herstellung	Inhaltsstoffe	Zement, Naturzuschläge (Sand, usw.), Wasser, Zusatzmittel	Gips, Zuschläge, Wasser, Zusatzmittel	Bitumen, Zuschläge, Zusätze
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/kg	+++++	+++++	+
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/kg	++	+++++	++++
	Versauerung in g SO _x Äq/kg	++	+++++	+
	Photosmog in g EthylenÄq/kg	++++	+++++	+
	nicht-erneuerbarer Energieaufwand in MJ/m ³ ³⁸	+++++ (2000)	+++++ (2100)	+ (2300)
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ³	+	+++++	++++
	Versauerung in g SO _x Äq/m ³	+++	+++++	+
	Photosmog in g EthylenÄq/m ³	++++	+++++	+
	Herstellungsort	Großregion	Großregion	k.A.
Materialspezifische Hinweise	Produktionsreste werden wieder in den Prozess rückgeführt	-		
Einbau	Dichte in kg/m ³	2000	2100	2100 – 2500
	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK)	1,4	1,2	0,90 (Dicke > 0,15 m)

³⁸ Die Werte in Klammern geben die Dichte in kg/m³ an, für die die Umrechnung durchgeführt wurde. Diese Werte wurden auch für die Umrechnung von Treibhauspotenzial, Versauerung und Photosmog genutzt.

Bauelemente

		Zementputz / Zementestrich	Calciumsulfat-Fliessestrich	Gussasphaltestrich
	Baustoffklasse	A1	A1	B1
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Gesundheitsschutz bei der Verarbeitung beachten: Maßnahmen gegen Hautkontakt mit der stark basischen Lösung treffen, da ansonsten Verätzungen auftreten können („Maurerkrätze“ –allergische Dermatose durch Chromate)	Ätzende Wirkung des Trockengemischs (Handschuhe, Atemmaske)	geruchsintensive Verarbeitung, asphaltiertes Baumaterial muss Temperaturen um 240°C standhalten; PAK, VOC (Atemschutzmaske)
Nutzung	Anwendungsbereich	Außenputz, zum Teil auch Innenputz; für starke Belastungen als Estrich einsetzbar, schwimmender Estrich, Estrich auf Trennschicht, Verbundestrich	für leichte Belastungen einsetzbar: schwimmender Estrich, Estrich auf Trennschicht, Verbundestrich	für leichte bis starke Belastungen einsetzbar: schwimmender Estrich, Estrich auf Trennschicht, Verbundestrich
	Mittlere Nutzungsdauer in a	40 (als Außenputz) 30 (schwimmender Estrich), 50 (Estrich als endgültiger Verschleißboden), 80 (Böden unter Oberböden)	30 (schwimmender Estrich), 50 (Estrich als endgültiger Verschleißboden), 80 (Böden unter Oberböden)	30 (schwimmender Estrich), 50 (Estrich als endgültiger Verschleißboden), 80 (Böden unter Oberböden)
	Instandhaltung	-	Vor Feuchtigkeit schützen.	-
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	-	-	Bestandteile des Bitumens werden über längere Zeit an die Luft abgegeben; PAK
	Raumklima	+ antistatisch - diffusionsdicht - mäßiges Feuchteverhalten - lange Trocknungszeiten	+ atmungsaktiv + teilweise feuchtigkeitsregulierend	- diffusionsdicht
Rückbau	Recyclingfähigkeit	als Bauschutt verwendbar	erschwerte Wiederverwendung durch sortenunreinen Rückbau, theoretisch in den Gipskreislauf rückführbar	erschwerte Wiederverwendung durch sortenunreinen Rückbau, fällt als Bauschutt an und kann im Straßenbau eingesetzt werden

B.2.5 Farben und Lacke

Hauptbestandteile von Farben und Lacken sind Bindemittel (wasser- oder lösemittelverdünnt), Füllstoffe, Pigmente (lösliche oder unlösliche Pigmente, organischer oder anorganischer Herkunft), Lösemittel (organische und/oder Wasser) und Hilfsstoffe.

Es existiert eine Vielzahl an Farben und Lacken, die sich hauptsächlich durch das verwendete Bindemittel³⁹ unterscheiden. Die funktionellen Inhaltsstoffe wie Pigmente und Füllstoffe kommen in praktisch allen Produktgruppen vor. Die angegebene Bindemittelmenge bezieht sich auf das Trockengewicht.

Wichtige Eigenschaften von Oberflächenbehandlungen sind: [2] [3] [7]

- hohe Haftfestigkeit,
- geringe Vergilbungsneigung,
- einfache Instandsetzung (Ausbesserung, Renovierung),
- Alterungs-, Scheuer-, Wasch-, Alkali- und UV-Beständigkeit,
- angepasste Wasserdampfdiffusion.

Um die verschiedenen Anstrichstoffe miteinander zu vergleichen, wird in diesem Kapitel der Materialvergleich mit der Umweltbelastungszahl ergänzt, die nachfolgend erklärt wird.

Umweltbelastungszahl BZ gemäß BUWAL- Methode: [3]

In der Meinung, mit der Ökobilanzmethode den Anstrichstoffen nicht gerecht zu werden und zu wenig Daten zur Verfügung zu haben, wurde in der Schweiz Mitte der Neunzigerjahre eine Methode entwickelt, um Farben und Lacke gesamtheitlich und ökologisch zu bewerten. Daraus ist die Umweltbelastungszahl - der BZ-Indikator - entstanden, die Herstellung und Verarbeitung im Rahmen eines nur auf Anstrichstoffe anwendbaren Bewertungssystems berücksichtigt. Die Methode basiert auf der Stoff- und Energiebilanzierung und lässt sich in folgende Parameter unterteilen:

Tabelle 18: Bewertungssystem der Umweltbelastungszahl BZ [3]

Parameter	Grundlage	Bewertungsfaktor
Primärenergiebedarf	Energiebilanz in MJ	9 MJ = 1 BZ
Kritisches Luftvolumen	Stoffbilanz über alle Luftschadstoffe gemessen an den Immissionsgrenzwerten in m ³	80 m ³ = 1 BZ
Kritisches Wasservolumen	Stoffbilanz über alle Wasserschadstoffe gemessen an den Immissionsgrenzwerten in Liter	18 Liter = 1 BZ
Deponievolumen	Abfallbilanz des Herstellungsprozesses in Liter	70 Liter = 1 BZ
Kohlendioxid	CO ₂ -Bilanz über alle Herstellungsprozesse in g	400 g = 1 BZ
Toxikologisches Potenzial	Klassierung der Inhaltsstoffe nach Kennwerten wie MAK, Giftklasse, EU-Gefahrenkennzeichnung, LD50 und Multiplikation mit Gehalt im Anstrich	5 Pkte = 1 BZ
Allergenes Potenzial	Maximal 4 Pkte bei der Anwesenheit jeder sensibilisierenden Substanz über 20%; 0 Pkte bei Abwesenheit	10 Pkte = 1 BZ
Luftbelastung bei der Verarbeitung	VOC-Gehalt (Lösemittel) in % im Produkt, bei chlorierten Lösemitteln mit Faktor 10 multipliziert	3 % = 1 BZ

³⁹ Bindemittel: Sammelbegriff für Stoffe, die gleiche oder verschiedenartige Komponenten miteinander verbinden.

Parameter	Grundlage	Bewertungsfaktor
Ökotoxizität	Klassierung der Inhaltsstoffe nach Kennwerten wie LC50, Akkumulierbarkeit und Abbaubarkeit und Multiplikation mit Gehalt im Anstrich	5 % = 1 BZ

Die Gewichtung der einzelnen Parameter ist innerhalb der BZ relativ willkürlich. Es wurde eine interne Referenz (Standardanstrich) als Gewichtungssystem verwendet. Die Datenlage ist im Bereich Stoff- und Energiebilanz heute immer noch relativ bescheiden. In der Regel werden lediglich die Primärenergiedaten auf Emissionsdaten hochgerechnet. Beim toxikologischen, allergenen und ökotoxikologischen Potential sind die Werte sehr vom einzelnen Produkt abhängig. Diese Parameter lassen sich für Produktgruppen nur in wenigen Fällen zuverlässig berechnen. Die Luftbelastung ist direkt linear vom Gehalt an Lösemitteln abhängig (chlorierte Lösemittel werden außer in Spezialfällen nicht mehr verwendet).

Wie die nachfolgende Tabelle mit Primärenergiewerten und BZ-Indikatoren zeigt, unterscheiden sich die beiden Bewertungssysteme nicht grundsätzlich. Der BZ-Indikator gewichtet in der Regel die Lösemittel (LSM) stärker, wodurch die Unterschiede zwischen Anstrichsystemen auf Wasser- bzw. Lösemittelbasis stärker betont werden als beim Primärenergieaufwand. Die hier vorkommenden Werte gelten für einen Standardaufbau der Behandlung, welcher in dem jeweiligen Materialinformationsdatenblatt beschrieben ist.

Tabelle 19: Umweltbelastungszahl BZ von Farben und Lacken [3]

	Primärenergie in MJ/m ²	BZ in 1/m ²	LSM in g/m ²
Kalkfarben	1 - 2	2,5 - 3	0
Leimfarben	1 - 3	2 - 7	0
Naturharzklarlacke lösemittelhaltig	1,5 - 4,5	5,5 - 7	80 - 120
Naturharzfarben lösemittelfrei	2,5 - 4,5	4,4 - 9,5	0
Naturharzfarben	3,5 - 5,5	9 - 13	4 - 27
2K-Silikatfarben	4 - 5	7,5 - 9,5	0
Klarlacke wasserverdünbar	4,5 - 8	3 - 10	4 - 16
Dispersionsfarben lösemittelfrei	6,5 - 9	7,5 - 13	0
Lasuren wasserverdünbar	7 - 11	6 - 11	8 - 28
1K-Silikatfarben	9 - 11	13 - 16	4,5 - 12
Silikonharzfarben	8 - 12 ⁴⁰	10 - 14*	0 - 5
Dispersionsfarben	12 - 13	14 - 17	4 - 8
Dispersionslackfarben	11 - 14	15 - 19	13 - 23
Naturharzlasuren lösemittelhaltig	13 - 16	22 - 25	250 - 280
Ölfarben und Naturharzlacke	9 - 20	26 - 45	0 - 140
Kunsthharzklarlacke lösemittelhaltig	14 - 22	21 - 28	100 - 170
Polymerisatharzfarben	15 - 20	27 - 36	120 - 160
Alkydharzlackfarben	20 - 24	31 - 38	120 - 150

⁴⁰ Grobschätzung anhand von chemisch-technischen Analogieüberlegungen

	Primärenergie in MJ/m ²	BZ in l/m ²	LSM in g/m ²
Polyurethanharz wasserverdünnbar	20 - 25	35 - 40	20 - 35
Kunstharzlasuren lösemittelhaltig	22 - 25	30 - 36	300 - 400
Polyurethanharze lösemittelhaltig	38 - 41	50 - 65	180 - 200

Das Verhältnis zwischen Pigmenten bzw. Füllstoffen und Bindemittel bestimmt maßgeblich die Qualität der Farben und Lacke (bezogen auf den festen Anstrich). So besitzen Anstriche mit einem hohen Bindemittelanteil (im Verhältnis zu Pigmenten und Füllstoffen) qualitative Vorteile.

Um die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aus Farben und Lacken zu reduzieren, gibt eine Richtlinie des europäischen Parlaments und Rates Grenzwerte vor (anwendbar seit 2007). Diese Richtlinie 2004/42/EG sollte bei der Auswahl Berücksichtigung finden.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:143:0087:0096:DE:PDF>

Checkliste

- Einen hinreichenden Witterungsschutz planen, um die Oberflächenbehandlung auf ein Minimum zu reduzieren. [3]
- Soweit wie möglich lösemittelfreie oder lösemittelarme Produkte einsetzen. [3]
- Oberflächenbehandlungstyp an die Anforderungen des Einsatzortes anpassen, da die Umweltbelastungen in der Regel proportional zu den Anforderungen an Gebrauchstauglichkeit und Beständigkeit zunehmen (Vermeiden von hochwertigen Produkten auf kaum beanspruchten Oberflächen). [3]
- Vor allem kräftig leuchtende Pigmente können umweltrelevante Schwermetalle wie Chrom, Kobalt, Nickel, Blei oder Cadmium enthalten. Auf schwermetallfreie oder Produkte mit geringem Schwermetallanteil zurückgreifen.
- Werkseitige Beschichtungen bevorzugen, da diese effizienter und mit weniger Emissionen verbunden sind.
- Keine Farben und Lacke für den Außenbereich in Innenräumen verwenden.
- Nach dem Anstrich Räume gut lüften und heizen, um eine Verdunstung der Lösemitteldämpfe zu ermöglichen (je wärmer die Raumluft, desto höher die Schadstoffverdunstungsrate).

Für die Planung gibt die SuperDrecksKëscht Vorschläge zur Verminderung und Vermeidung von Abfällen: [18]

- Abdeckmaterialien zum Schutze der Böden und Einbauelemente sind möglichst nur punktuell einzusetzen und dem Fortgang der Arbeiten anzupassen.
- Bei der Bestellung und Lieferung sollte man auf wiederverwendbare Mehrweggebinde zurückgreifen.
- Es sollten möglichst nur Großgebinde bestellt werden, auf Kleingebinde sollte man möglichst verzichten.

Über die Abfallwirtschaft bei der Organisation und Durchführung der Bauarbeiten geben folgende Kapitel aus dem gleichnamigen Dokument der SuperDrecksKëscht Auskunft:

S] Anstrich

Links:

<http://www.dfo-online.de>

<http://www.jot-oberflaeche.de>

Materialvergleich 12: Oberflächenbehandlungen (Teil I)

		Leimfarben	Dispersionsfarben, lösemittelhaltig	Dispersionsfarben, lösemittelfrei ⁴¹	Naturharzfarben, lösemittelhaltig	Naturharzfarben, lösemittelfrei ³⁷	Polyurethanharze, lösemittelhaltig	Polyurethanharze, wasserverdünnbar	Epoxidharzdispersionen	Epoxidharz, lösemittelhaltig
Herstellung	Inhaltsstoffe	Füllstoffe und Pigmente (52-56%), Wasser (30-45%), Bindemittel (1-18%), Hilfsstoffe (0,1-0,3% Konservierungsmittel)	Füllstoffe und Pigmente (35-55%), Wasser (30-40%), Kunstharzbindemittel (5-25%), Hilfsstoffe (0,5-5%, Konservierungs- und Stabilisierungsmittel), Lösemittel (1-3%)	Füllstoffe und Pigmente (50-60%), Wasser (35-45%), Kunstharzbindemittel (1-6%), Hilfsstoffe (0,5-2%, Konservierungs- und Stabilisierungsmittel)	Füllstoffe und Pigmente (40-50%), Wasser (40-50%), Naturharzbindemittel (5-15%), Lösemittel (1-7%), Hilfsstoffe (1%, Konservierungsmittel)	Füllstoffe und Pigmente (40-55%), Wasser (35-50%), Naturharzbindemittel (5-10%), Hilfsstoffe (1-6%, Konservierungsmittel)	Füllstoffe (25-45%), Lösemittel (25-40%), Bindemittel (25-35%), Hilfsstoffe (1-4%)	Wasser (35-40%), Bindemittel (25-35%), Füllstoffe/Pigmente (20-30%), Lösemittel (4-8%), Hilfsstoffe (1-2%)	Wasser (35-45%), Füllstoffe/Pigmente (20-40%), Bindemittel (23-27%), Lösemittel (0-5%), Hilfsstoffe (1-4%, Netzmittel, Rostinhibitoren, Entschäumer, Verdicker)	Füllstoffe/Pigmente (25-45%), Bindemittel (25-40%), Lösemittel (25-35%), Hilfsstoffe (2-3%)
	Energieaufwand in MJ/m ²	1 – 3	12 – 13	6,5 – 9	3,5 – 5,5	2,5 – 4,5	38 – 41	20 – 25	k.A.	k.A.
	Umweltbelastungszahl BZ in 1/m ²	2 – 7	14 – 17	7,5 – 13	9 – 13	4,5 – 9,5	50 – 65	35 – 40	k.A.	k.A.
	Herstellungsort	k.A.	Großregion	Großregion	Europa	Europa	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

⁴¹ Als lösemittelfrei deklariertes Produkte kann bis zu 0,5% Lösemittel enthalten.

		Leimfarben	Dispersionsfarben, lösemittelhaltig	Dispersionsfarben, lösemittelfrei ⁴¹	Naturharzfarben, lösemittelhaltig	Naturharzfarben, lösemittelfrei ³⁷	Polyurethanharze, lösemittelhaltig	Polyurethanharze, wasserverdünnbar	Epoxidharzdispersionen	Epoxidharz, lösemittelhaltig
	Materialspezifische Hinweise	abhängig vom Herstellungsprozess (Dimethylsulfat und lodmethan), empfindlich gegen Feuchtigkeit	abhängig vom Herstellungsprozess (Blausäure, Vinylchlorid, Ethylenoxid)	abhängig vom Herstellungsprozess (z.B. Blausäure, Vinylchlorid, Ethylenoxid)	Lösemittelmmissionen	-	Lösemittelmmissionen, mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungsprozess (Benzol, Phosgen, Isocyanate)	mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungsprozess (Benzol, Phosgen, Isocyanate)	Lösemittelmmissionen, mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungsprozess (Ethylenoxid, Epichlorhydrin, Phenylglycidylether)	Mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungsprozess (Ethylenoxid, Epichlorhydrin, Phenylglycidylether)
Einbau	Dichte in kg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Dampfdiffusionswiderstandszahl μ	80 - 150	200 – 5000	100 – 2000	< 100	< 100	25000 – 35000	25000 – 35000	10000 – 40000	10000 – 40000
	Baustoffklasse	-	-	-	-	-	-	-	-	-

		Leimfarben	Dispersionsfarben, lösemittelhaltig	Dispersionsfarben, lösemittelfrei ⁴¹	Naturharzfarben, lösemittelhaltig	Naturharzfarben, lösemittelfrei ³⁷	Polyurethanharze, lösemittelhaltig	Polyurethanharze, wasserverdünnbar	Epoxidharzdispersionen	Epoxidharz, lösemittelhaltig
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	-	Einatmen der Dämpfe verhindern; VOC, Glykolether, Isothiazolinone (Topfkonservierer), Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Isocyanate, Phosphorsäureester, Vinylchlorid,...)	Einatmen der Dämpfe verhindern; Glykolether, Isothiazolinone (Topfkonservierer), Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Isocyanate, Phosphorsäureester, Vinylchlorid,...)	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt vermeiden, VOC, Glykolether, Terpene	Einatmen der Dämpfe verhindern; Glykolether, Terpene	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern (Atemschutz, Handschuhe) Isocyanate (MDI, TDI, HDI), VOC, eventuell Flammschutzmittel (Phosphorsäureester)	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern (Atemschutz, Handschuhe); Isocyanate (MDI, TDI, HDI), (Lösemittel), eventuell Flammschutzmittel (Phosphorsäureester)	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern VOC, Glykolether, Isothiazolinone (Topfkonservierer), Restmonomere (Epichlorhydrin, Bisphenole, Amine, Diaminodiphenylmethan, ...)	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern; VOC, Restmonomere (Epichlorhydrin, Bisphenole, Amine, Diaminodiphenylmethan, ...)
Nutzung	Anwendungsbereich	mineralische Untergründe im Innenbereich mit geringer Beanspruchung, sowie auf Papier, Tapeten und Gipskarton	Stark beanspruchte Wände und Fassaden, Boden (Grundierung notwendig bei Gipsplatten und stark saugenden Untergründen)	mineralische Wand-, Deckenuntergründe und Tapeten im Innenbereich mit geringer Beanspruchung, (Grundierung notwendig bei Gipsplatten und stark saugenden Untergründen)	mineralische Wand-, Deckenuntergründe und Tapeten im Innenbereich mit geringer Beanspruchung, (Grundierung notwendig bei Gipsplatten und stark saugenden Untergründen)	mineralische Wand-, Deckenuntergründe und Tapeten im Innenbereich mit geringer Beanspruchung, (Grundierung notwendig bei Gipsplatten und stark saugenden Untergründe)	Holz, Metall, Beton im stark beanspruchten Innenbereich	Holz, Metall, Beton im stark beanspruchten Innenbereich	Holz, Metall, Beton im stark beanspruchten Innenbereich	Holz, Metall, Beton im stark beanspruchten Innenbereich

		Leimfarben	Dispersionsfarben, lösemittelhaltig	Dispersionsfarben, lösemittelfrei ⁴¹	Naturharzfarben, lösemittelhaltig	Naturharzfarben, lösemittelfrei ³⁷	Polyurethanharze, lösemittelhaltig	Polyurethanharze, wasserverdünnbar	Epoxidharzdispersionen	Epoxidharz, lösemittelhaltig
	Mittlere Nutzungsdauer in a	15 (Innenanstrich)	15 (Innenanstrich) 20 (Außenanstrich)	15 (Innenanstrich)	k.A.	k.A.	18 (Innenanstrich) 8 (Außenanstrich)	18 (Innenanstrich) 8 (Außenanstrich)	18 (Innenanstrich) 8 (Außenanstrich)	18 (Innenanstrich) 8 (Außenanstrich)
	Instandhaltung	können gereinigt und überstrichen werden	Können mit Laugenwasser gereinigt und überstrichen werden, vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	können mit Laugenwasser gereinigt und überstrichen werden, vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	können mit Laugenwasser gereinigt und überstrichen werden, vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	können mit Laugenwasser gereinigt und überstrichen werden, vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden, Neuanstrich problematisch	vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden, Neuanstrich problematisch	vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden, Neuanstrich problematisch	vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden, Neuanstrich problematisch

		Leimfarben	Dispersionsfarben, lösemittelhaltig	Dispersionsfarben, lösemittelfrei ⁴¹	Naturharzfarben, lösemittelhaltig	Naturharzfarben, lösemittelfrei ³⁷	Polyurethanharze, lösemittelhaltig	Polyurethanharze, wasserverdünnbar	Epoxidharzdispersionen	Epoxidharz, lösemittelhaltig
Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	eventuell Isothiazolinone (Konservierungsmittel)	Durch Diffusion, Versprödung, oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden. VOC, Glykolether, Isothiazolinone (Topfkonservierer), Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Isocyanate, Phosphorsäureester, Vinylchlorid,...)	Durch Diffusion, Versprödung, oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden; Glykolether, Isothiazolinone (Topfkonservierer), Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Isocyanate, Phosphorsäureester, Vinylchlorid,...)	Durch Diffusion, Versprödung, oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden; Glykolether und Terpene (über Monate oder Jahre), Isothiazolinone, eventuell Aldehyde ⁴²	Durch Diffusion, Versprödung, oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden. Glykolether und Terpene (über Monate oder Jahre), Isothiazolinone, eventuell Aldehyde ⁴³	Risiko längerfristiger Schadstoffabgabe nicht ganz ausgeschlossen, (Isocyanate, Flammschutzmittel) durch Diffusion, Versprödung, oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden	Risiko längerfristiger Schadstoffabgabe nicht ganz ausgeschlossen, Isocyanate, Flammschutzmittel (Phosphorsäureester); durch Diffusion, Versprödung oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden	Durch Diffusion, Versprödung, oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden. Glykolether, Isothiazolinone, Restmonomere (Epichlorhydrin, Bisphenole, Amine, Diaminodiphenylmethan, ...)	Durch Diffusion, Versprödung, oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden. VOC (nur in den Anfangswochen) Restmonomere (Epichlorhydrin, Bisphenole, Amine, Diaminodiphenylmethan, ...)	

⁴² Aufgrund einer chemischen Reaktion der pflanzlichen Fettsäuren der Naturharzfarben mit dem Sauerstoff der Raumluft können Aldehyde (Formaldehyd, Pentanal, Hexanal, Nonanal, ...) entstehen und die Raumluft belasten. Dieser Oxydationsprozess kann über Monate und Jahre andauern.

⁴³ Aufgrund einer chemischen Reaktion der pflanzlichen Fettsäuren der Naturharzfarben mit dem Sauerstoff der Raumluft können Aldehyde (Formaldehyd, Pentanal, Hexanal, Nonanal, ...) entstehen und die Raumluft belasten. Dieser Oxydationsprozess kann über Monate und Jahre andauern.

		Leimfarben	Dispersionsfarben, lösemittelhaltig	Dispersionsfarben, lösemittelfrei ⁴¹	Naturharzfarben, lösemittelhaltig	Naturharzfarben, lösemittelfrei ³⁷	Polyurethanharze, lösemittelhaltig	Polyurethanharze, wasserverdünnbar	Epoxidharzdispersionen	Epoxidharz, lösemittelhaltig
	Raumklima	+ atmungsaktiv + antistatisch - schimmelpilzanfällig, wenn feucht	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch	+ atmungsaktiv + wasserdampfdurchlässig + antistatisch	+ atmungsaktiv + wasserdampfdurchlässig + antistatisch	- diffusionsdicht - wasserdampfdurchlässig - elektrostatisch	- diffusionsdicht - wasserdampfdurchlässig - elektrostatisch	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch
Rückbau	Recyclingfähigkeit	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.

Materialvergleich 12: Oberflächenbehandlungen (Teil II)

		Kalkfarben	Silikatfarben (1 Komponent)	Silikatfarben (2 Komponenten)	Silikonharz- farben	Polymerisat- harzfarben	Lackfarben		
							Dispersionslack- farben	Alkydharz- lackfarben	Ölfarben und Naturharzlacke
Herstellung	Inhaltsstoffe	Wasser (45-55%), Füllstoffe und Pigmente (25-35%), Bindemittel (15-25%), Hilfsstoffe (0,5-1,5%)	Füllstoffe und Pigmente (43-51%), Wasser (39-47%), Bindemittel (8-13%), Hilfsstoffe (0,2-1,5%, Stabilisatoren), Lösemittel (0-1,7%)	Füllstoffe und Pigmente (65-75%), Wasser (20-30%), Bindemittel (5-10%)	Füllstoffe und Pigmente (35-55%), Wasser (35-50%), Bindemittel (8-12%), Lösemittel (0-3%), Hilfsstoffe (0,5-2% Konservierungsmittel, Stabilisierungsmittel)	Füllstoffe und Pigmente (40-55%), Lösemittel (30-40%), Bindemittel (8-18% Kunstharze), Hilfsstoffe (1,5-8%, Weichmacher)	Wasser (30-40%), Füllstoffe und Pigmente (20-35%), Kunstharzbindemittel (20-30%), Lösemittel (3-8%), Hilfsstoffe (1-6%, Konservierungs- und Stabilisierungsmittel)	Füllstoffe/ Pigmente (30-45%), Bindemittel (25-40%) Lösemittel (25-30%), Hilfsstoffe (1-3%, Trocknungsstoffe)	Füllstoffe/ Pigmente (30-65%), Naturharzbinde mittel (10-65%), Lösemittel (0-35%), Hilfsstoffe (0,5-4%)
	Energieaufwand in MJ/m ²	1 – 2	9 – 11	4 – 5	8 – 12	15 – 20	11 – 14	20 – 24	9 – 20
	Umweltbelastungszahl BZ in 1/m ²	2,5 – 3	13 – 16	7,5 – 9,5	10 – 14	27 – 36	15 – 19	31 – 38	26 – 45
	Herstellungsort	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Bauelemente

		Kalkfarben	Silikatfarben (1 Komponent)	Silikatfarben (2 Komponenten)	Silikonharz- farben	Polymerisat- harzfarben	Lackfarben		
							Dispersionslack- farben	Alkydharz- lackfarben	Ölfarben und Naturharzlacke
	Materialspezifische Hinweise	-	mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungs- prozess (Blausäure, Ethylenoxid)	-	mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungs- prozesses (Blausäure, Ethylenoxid)	Lösemittel- emissionen, mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungs- prozess (Blausäure, Vinylchlorid, Ethylenoxid)	Lösemittel- emissionen, mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungs- prozess (Blausäure, Vinylchlorid, Ethylenoxid)	Lösemittel- emissionen, mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungs- prozess;	Lösemittel- emissionen
Einbau	Dichte in kg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
	Dampfdiffusions- widerstandszahl μ	< 100	60 – 800	40 – 150	50 – 600	100 – 1500	1500 – 10000	12000 – 25000	1000 – 5000
	Baustoffklasse	-	-	-	-	-	-	-	-
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	stark basische Lösung, (Schutzbrille und Handschuhe tragen)	Wegen der Reaktion von Wasserglas: Schutzbrille und Handschuhe tragen, wirken pilzhemmend; VOC, Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Styrol)	Wegen der Reaktion von Wasserglas: Schutzbrille und Handschuhe tragen, wirken pilzhemmend	Einatmen der Dämpfe verhindern; VOC, chlorierte Kohlen- wasserstoffe	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern; VOC, Weichmacher, Restmono- mere (Acrylnitril, Acrylsäure, Styrol, Vinyl- chlorid,...)	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern; VOC, Glykolether, Isothiazolinone (Topfkonser- vierer), Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Isocyanate, Phosphor- säureester, Vinylchlorid, ...)	Emissionen von Lösemitteln (VOC) Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern

Nutzung	Anwendungsbereich	Kalkfarben	Silikatfarben (1 Komponent)	Silikatfarben (2 Komponenten)	Silikonharz- farben	Polymerisat- harzfarben	Lackfarben		
							Dispersionslack- farben	Alkydharz- lackfarben	Ölfarben und Naturharzlacke
		rein mineralische und kalkhaltige Untergründe im Innenbereich mit geringer Beanspruchung	Fassaden im Innen- und Außenbereich auf rein mineralischen Untergründen	Fassaden mit rein mineralischen Untergründen im Innen- und Außenbereich	mineralische Untergründe im Innen- und Außenbereich, bei Gips und stark saugenden Untergründen ist eine Silikonharzgrundierung nötig, nicht geeignet für Stahlbeton	Mineralische Fassaden, Stahlflächen im Außenbereich, mineralische Untergründe im Innenbereich	mineralische Untergründe im Innenbereich mit starker Beanspruchung, Holz und Holzwerkstoffe im Innen- und Außenbereich (Grundierung notwendig bei Gipsplatten, stark saugenden oder ungenügend gefestigten mineralischen Untergründen, Holz, Metall)	Holz- und Metallschutz im Innen- und Außenbereich	Holz im Innen- und Außenbereich
	Mittlere Nutzungsdauer in a	15 (Innenanstrich) 7 (Außenanstrich)	15 (Innenanstrich) 20 (Außenanstrich)	20 (Innenanstrich) 15 (Außenanstrich)	8 (Außenanstrich)	8 (Außenanstrich)	18 (Innenanstrich) 20 (Außenanstrich)	18 (Innenbereich) 8 (Außenbereich)	18 (Innenbereich) 8 (Außenbereich)

Bauelemente

		Kalkfarben	Silikatfarben (1 Komponent)	Silikatfarben (2 Komponenten)	Silikonharz- farben	Polymerisat- harzfarben	Lackfarben		
							Dispersionslack- farben	Alkydharz- lackfarben	Ölfarben und Naturharzlacke
	Instandhaltung	Abbürsten, Abwaschen und neu überstreichen, (jedoch nicht mit geschlossen filmbildenden Farben)	Abwaschen und neu überstreichen, (jedoch nicht mit geschlossen filmbildenden Farben)	Abwaschen und neu überstreichen, (jedoch nicht mit geschlossen filmbildenden Farben)	mit Hochdruck reinigen und mit Silikonharz streichen, Vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	Renovierbarke it begrenzt, vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	können abgewaschen, geschliffen und überstrichen werden, vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	können geschliffen und überstrichen (mit Kunst- oder Naturharz- lacken) werden, vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	können überstrichen werden

Bauelemente

	Kalkfarben	Silikatfarben (1 Komponent)	Silikatfarben (2 Komponenten)	Silikonharz- farben	Polymerisat- harzfarben	Lackfarben		
						Dispersionslack- farben	Alkydharz- lackfarben	Ölfarben und Naturharzlacke
Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	-	Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Styrol)	-	Diffusion, Versprödung oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrele- vante Bestandteile emittiert werden; VOC (Anfangs- phase), Konservie- rungsmittel (Isothiazolinone), chlorierte Kohlen- wasserstoffe, Acrylnitril, Acrylsäure	Durch Diffusion, Versprödung oder bei der Renovierung, können verschiedene umwelt- relevante Bestandteile emittiert werden; VOC (Anfangs- phase), Weichmacher, Restmono- mere (Acrylnitril, Acrylsäure, Styrol, Vinyl- chlorid, ...)	Durch Diffusion, Versprödung, oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden, Geruchs- emissionen. Glykolether, Isothiazolinone (Topfkonservier- er), Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Isocyanate, Phosphor- säureester, Vinylchlorid, ...)	Durch Diffusion, Versprödung, oder bei der Renovierung können verschiedene umweltre- levante Bestandteile emittiert werden. VOC-Ausdun- stungen (nur in den Anfangs- wochen) Geruchs- belästigung durch Oxyda- tionsprodukte der Fettsäuren in der Anfangsphase (Aldehyde)	Geruchsintensiv e und vermutlich gesundheitsschädliche Abbau- oder Zersetzungs- produkte können über längere Zeit freigesetzt werden. VOC (nur in der Anfangsphase), Terpene, eventuell Aldehyde (Oxydation der Fettsäuren)
Raumklima	+ atmungsaktiv + geruchs- absor- bierend + feuchtigkeits- regulierend + desinfizierend + schimmel-	+ antistatisch - nur bedingt atmungsaktiv - teilweise wasser- dampfdurch- lässig	+ atmungsaktiv + wasser- dampfdurch- lässig + antistatisch + schimmelpilz- unempfindlich (sofern keine organischen	+ atmungs- aktiv	- diffusions- dicht - elektro- statisch	- diffusionsdicht - wasserdampf- dicht - elektrostatisch	- diffusions- dicht - wasser- dampfdicht - elektro- statisch	- diffusionsdicht - wasserdampf- undurchlässig

Bauelemente

		Kalkfarben	Silikatfarben (1 Komponent)	Silikatfarben (2 Komponenten)	Silikonharz- farben	Polymerisat- harzfarben	Lackfarben		
							Dispersionslack- farben	Alkydharz- lackfarben	Ölfarben und Naturharzlacke
		pilzabweisend (Alkalinität) + antistatisch		Zusätze)					
Rückbau	Recyclingfähigkeit	Behandelte Baustoffe können ohne Qualitätseinbußen recycelt werden.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit nicht beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.

Materialvergleich 12: Oberflächenbehandlungen (Teil III)

		Klarlacke			Holzlasuren		
		Klarlacke, wasserverdünnbar	Naturharzklarlacke, lösemittelhaltig	Kunstharzklarlacke, lösemittelhaltig	Lasuren, wasserverdünnbar	Naturharzlasuren, lösemittelhaltig	Kunstharzlasuren, lösemittelhaltig
Herstellung	Inhaltsstoffe	Wasser (50-70%), Bindemittel (25-40%), Lösemittel (2-8%), Hilfsstoffe (2-5%)	Lösemittel (45- 65%), Bindemittel (30-45%), Hilfsstoffe (1-10%, Mattierungsmittel und Trockner)	Lösemittel (40- 85%), Bindemittel (15-60%), Hilfsstoffe (0,5-4%)	Wasser (55-75%), Bindemittel (15-30%), Lösemittel (1-8%), Füllstoffe und Pigmente (1-5%), Hilfsstoffe (0,5-4%), Trocknungsstoffe, usw.)	Lösemittel (55-80%), Bindemittel (15-25%), Hilfsstoffe (1,5-7%), Füllstoffe und Pigmente (0-12%)	Lösemittel (60-75%), Bindemittel (20-35%), Hilfsstoffe (1-3%, Trockner), Füllstoffe/Pigmente (0-5%)
	Energieaufwand in MJ/m ²	4,5 – 8	1,5 – 4,5	14 – 22	7 – 11	13 – 16	22 – 25
	Umweltbelastungszahl BZ in 1/m ²	3 – 10	5,5 – 7	21 – 28	6 – 11	22 – 25	30 – 36
	Herstellungsort	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Materialspezifische Hinweise	Lösemittellemissionen, mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungsprozess (Benzol, Phosgen, Isocyanate, Blausäure, Ethylenoxid)	Lösemittel-emissionen	Lösemittellemissionen, mögliche Emissionen abhängig vom Herstellungsprozess (Benzol, Phosgen, Isocyanate, Blausäure, Ethylenoxid)	Lösemittel, abhängig vom Herstellungsprozess (Blausäure, Ethylenoxid)	Lösemittel-emissionen	Lösemittel-emissionen
Einbau	Dichte in kg/m ³	-	-	-	-	-	-
	Dampfdiffusions- widerstandszahl μ	25000 – 35000	k.A.	12000 – 14000	12000 – 23000	k.A.	12000 – 23000
	Baustoffklasse	-	-	-	-	-	-

		Klarlacke			Holzlasuren		
		Klarlacke, wasserverdünnbar	Naturharzklarlacke, lösemittelhaltig	Kunstharzklarlacke, lösemittelhaltig	Lasuren, wasserverdünnbar	Naturharzlasuren, lösemittelhaltig	Kunstharzlasuren, lösemittelhaltig
	Materialspezifische Hinweise/ Schadstoffbelastungen	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern VOC, Glykolether, Isothiazolinone (Topfkonservierer), Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Isocyanate, Phosphorsäureester,...)	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern; VOC, Terpene	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern VOC, Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Isocyanate, Phosphorsäureester, Vinylchlorid, ...)	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern; VOC, Glykolether, Terpene, Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure)	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern; VOC, Terpene	Einatmen der Dämpfe und Hautkontakt verhindern; Lösemittel-emissionen, Restmonomere
Nutzung	Anwendungsbereich	Holzschutz im Innenbereich	Holzschutz im Innenbereich	Holz- und Metallschutz im Innenbereich	Holzschutz im Innen- und Außenbereich,	Holzschutz im Innen- und Außenbereich,	Holzschutz im Innen- und Außenbereich
	Mittlere Nutzungsdauer in a	18 (Innenbereich) 8 (Außenbereich)	18 (Innenbereich) 8 (Außenbereich)	18 (Innenbereich) 8 (Außenbereich)	12 (Innenbereich) 15 (Außenanstrich)	12 (Innenbereich) 15 (Außenanstrich)	12 (Innenbereich) 15 (Außenanstrich)
	Instandhaltung	können gereinigt, geschliffen und überstrichen werden, vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	können geschliffen und überstrichen werden, vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	können gereinigt, geschliffen und überstrichen werden, vollständige Entfernung ist mit hohem Aufwand verbunden	Können abgebürstet, geschliffen und überstrichen werden, vollständige Entfernung nicht unbedingt notwendig	können abgebürstet, geschliffen und überstrichen werden, vollständige Entfernung nicht notwendig	können abgebürstet, geschliffen und überstrichen werden, vollständige Entfernung nicht unbedingt notwendig

		Klarlacke			Holzlasuren		
		Klarlacke, wasserverdünnbar	Naturharzklarlacke, lösemittelhaltig	Kunstharzklarlacke, lösemittelhaltig	Lasuren, wasserverdünnbar	Naturharzlasuren, lösemittelhaltig	Kunstharzlasuren, lösemittelhaltig
	Materialspezifische Hinweise/ Schadstoffbelastungen	Durch Diffusion, Versprödung oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden. VOC, Glykolether, Isothiazolinone (Topfkonservierer), Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Isocyanate, Phosphorsäureester,...)	Es können geruchsintensive Abbau- oder Zersetzungsprodukte über längere Zeit freigesetzt werden. VOC (nur in der Anfangsphase), Terpene	Durch Diffusion, Versprödung oder bei der Renovierung können verschiedene umweltrelevante Bestandteile emittiert werden. VOC (nur in den Anfangswochen), Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure, Isocyanate, Phosphorsäureester, Vinylchlorid, ...)	Glykolether und Terpene (über Monate oder Jahre), Isothiazolinone, Restmonomere (Acrylnitril, Acrylsäure), eventuell Aldehyde ⁴⁴	Es können geruchsintensive Abbau- oder Zersetzungsprodukte über längere Zeit freigesetzt werden. VOC (nur in der Anfangsphase), Terpene (über Monate oder Jahre), eventuell Aldehyde ⁴⁵	VOC (nur in den Anfangswochen), Restmonomere (je nach Ausgangsmaterial)
	Raumklima	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch	k.A.	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch	+ atmungsaktiv - wasserdampfdicht	+ atmungsaktiv + wasserdampfdurchlässig + antistatisch	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht
Rückbau	Recyclingfähigkeit	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.	Behandelte Bauteile werden in ihrer Recyclingfähigkeit beeinträchtigt.

⁴⁴ Aufgrund einer chemischen Reaktion der pflanzlichen Fettsäuren der Naturharzfarben mit dem Sauerstoff der Raumluft können Aldehyde (Formaldehyd, Pentanal, Hexanal, Nonanal, ...) entstehen und die Raumluft belasten. Dieser Oxydationsprozess kann über Monate und Jahre andauern.

⁴⁵ Aufgrund einer chemischen Reaktion der pflanzlichen Fettsäuren der Naturharzfarben mit dem Sauerstoff der Raumluft können Aldehyde (Formaldehyd, Pentanal, Hexanal, Nonanal, ...) entstehen und die Raumluft belasten. Dieser Oxydationsprozess kann über Monate und Jahre andauern.

B.2.6 Holzschutzmittel

Holzschutz im weitesten Sinne umfasst alle Maßnahmen zur Erhaltung von Holz und Holzwerkstoffen; unterschieden wird dabei in den konstruktiven, physikalischen und chemischen Holzschutz.

Konstruktiver Bauschutz muss bereits in der Planung berücksichtigt werden. Mit Schwerpunkt auf die Ausrichtung des Gebäudes, der Fassadengestaltung, der Anordnung schützender Dachüberstände, sowie bei der Detailausbildung, muss der Erdkontakt, die Tauwasserbildung und die dauernde Durchfeuchtung des Holzes durch Regen- und Spritzwasser vermieden werden. Das erneute Austrocknen durchfeuchteter Hölzer muss gewährleistet sein, wesentlicher Bestandteil des konstruktiven Holzschutzes ist aus diesem Grunde die Be- und Hinterlüftung der Konstruktion und der Bauteilschichten, um den Abtransport von vorhandener Feuchtigkeit zu gewährleisten.

Nachfolgend wird näher auf den chemischen Holzschutz eingegangen. Dieser soll vorbeugend gegen holzerstörenden oder die Holzqualität beeinträchtigenden Insekten- und Pilzbefall wirken (Präventivprodukte), bzw. einen vorhandenen Befall bekämpfen (Kurativprodukte).

Nach ihrer stofflichen Zusammensetzung lassen sich Holzschutzmittel (HSM) in wasserlösliche HSM, ölige HSM und lösemittelhaltige HSM einteilen.

Um die richtige Auswahl beim Einsatz von HSM zu treffen, muss erst die Gefährdungsklasse des Holzes je nach Einsatzbedingungen definiert werden:

Tabelle 20: Gefährdungsklassen des Holzes nach DIN 68800-3 [7]

Gefährdungs- klasse GK	Einsatzbedingungen	Gefährdungstyp
0	Innenbauteile, ständig trocken	-
1	Innenbauteile, trocken, rel. Luftfeuchtigkeit bis 70%	Insekten
2	Innenbauteile, rel. Luftfeuchtigkeit zeitweise über 70%, Tauwasser und Außenbauteile ohne unmittelbare Wetterbeanspruchung	Insekten und Pilze
3	Außenbauteile mit Wetterbeanspruchung	Insekten, Pilze und Auswaschung
4	Holzbauteile in ständigem Erd- und/oder Süßwasserkontakt	Insekten, Pilze, Auswaschung und Moderfäule

GK 0 bedarf keines chemischen Holzschutzes. Aber auch bei GK 1 bis GK 4 ist die Anwendung von chemischen Mitteln nicht zwingend notwendig, sondern es können auch Hölzer eingesetzt werden, die für die jeweilige Gefährdungsklasse ausreichend natürlich dauerhaft sind. [3] Beispielsweise kann die einheimische Robinie bis zu einer Gefährdungsklasse 4 eingesetzt werden. [48]

Eine Bewertung der Effekte von Holzschutzmitteln auf Mensch und Umwelt, bzw. der in ihnen enthaltenen Wirkstoffe, ist schwierig und setzt einen hohen toxikologischen Kenntnisstand voraus. An dieser Stelle wird nicht auf die generelle Problematik der Risikoabschätzung und der verschiedenen Konzepte zur Ermittlung akzeptabler Konzentrationen von Wirkstoffen eingegangen. Generell sollte von dem

Minimierungsgedanken ausgegangen werden: Jede unnötige Einwirkung von Chemikalien auf den Menschen gerade im Wohnbereich sollte vermieden werden.

Beim Kauf von Holzprodukten für den Außenbereich sollten kesseldruckimprägnierte Erzeugnisse bevorzugt werden, die einen lang anhaltenden Schutz gegen holzerstörende Insekten und Pilze gewährleisten. Vor Bläuepilzen schützt die Kesseldruckimprägnierung allerdings nicht immer zuverlässig, ggf. wird ein zusätzlicher Bläueschutzanstrich notwendig. Der Farbton des Holzes kann durch ein Nachstreichen mit einem schadstoffarmen Anstrichmittel nach Belieben angepasst werden. Holzprodukte zum Aufstellen bzw. Einbau in Wohn- und Aufenthaltsräumen (z. B. Wand-/ Deckenbekleidungen, Bodenbelege, Möbel), sollten nicht mit Holzschutzmitteln behandelt werden. [47]

Holzschutzmittel können Stoffgruppen mit bekannten kritischen Eigenschaften für Mensch und Umwelt enthalten. Die eigentlichen Wirkstoffe der Holzschutzmittel bezeichnet man als Biozide. Seit dem Inkrafttreten der Biozid-Richtlinie 98/8/EG⁴⁶ im Jahr 2002 unterliegen Biozid-Wirkstoffe einem speziellen, EU-weitem Bewertungsverfahren (Holzschutzmittel bilden in der Hauptgruppe 2 „Schutzmittel“ eine eigene Produktgruppe). Die einzelnen Biozidprodukte (also auch Holzschutzmittel) werden dagegen weiterhin von den Mitgliedstaaten zugelassen.

Die biozide Wirkung von wasserlöslichen Holzschutzmitteln wird durch organische oder anorganische Salze erzeugt. [3] Ein Problem ist die Auswaschung der Salze durch Feuchtigkeit (Regen). Salze, die in Gefährdungsklassen 1 und 2 eingesetzt werden, bleiben stets auswaschbar und müssen auch auf der Baustelle gegen Nässe abgedeckt werden. Salze für die Gefährdungsklassen 3 und 4 sind nicht auswaschbar und enthalten Chromate (Chrom-VI-Verbindungen), sie benötigen eine Fixierzeit von mehreren Wochen im Holz. In dieser Zeit muss das Holz vor Regen geschützt werden. [3]

Der Einsatz von Holzschutzmitteln in trockener Form, die Salze und/oder Chromate enthalten und auf der Baustelle mit Wasser angereichert und vermischt werden müssen, ist in Europa rückläufig. Heutzutage werden Holzschutzmittel als gelöstes Konzentrat in Containern geliefert, dem Wasser zugesetzt und vor Ort verarbeitet. Viele Wirkstoffe fixieren bereits ab der Gefährdungsklasse 1 (Holzfeuchte von unter 20% muss sichergestellt sein), die Fixierzeit ist bei den meisten Produkten auf einige Stunden reduziert.

Organische wasserlösliche Salze sind für die Gefährdungsklassen 3 und 4 zugelassen. Sie fixieren ohne den Zusatz von Chromaten. [3]

Lösemittelhaltige HSM bestehen zu 80 - 95% aus organischen Lösemitteln und biozid wirkenden organischen Verbindungen. Zum Schutz gegen Holzfäule (Pilze) und Holzverfärbung, dienen pilzwidrige Wirkstoffe (Fungizide). Zum Schutz gegen holzerstörende Insekten werden Insektizide eingesetzt. Diese Wirkstoffe sind in Anteilen von 2 - 5% in den Lösemitteln enthalten, wobei meist Wirkstoffkombinationen eingesetzt werden. Einige der verwendeten Fungizide und Insektizide werden in der Öffentlichkeit kontrovers diskutiert. Besonders problematisch waren Pentachlorphenol- (PCP) und

⁴⁶ Richtlinie 98/8/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten. Amtsblatt Nr. L 123 vom 24.04.1998, S. 1-63. In absehbarer Zeit wird die Richtlinie durch eine neue Verordnung über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Biozid-Produkten ersetzt werden, die sich zurzeit im europäischen Gesetzgebungsverfahren befindet.

Lindan-haltige Mittel, die seit etwa 20 Jahren verboten sind. Beim Sanieren und Renovieren ist deshalb darauf zu achten, dass alte, eventuell belastete Hölzer, fachgerecht entsorgt werden. Aber auch die gegenwärtig eingesetzten Wirkstoffe (z. B. Pyrethroide) können bedenklich für die Gesundheit sein.

Bei den öligen HSM handelt es sich um Teerölpräparate und Kresol.

Neu auf den Markt kommende Stoffe müssen durch die Behörden zugelassen werden (siehe Biozid-Richtlinie).

Die meisten Toxikologen gehen davon aus, dass die Gefahren durch Langzeiteinwirkung von Holzschutzmitteln während der Nutzungsphase von den verwendeten Bioziden (Wirkstoffen) ausgehen. Auch ein gesetzliches Verbot von einzelnen Stoffgruppen löst nicht umgehend die gesundheitlichen Problematiken. So zeigte eine 2008 veröffentlichte Studie des Umweltbundesamtes in Deutschland, dass der Hausstaub in Haushalten mit Umweltschadstoffen belastet sind, die bereits seit mehreren Jahren nicht mehr in Deutschland vertrieben werden dürfen. Zwischen Mai 2003 und 2006 wurden 600 Haushalte in Deutschland untersucht: In 83% der Hausstaubproben wurde das oben genannte, seit geraumer Zeit verbotene Holzschutzmittel PCP (Pentachlorphenol) nachgewiesen. Der Kinder-Umwelt-Survey 2003/2006 kann unter <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3356.pdf> kostenlos herunter geladen werden.

Checkliste

- ❑ Holz darf nicht zu feucht eingebaut werden (Trocknungszeit respektieren) und soll nur begrenzt Feuchtigkeit ausgesetzt werden. [3], [7]
- ❑ Unbedingt die Gefährdungsklasse vor dem Einsatz von HSM ermitteln.
- ❑ Chromat-haltige Holzschutzmittel vermeiden (alternative Stoffe: z.B. Kupferverbindungen, quartäre Ammoniumverbindungen, Ammoniumsalze, Triazole). [3]
- ❑ Kontakt mit HSM vermeiden, Kennzeichnung anbringen und das Mittel unzugänglich lagern. [3]
- ❑ Beim Einsatz von Holzschutzmitteln auf der Baustelle, muss ein Auswaschen des Holzschutzmittels in das Erdreich, in Gewässer oder die Kanalisation verhindert werden. [7]
- ❑ Beim Auftragen Streichverfahren dem Spritzen bevorzugen. [3]
- ❑ Um die Wieder-, Weiterverwertung bzw. die richtige Entsorgung des Holzes zu gewährleisten, muss die Holzbehandlung schriftlich dokumentiert werden.
- ❑ Organische Holzschutzmittel aus gesundheitlichen Gründen in Innenräumen vermeiden.

Links

http://www.bayern.de/lfu/umwberat/data/chem/stoff/holzschutz_1996.htm

B.2.7 Bodenbeläge

Bodenbeläge lassen sich nach verschiedenen Merkmalen einteilen. Dabei kann z.B. eine Einteilung nach

- dem Anwendungsbereich (Wohnen, Gewerbe, Industrie),
- der Rohstoffherkunft (mineralisch, nachwachsend, fossil),
- der chemischen Zusammensetzung (organisch, anorganisch),
- der Beschaffenheit der Produkte (textil, elastisch, hart)

vorgenommen werden.

Wichtige Eigenschaften von Bodenbelägen sind Dichte, Härte, Brandverhalten sowie schalltechnische und wärmetechnische Eigenschaften. Nachfolgend werden die Beanspruchungsklassen für Bodenbeläge aufgeführt:

Tabelle 21: Beanspruchungsklasse nach Anwendungsbereichen

Anwendungsbereich	Wohnbereiche			Gewerbebereiche				Industriebereiche		
	mäßig	normal	stark	mäßig	normal	stark	sehr stark	mäßig	normal	stark
Beanspruchungsklasse	21	22	23	31	32	33	34	41	42	43

Die Herstellung der Beläge ist nicht umweltproblematisch, die meisten Umweltauswirkungen entstehen bei der Herstellung der Rohstoffe und der Befestigung (siehe dazu Kapitel Klebstoffe). Weiter sind die Umweltauswirkungen der Reinigung und Pflege der Böden ein wichtiger Faktor, der berücksichtigt werden muss⁴⁷. In dem nachfolgenden Materialvergleich liegt den Vergleichsdaten der Umweltauswirkungen eine Studie [10] zugrunde, die Auswirkungen des Bodenbelags über 20 Jahre Lebensdauer ganzheitlich zusammenfasst. Darin ist z.B. auch die Reinigung enthalten.

Tabelle 22: Rohstoff-Zusammensetzung von Bodenbelägen

Produktgruppe	nachwachsende Rohstoffe [%]	fossile Rohstoffe [%]	mineralische Rohstoffe [%]
Holz-Bodenbeläge	80-100	0-20	0
Laminat-Bodenbeläge	80-85	15-20	0
Linoleum-Bodenbeläge	65-75	<1	25-35
Polyolefin-Bodenbeläge	0	30-90	10-70
PVC-Bodenbeläge	0	35-55	45-65
Gummi-Bodenbeläge	0-10	20-55	45-70
Naturfaser-Teppichböden	45-100	0-35	0-35
Kunstfaser-Teppichböden	0-5	55-100	0-45

⁴⁷ Es ist anzumerken, dass der Energieverbrauch einer professionellen Trockenreinigung, über einen Zeitraum von 20 Jahren betrachtet, höher liegt als die Produktion sowie Wiederverwendung und Weiterverwertung des Bodenbelags. [10]

Checkliste

- Unbedingt Böden mit passenden Belastungsklassen für den jeweiligen Anwendungsfall auswählen. Dabei auf langlebige, pflegearme Produkte zurückgreifen.
- Lösemittelfreie oder –arme Kleber benutzen (siehe dazu Kapitel Klebstoffe). [3]
- Mechanische Befestigungen möglichen Klebeverbindungen vorziehen (lose Verlegung mit doppelseitigem Klebeband, schwimmende Verlegung mit Verleimung nur an den Seiten oder mechanische Befestigungsart mit Nageln, Schrauben). [3]
- Verlegung soweit planen, dass eine zerstörungsfreie Wiederaufnehmbarkeit und Wiederverwendung möglich ist. [2]
- Einheimische Holzarten (europäische) bevorzugen. Gezielt Hölzer aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern einsetzen. Dazu das internationale kontrollierte FSC⁴⁸- oder PEFC⁴⁹- Label beachten.
- Die Oberflächenbehandlung soweit wie möglich werkseitig anbringen, da das Werk besser ausgerüstet ist, um die dabei entstehenden Emissionen aufzufangen.
- Bei den elastischen Bodenbelägen auf hohe nachweisbare Produktqualität achten, das wirkt Emissionen während der Nutzungsphase entgegen.
- Reinigung und Pflege der Böden während der Nutzungsphase ist emissionsintensiv, hier auf umweltfreundliche Durchführung achten.

Links

<http://www.bodenleger.de>

<http://www.gut-ev.de>

<http://www.agpr.de/>

<http://www.emicode.de>

<http://www.fsc-deutschland.de>

<http://www.pefc.lu>

<http://www.pefc.org>

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

⁴⁸ FSC: Forest Stewardship Council garantiert eine Herkunft aus nachhaltiger Waldwirtschaft. Die Zertifizierung erfolgt nach zehn weltweit gültigen Prinzipien und berücksichtigt gleichermaßen Ökologie, soziale Belange und ökonomische Ansprüche.

⁴⁹ PEFC: Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes. Nationales PEFC-System in Luxemburg seit 2005. International anerkannte Zertifizierungskriterien („International forestry principles“) und Zertifizierungsabläufe (ISO).

Materialvergleich 13: Bodenbeläge (Teil I)

		Linoleum	Gummibelag	PVC-Bodenbelag	Polyolefin-Bodenbelag	Massivholzparkett
Herstellung	Inhaltsstoffe	Leinöl, Kolophonium-Harz, Holz- und Korkmehl, mineralische Füllstoffe, Jute, Additive (Pigmente), Kunstharze, Trocknungsstoffe	Naturkautschuk / Synthetikautschuk, mineralische Füllstoffe (Kreide, Kaolin), Additive (Pigmente), Trägermaterial (Kork, Schaumstoffe)	Polyvinylchlorid, Füllstoffe (Kreide, Kaolin), Additive (Pigmente), Trägermaterial (Jute, Polyestervliese), Oberflächenbehandlung	Polyolefine, Füllstoffe (Kreide, Kaolin), Additive (Pigmente), Oberflächenbehandlung	Holz, Bindemittel, Oberflächenbehandlung (Öl, Wachs, Versiegelung)
	Energieaufwand in MJ/m ² ⁵⁰ [10]	+++++	++++	++++	+++++	+
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ² [10]	+++	+++++	++++	+++++	+
	Versauerung in mol H ⁺ /m ² [10]	+++++	+	++++	+++++	k.A.
	Photosmog in g EthylenÄq/m ² [10]	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Herstellungsort	Europa	Großregion	Großregion	Großregion	Großregion
	Material-spezifische Hinweise	-	-	-	-	-
Einbau	Dichte in kg/m ³	750 (Korklinoleum) – 1200 (Linoleum)	1500 – 1700	800 (geschäumter Belag) – 1550 (homogener Belag)	900 – 1700	655 – 715 (Laubholz) 470 – 605 (Nadelholz)

⁵⁰ nur eine Probe

Bauelemente

		Linoleum	Gummibelag	PVC-Bodenbelag	Polyolefin-Bodenbelag	Massivholzparkett
	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)	0,081 (Korklinoleum) – 0,12 (Linoleum-Verbundbeläge) – 0,17 (Linoleum)	0,23 ⁵¹	0,23	0,23	0,20 (Laubholz) 0,13 (Nadelholz)
	Baustoffklasse	B1	B1 – B2	B1 – B2	B1	B1 (Laubholz) B2 (Nadelholz)
	Material-spezifische Hinweise / Schadstoff-belastungen	Klebertyp beachten (Formaldehyd, Isocyanate, VOC), Geruch	beim Verfugen von Zweikomponenten-Fugenmasse VOC-Emissionen, Vinylcyclohexen und Nitrosaminen möglich, Klebertyp beachten	Klebertyp beachten; Phthalate, Vinylchlorid, Formaldehyd (Kleber)	Klebertyp beachten	Klebertyp beachten, Klebertyp beachten, Oberflächenbehandlung beachten, keine Insektizide oder Fungizide verwenden; Holzstaub (Feinstaubmaske), je nach Oberflächenbehandlung Isocyanat- oder Lösemittelbelastungen möglich
Nutzung	Anwendungsbereich	Wohnungsbau, Verwaltung, Gewerbe; kein Einsatz im Nassbereich	Gewerbe und Industriebereich	Wohnungsbau, Objektbereich und Industriebereich	Wohnungsbau, Objektbereich	Wohnungsbau, Verwaltung und Gewerbe, im Nassbereich vermeiden
	Mittlere Nutzungsdauer in a	20	20 ⁵²	20	-	60 (Hartholz), 8 (Versiegelungen und Lack), 4 (Imprägnierungen, Öl und Wachs)
	Instandhaltung	stark alkalische Reinigungsmittel vermeiden, Reparaturen möglich	pH-neutrale Putzmittel nutzen	-	-	Oberflächenbehandlung muss regelmäßig erneuert werden, durch Abschleifen der Oberfläche kann die Nuttschicht erneuert werden

⁵¹ Klasse der Kunststoffbeläge

⁵² Annahme: gleiche Lebensdauer wie PVC oder Linoleum

		Linoleum	Gummibelag	PVC-Bodenbelag	Polyolefin-Bodenbelag	Massivholzparkett
	Material-spezifische Hinweise / Schadstoff-belastungen	Abbauprodukte können emittieren (VOC), Klebertyp beachten, Oxidation des Leinöls (Formaldehyd & Aldehyde), Chloranisol	Abbauprodukte der Styrol-Butadien-Struktur können emittieren (Nitrosamine - Vulkanisationsbeschleuniger, VOC, Vinylcyclohexan - Synthetikgummi, 4-Phenyl-cyclohexan), Klebertyp beachten	Weichmacher (Phthalate), Vinylchlorid, eventuell Formaldehyd oder Isocyanate des Klebers oder der Oberflächenversiegelung	Klebertyp beachten; eventuell Formaldehyd oder Isocyanate des Klebers oder der Oberflächenversiegelung	Klebertyp beachten; je nach Oberflächenbehandlung sind Isocyanat-, Lösemittel-, Biozid-, Flammschutzmittel- oder Terpenbelastungen möglich
	Raumklima	+ feuchtigkeitsregulierend + atmungsaktiv + antistatisch (jeweils nur ohne Oberflächenbeschichtung)	k.A.	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch	- elektrostatisch - diffusionsdicht	+ fußwarm Unversiegeltes Holzparkett: + atmungsaktiv + feuchtigkeitsregulierend + antistatisch Versiegeltes Holzparkett: - diffusionsdicht - elektrostatisch
Rückbau	Recycling-fähigkeit	gesäuberte Beläge theoretisch wieder-verwendbar bzw. zum Teil biologisch abbaubar, energetische Verwertung	saubere Altbeläge können theoretisch verschiedenen Produkten beigemischt werden (Downcycling), energetische Verwertung	Wiederverwertung von sauberen PVC als Produktrohstoff möglich ⁵³ , energetische Verwertung ist problematisch	stoffliche Weiterverwertung von sauberen Beläge theoretisch möglich, energetische Verwertung	je nach Befestigungssystem ist eine stoffliche Wiederverwertung möglich, energetische Verwertung

⁵³ Infos dazu gibt es bei der Arbeitsgemeinschaft PVC-Bodenbelag Recycling (AgPR): <http://www.agpr.de/>

Materialvergleich 13: Bodenbeläge (Teil II)

		Laminat	Naturfaser-Teppichboden	Kunstfaser-Teppichboden	Naturstein-Bodenbelag	Keramische Fliesen und Platten
Herstellung	Inhaltsstoffe	Holz , Papier, Bindemittel (Kunstharz), Additive	Wolle (Schafschurwolle), Fasern (Kokos, Sisal, Jute), Kautschuk, Jute, Füllstoffe (Gesteinsmehle) Additive	Kunststoff (Polyamid, Polypropylen, Polyester, Polyacryl), Kautschuk, Jute, Füllstoffe (Gesteinsmehle) Additive	Gesteine	Quarz, Feldspat, Ton, Kaolin, Wasser
	Energieaufwand in MJ/m ² ⁵⁴ [10]	k.A.	k.A.	+++	k.A.	k.A.
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ Äq/m ² [10]	k.A.	k.A.	+++++	k.A.	k.A.
	Versauerung in mol H ⁺ /m ² [10]	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Photosmog in g EthylenÄq/m ² [10]	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Herstellungsort	Großregion	Europa	Europa	Europa / Import weltweit	Großregion
	Material-spezifische Hinweise	-	-	-	meist hoher Transportaufwand	-

⁵⁴ Es wurden sowohl der erneuerbare und der nicht-erneuerbare Energieaufwand berücksichtigt.

Bauelemente

		Laminat	Naturfaser-Teppichboden	Kunstfaser-Teppichboden	Naturstein-Bodenbelag	Keramische Fliesen und Platten
Einbau	Dichte in kg/m ³	850 – 1100	-	-	1600 (vulkanische porige Natursteine), 2600 (Sedimentsteine – Sandstein, Muschelkalk, Nagelfluh), 2800 (kristalline metamorphe Gesteine – Granit, Basalt, Marmor)	2000 (Keramik und Glasmosaik)
	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)	-	-	-	0,55 (vulkanische porige Natursteine), 2,3 (Sedimentsteine – Sandstein, Muschelkalk, Nagelfluh), 3,5 (kristalline metamorphe Gesteine – Granit, Basalt, Marmor)	1,2 (Keramik und Glasmosaik)
	Baustoffklasse	B1	B1 – B3	B1 – B3	Arbeitsgruppe	-
	Material-spezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Holzstaub (Feinstaubmaske), Formaldehydemissionen je nach verwendetem Kleber (Klebertyp beachten)	Klebertyp beachten	Klebertyp beachten	-	Staubemissionen beim Zuschneiden
Nutzung	Anwendungsbereich	Wohnungsbau, Verwaltung und Gewerbe, im Nass- und Feuchtbereich vermeiden	Wohnungsbau und Gewerbe	Wohnungsbau und Gewerbe	Innen- und / oder Außenbodenbelag	Innen- und / oder Außenbodenbelag
	Mittlere Nutzungsdauer in a	-	10	10	70 (Naturstein weich), 100 (Naturstein hart)	60 (Keramik)
	Instandhaltung	Renovierung ist nur durch Austausch des Bodenbelags möglich	-	Renovierung kaum möglich, meist muss gesamter Belag ausgewechselt werden, sind Schmutz empfindlich	-	einzelne Fliesen können problemlos ausgetauscht werden

Bauelemente

		Laminat	Naturfaser-Teppichboden	Kunstfaser-Teppichboden	Naturstein-Bodenbelag	Keramische Fliesen und Platten
	Material-spezifische Hinweise	Klebertyp beachten, Formaldehyd, Isocyanate (je nach Bindemittel und Verarbeitung)	bei SBR Rücken entstehen Emissionen durch Abbauprodukte (VOC, Weichmacher, Flammschutzmittel, Isocyanate), Klebertyp beachten, Biozide (Eulan)	Abbauprodukte können emittieren (VOC), Klebertyp beachten; anfängliche Geruchsbelästigungen möglich, Weichmacher, Flammschutzmittel, Isocyanate (je nach Teppichrücken), vereinzelt Biozide	zum Teil erhöhte radioaktive Belastung bei vulkanischen Steinen (Granit, Basalt); keine Belastung bei Sedimentsteinen (Sandstein, Marmor, Muschelkalk)	-
	Raumklima	+ fußwarm - elektrostatisch - diffusionsdicht (je nach Oberflächenbehandlung)	+ fußwarm + feuchtigkeitsregulierend + antistatisch + schallisolierend	+ fußwarm - diffusionsdicht	+ antistatisch - fußkalt	+ antistatisch - diffusionsdicht - raumkalt
Rückbau	Recycling-fähigkeit	energetische Verwertung	energetische Verwertung	energetische Verwertung	Wiederverwendung theoretisch möglich, Weiterverwertung als Kies oder Füllstoffe	fallen in der Regel als Bauschutt an, intakte Fliesen können gesäubert und wiederverwendet werden

B.2.8 Klebstoffe

Die Einteilung in Dispersions-Klebstoffe, Kleister, Lösemittel-Klebstoffe, Polyurethan-Klebstoffe und Epoxidharz-Klebstoffe orientiert sich an dem im Hochbau üblichen Sprachgebrauch.

Die Unterscheidung in Dispersions- und Lösemittel-Klebstoffe ist eine ökologisch und arbeitshygienisch wichtige Einteilung. Mit dem Kleister, dem Polyurethan- und Epoxid-Klebstoffen werden ein alter und zwei neue Bindemitteltypen unterschieden, die als solche in ihren spezifischen Anwendungsbereichen von Bedeutung sind. In der folgenden Tabelle 23 sind die wichtigsten Eigenschaften der oben genannten Klebstoff-Produktgruppen zusammengefasst.

Tabelle 23: Eigenschaften von Klebstoffen

	Dispersions-Klebstoffe	Kleister	Lösemittel-Klebstoffe	Polyurethan-Klebstoffe	Epoxidharz-Klebstoffe
Abbinde-mechanismus	physikalisch			chemisch	
Bindemittel	diverse	Stärke/ Cellulose	diverse	Polyurethan	Epoxid
Erhärtungstyp	kalthärtend				
Lieferform	1K			1K & 2K	2K
mechanische Eigenschaften	grundsätzlich plastomer			plastomer, duromer oder elastomer	
Anwendungsbereiche im Innenbereich Hochbau	universell	diffusions-offene Tapeten	erhöhte Anforderungen	erhöhte Anforderungen	Spezialanwendungen

Die Wahl vom geeigneten Klebstoff ist abhängig von dem Belag, der Beschaffenheit des Untergrundes, der Beanspruchung des Bodens und der örtlichen Verhältnisse. [2]

Kleber können eine ganz breitgefächerte Zusammensetzung haben und somit verschiedene Umweltauswirkungen besitzen.

Die Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V. hat eine Einteilung der Klebstoffe für Bodenbeläge in drei Emissionsklassen erarbeitet: www.klebstoffe.com [3]

Emissionsklassifizierung von Klebstoffen für Bodenbeläge:

EMICODE EC 1 TVOC unter 500 µg/m³ = 'sehr emissionsarm'

EMICODE EC 2 TVOC 500 – 1.500 µg/m³ = 'emissionsarm'

EMICODE EC 3 TVOC über 1.500 µg/m³ = 'nicht emissionsarm'

(TVOC: Gesamtkonzentration an flüchtigen organischen Verbindungen in der Luft)

Nach der TVOC- Summenkonzentration erfolgt die Einstufung in die zutreffende Emissionsklasse. Erfasst werden, sollen mittel- und schwerflüchtige Stoffe, die im Wesentlichen das Langzeit-Emissionsverhalten bestimmen und zu Raumluftbelastungen beitragen. Als Summe aller VOC-Einzelkonzentrationen ergibt sich die TVOC-Konzentration. [3]

Checkliste

- Verlegung mit doppelseitigem Klebeband, schwimmende Verlegung mit Verleimung nur an den Seiten oder mechanische Befestigungsart mit Nägeln, Schrauben). [3]
- Dispersions-Klebstoffe bevorzugt einsetzen. [3]
- Emissionsklassen beachten und möglichst niedrige Klassen wählen.

Materialvergleich:

Im Materialvergleich werden jeweils Punkte (+) vergeben, die Auskunft darüber geben, in welcher Relation die Umweltauswirkungen zueinander stehen. Je mehr Punkte desto vergleichbar geringer die Umweltauswirkungen.

Materialvergleich 14: Klebstoffe

		Dispersions-Klebstoffe	Kleister	Lösemittel-Klebstoffe	Polyurethan-Klebstoffe	Epoxidharz-Klebstoffe
Herstellung	Inhaltsstoffe	Kunst- oder Naturharze, mineralische Füllstoffe (Gesteinsmehle, Titanoxid), Wasser, Hilfsstoffe (Weichmacher, Stabilisatoren, Antioxidantien, Verdicker)	Bindemittel (Eiweiße, Cellulose, geringe Menge an Kunstharzen), Wasser	Kunst- oder Naturharze, Lösemittel, mineralische Füllstoffe, Hilfsmittel (Weichmacher, Stabilisatoren, Antioxidantien, Verdicker), Lösemittel	Kunstharz, Härter, Lösemittel, mineralischen Füllstoffe, Hilfsmittel (Weichmacher, Stabilisatoren, Katalysatoren, Verlaufsmittel)	Kunstharz, Lösemittel, Härter, mineralische Füllstoffe, Hilfsmittel (Reaktivverdünner, Polymere zur Elastizitätsverbesserung)
	Energieaufwand in MJ/kg ⁵⁵	+++	+++++	+++	++	+
	Treibhauspotenzial in kg CO ₂ -Äq/kg	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Versauerung in g SO _x -Äq/kg	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Photosmog in g Ethylen-Äq/kg	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Herstellungsort	Europa	Europa	Europa	Europa	Europa
	Materialspezifische Hinweise	mögliche Emissionen abhängig vom eingesetzten Kunstharz	-	Lösemittellemissionen	mögliche Emissionen abhängig von eingesetzten Komponenten	mögliche Emissionen abhängig von eingesetzten Komponenten (Benzol, Chlor, Epichlorhydrin)
Einbau	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	VOC, Glykolether, Isothiazolinone, Formaldehyd, Restmonomere, Weichmacher	-	Arbeitshygiene unbedingt beachten; VOC, Weichmacher	Arbeitssicherheitsanweisungen unbedingt beachten; Isocyanate, VOC	Arbeitshygiene unbedingt beachten

⁵⁵ Grobabschätzung des Primärenergieaufwands für die Herstellung von Klebstoff-Produktgruppen [3]

Bauelemente

		Dispersions-Klebstoffe	Kleister	Lösemittel-Klebstoffe	Polyurethan-Klebstoffe	Epoxidharz-Klebstoffe
Nutzung	Anwendungsbereich	als Bodenbelag- und Spezialtapetenkleber, für Dämmstoffe, Holz, Stein, Leichtbauplatten und Kacheln	zum Befestigen von Tapeten	Klebstoff für Bodenbeläge, bei Polyolefinbeläge nicht einsetzbar	Klebstoff für Bodenbeläge, bei Polyolefin-, Kork-, Nadelvlies-, Kokos- und Sisalbelägen nicht einsetzbar, wasserfeste Verklebung	Spezialfälle
	Mittlere Nutzungsdauer in a	-	-	-	-	-
	Instandhaltung	Erhöhte Feuchtigkeit macht Dispersions-Klebstoffe unbeständig.	-	schwierige Trennung von verklebten Teilen, Untergrund muss verspachtelt und geschliffen werden	schwierige Trennung von verklebten Teilen, Untergrund muss verspachtelt und geschliffen werden	schwierige Trennung von verklebten Teilen, Untergrund muss verspachtelt und geschliffen werden
	Materialspezifische Hinweise / Schadstoffbelastungen	Weichmacher und Lösemittel können emittieren; Glykolether, Isothiazolinone, Formaldehyde, eventuell Restmonomere, Fungizide	auf Konservierungsstoffe und Fungizide verzichten	Lösemittel (es kann zu länger andauernden Emissionen von Lösemitteln, die durch den verklebten Bodenbelag hindurch diffundieren, können), Weichmacheremissionen, eventuell Restmonomere, sind möglich	Weichmacher und Lösemittel und Isocyanate können emittieren	Lösemittel und Weichmacher können emittieren
	Raumklima	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch	-	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch	- diffusionsdicht - wasserdampf- undurchlässig - elektrostatisch	- diffusionsdicht - wasserdampfdicht - elektrostatisch
Rückbau	Recyclingfähigkeit	-	-	-	-	-

Glossar

Blausäure

Blausäure (Cyanwasserstoff, HCN) ist eine farblose, giftige Flüssigkeit (MAK-Wert 11 mg/m³, entspricht: 10 ml/m³ (ppm)) und hat einen Bittermandelgeruch. Blausäure bildet in Kombination mit Luft explosive Gemische. Die Giftigkeit von Blausäure wird durch die Blockierung eines Atmungs-Enzyms im Blut ausgelöst, der Sauerstofftransport von Hämoglobin in die Körpergewebe wird somit unterbunden, wodurch ein rasches Ersticken eintritt (Blausäure wird z. B. bei der Verbrennung von Polyurethan freigesetzt). [40]

Benzol

siehe Kohlenwasserstoffe

Chlor

Chlor ist ein gasförmiges Element aus der Gruppe der Halogene. Viele chlorierte, organische Verbindungen zeichnen sich durch Toxizität, schwere Abbaubarkeit im Körper und Anreicherung - vor allem im Fettgewebe - aus. Chlor entsteht vielfach als Nebenprodukt in der chemischen Industrie. Chlor ist ein Grundstoff zur Herstellung von: Lösungsmitteln, anorganischen Chemikalien, Bleichmitteln und dient der Entkeimung und Aufbereitung von Wasser. [40]

Cyanwasserstoff

siehe Blausäure

Emissionsklassen

Emissionsklassen sind gesetzlich definierte Klassen, die eine Aussage über die höchstzulässigen Emissionen der Bauprodukte machen.

Epichlorhydrin

Epichlorhydrin ist ein chlorierter Kohlenwasserstoff und ein Ausgangsstoff für Epoxidharze. Epichlorhydrin ist im Tierversuch krebserregend, es besteht der Verdacht eines karzinogenen Risikos für den Menschen. [40]

Ethylen

Dieses Gas ist der Ausgangsstoff zur Herstellung von Polyethylen. Ethylen wird aus Erdöl und Erdgas hergestellt. (siehe Polyethylen)

Ethylenoxid

Ethylenoxid ist ein farbloses, explosives Gas. Inhalationen von höheren Konzentrationen können tödlich wirken. Der Kontakt mit flüssigem Ethylenoxid führt zu Erfrierungserscheinungen und Verätzungen der betroffenen Körperpartien. Ethylenoxid ist als gefährlicher Stoff eingestuft und fällt unter die Gefahrstoffverordnung.⁵⁶ Ethylenoxid wird zur Erzeugung von Tensiden, Kunststoffen und Pharmazeutika eingesetzt. [40]

⁵⁶ Für mehr Informationen: http://lu.osha.europa.eu/topics/dangerous_substances

Flammschutzmittel

Der Begriff Flammschutzmittel ist eine Sammelbezeichnung für anorganische und organische Verbindungen, die Holz, Kunststoffe und Textilien flammfest machen, d.h. deren Entzündung behindern bzw. deren Verbrennung erschweren. Flammschutzmittel können als Oberflächenbeschichtung oder als Zusatz im Material verwendet werden. Der Einsatz von Flammschutzmitteln ist mit einem hohen Risiko für den Menschen und die Natur verbunden. Die flammhemmende Wirkung beruht fast immer auf der Abspaltung flammhemmender bzw. nichtbrennbarer Gase, die teilweise sehr giftig sein können. [3] [40]

Isocyanate

Isocyanate werden aus Phosgen hergestellt und in der chemischen Industrie zur Herstellung von Kunststoffen eingesetzt (Polyurethane). Isocyanate aus verarbeiteten Produkten sind noch nach Wochen in der Innenraumluft nachweisbar. Häufig treten neben Isocyanaten weitere die Luft belastende Stoffe auf, insbesondere leicht flüchtige, chemische Verbindungen. [40]

Kohlenwasserstoffe

Kohlenwasserstoffe sind organische Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff. Sie kommen in großen Mengen in fossilen Quellen wie Erdgas und Erdöl vor. Insbesondere die ringförmigen (zyklischen und polyzyklischen) aromatischen (z.B. Benzol) chlorierten und polychlorierten Kohlenwasserstoffe werden bezüglich ihrer Umweltauswirkungen diskutiert. Kohlenwasserstoffe sind Ausgangsstoffe für die Bildung des photochemischen Smogs, einige Kohlenwasserstoffe sind krebserzeugend. [3] [40]

Konservierungsmittel

Konservierungsmittel sind Substanzen, die Werkstoffe gegen mikrobiellen oder Pilzbefall schützen sollen. Als Konservierungsmittel wurden früher hauptsächlich Formaldehyd und formaldehydabspaltende Verbindungen eingesetzt. Formaldehyd ist heute teilweise durch andere Aldehyde, durch Isothiazolone und viele andere Verbindungen ersetzt worden. Es handelt sich dabei immer um pilz- und bakterientötende Wirkstoffe, die in Konzentrationen von 0.1 - 0.5 % das Wachstum von Mikroorganismen hemmen. Konservierungsmittel sind in der Regel auch für den Menschen und die Umwelt giftig, wenn sie in die Luft oder ins Wasser gelangen. [3]

Lösemittel

Sind flüssige, organische Stoffe und Stoffgemische, die Bindemittel und andere Stoffe zu lösen, zu verdünnen, zu emulgieren oder zu suspendieren vermögen. Zu den Lösemitteln zählen u.a. aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Halogenwasserstoffe, Alkohole, Ether, Ketone und Aldehyde. Hauptanwendungsgebiete der Lösemittel im Baubereich sind Anstrichstoffe, Klebstoffe, Abbeizmittel und Verdünner. Lösemittel sind leichtflüchtige, gut brennbare Substanzen, die im kritischen Gemisch mit Luft eine Explosionsgefahr darstellen. Während der Verarbeitung von lösemittelhaltigen Produkten, aber auch in der anschließenden Nutzungsphase auftretende Lösemitteldämpfe können zu akuten Belastungen führen. Lösemittlemissionen sind eine bedeutende Quelle flüchtiger organischer Substanzen (VOC). Aufgrund der unterschiedlichen chemischen Natur der einzelnen Substanzen ist hinsichtlich der Toxizität von Lösemitteln eine differenzierte Betrachtung notwendig. [3] [40]

Ökobilanz

Die Ökobilanz ist eine Methode zur Abschätzung der Auswirkungen eines Produktes (Produktionsprozesses) und seines Herstellungsprozesses auf die Umwelt. Die Methode der „ökologischen Bilanzierung“ ist 1974 aus der ökologischen Buchhaltung und der 1978 vorgelegten Bilanzmethodik der EMPA in der Schweiz hervorgegangen und wurde bis heute erfolgreich weiterentwickelt. Bei der Erstellung einer Ökobilanz werden die Lebensstadien Rohstoffgewinnung, Herstellung, Verarbeitung, Transport, Gebrauch, Nachnutzung, Abfall und Entsorgung des zu untersuchenden Produktes bzw. Verfahrens auf ihre Umweltrelevanz untersucht.

Nach ISO 14040 sind vier Phasen der Ökobilanz zu unterscheiden:

- Festlegung des Zieles und des Untersuchungsrahmens,
- Sachbilanz,
- Wirkungsabschätzung,
- Auswertung.

Die Norm ISO 14040 ff. legt die grundlegenden Prinzipien und Anforderungen an Ökobilanzen fest. [3] [40]

Polyethylen

Je nach Herstellungsverfahren wird zwischen Polyethylen niedriger Dichte (LDPE) und hoher Dichte (HDPE) unterschieden. Polyethylen ist ein Kunststoff und hat eine sehr geringe Wasserdampfdurchlässigkeit; die Diffusion von Gasen, Aromastoffen und ätherischen Ölen ist hingegen relativ hoch. Toxikologisch bedenklich sind nicht die ungiftigen, geringen Restmonomergehalte, sondern mögliche zugesetzte Additive. [40]

Polyolefine

Polyolefin ist eine Sammelbezeichnung für Kunststoffe, die durch Polymerisation von Alkenen (Ethylen, Propen) entstehen. Die wichtigsten Polyolefine sind Polyethylen und Polypropylen.

Polyvinylchlorid

Polyvinylchlorid wird im großtechnischen Umfang nach den Verfahren der Emulsion-, Suspension- und der Masse-Polymerisation hergestellt. Der Grundstoff ist das hochtoxische, kanzerogene Vinylchlorid. Bei der Polymerisation nicht umgesetztes Vinylchlorid wird destillativ weitestgehend aus den Polymerisationsansätzen entfernt und durch Intensiventgasung auf zulässige niedrigste Restgehalte abgesenkt. Die Weiterverarbeitung zu verschiedensten Produkten erfolgt durch Extrudieren, Kalandrieren, Blasformen, Spritzgießen, Pressen oder Sintern. Es wird grundsätzlich unterschieden in Weich- PVC und Hart-PVC, je nach Weichmachergehalt. PVC zeichnet sich aus durch seine schwere Entflammbarkeit und seine Chemikalienbeständigkeit. [32]

Radioaktivität

Ist die Eigenschaft bestimmter Atome/Kerne (Radionuklide), sich ohne äußere Einwirkung in andere Atomkerne umzuwandeln und dabei eine charakteristische, von einer gewissen Stärke an für lebende Organismen schädliche bis tödliche Strahlung auszusenden (Alpha-, Beta-, Gamma-, Röntgen- oder Neutronenstrahlung). Wie schnell radioaktive Atomkerne zerfallen hängt von ihrer physikalischen Halbwertszeit ab. Man unterscheidet natürliche und künstliche bzw. zivilisatorische Radioaktivität. Die natürliche Strahlenbelastung wird auf ca. 2,4 mSv, die zivilisatorische auf ca. 1,55 mSv pro Jahr geschätzt. Etwa 0,57 mSv werden dabei auf den Aufenthalt in Gebäuden, hauptsächlich durch das Radionuklid Radon, zurückgeführt. Radon ist ein natürliches, überall

vorkommendes Edelgas. Über undichte Stellen im Fundament eines Gebäudes kann Radon in Wohnräume gelangen und sich dort anreichern. Ob und in welchem Maße Radon aus dem Untergrund austritt, hängt von der Geographie des Standortes ab. Wird es über einen längeren Zeitraum eingeatmet, erhöht es das Lungenkrebsrisiko. Das Abdichten des Untergrunds und häufiges Lüften sind wirksame Mittel die Radonbelastung herabzusetzen. Siehe dazu auch

http://www.stmugv.bayern.de/de/strahl/radon/daten_fakten_ziele_radon.pdf

SBR-Kautschuk

SBR = Styrol-Butadien-Kautschuk

SBR ist die Sammelbezeichnung für Copolymere aus Butadien und Styrol. Die beiden Monomere liegen meistens im Verhältnis 75:25 vor. Die Herstellung erfolgt durch Emulsionspolymerisation oder durch Lösungsmittelpolymerisation.

Vinylchlorid

Ist die Grundsubstanz zur Herstellung von Polyvinylchlorid (PVC). Bei der Herstellung von Vinylchlorid selbst wird in einem ersten Schritt aus Ethen und Chlor durch so genannte "Direktchlorierung" Dichlorethan erzeugt. In einem nachgeschalteten Schritt wird dieses unter Abspaltung von Chlorwasserstoff zu Vinylchlorid umgesetzt. Beim Verbrennen von Vinylchlorid entstehen Chlorwasserstoff und Spuren von Phosgen. Vinylchlorid löst sich fast unbegrenzt in organischen Lösungsmitteln, aber nur wenig in Wasser.

VOC (Volatile Organic Compounds)

Siehe Lösemittel

Weichmacher (Weichmachungs-, Plastifizierungs- oder Elastifizierungsmittel)

Weichmacher werden als Zusatzstoffe in Kunststoffen, Lacken, Anstrich- und Beschichtungsmitteln, Kleb- oder Dichtstoffen, Kautschuk- und Gummiartikeln zur Erzielung bestimmter Werkstoffeigenschaften wie z.B. gesenkte Einfriertemperatur, erhöhtes Formveränderungsvermögen, erhöhte elastische Eigenschaften, verringerte Härte, ggf. gesteigertes Haftvermögen und verbesserte Verarbeitbarkeit eingesetzt. „Weichmachen“ bedeutet in der Kunststoffindustrie im Allgemeinen die Verschiebung des thermoplastischen Bereichs zu niederen Temperaturen, d.h. in den thermoelastischen Zustand. Dies kann durch inneres Weichmachen (z.B. Copolymerisation) oder äußeres Weichmachen, durch die Zugabe von Weichmachern, erreicht werden. Bei einem inneren Weichmachen oder Flexibilisierung durch Copolymerisation von z.B. Vinylchlorid mit raumfüllenden Monomeren wird eine Trennwirkung der Polymerketten (PVC-Kettenmoleküle) erzielt, die gleichzeitig zu einer höheren Kettenbeweglichkeit und damit zum Weichmachen führt. Das äußere Weichmachen, in der Praxis überwiegend angewandt, wird durch Zugabe von Weichmachern erreicht, die sich zwischen die Polymerketten (des Kunststoffs) schieben, diese auflockern und dadurch das Weichmachen bewirken. In der Regel kommen verschiedene Weichmacher in Kombination zum Einsatz, um die gewünschten Werkstoffeigenschaften zu erzielen. Die bedeutendste Gruppe unter den Weichmachern sind die Phthalate (Phthalsäureester), darunter DOP als wichtigstes Produkt. Weichmacher sind toxikologisch von Bedeutung, da sie im Allgemeinen über die gesamte Lebensdauer eines Produkts freigesetzt werden können. [3]

Bibliographie

- [1] Kurz, Peter et al.: *Dämmstoffe richtig eingesetzt*, die Umweltberatung Österreich, 2004
- [2] Neumann, Dietrich et al.: *Frick/Knöll – Baukonstruktionslehre 1*, B.G. Teubner Verlag, 2002
- [3] Starzner, Sepp et al.: *Ecobis – Ökologisches Baustoffinformationssystem*, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, CD ROM 2000
- [4] Ministère de l'énergie: *Manuel de l'isolation thermique*, Ministère de l'énergie, 1996
- [5] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: *Leitfaden nachhaltiges Bauen*, 2001
- [6] Ecoinvent – Datenbank v2.01, 2007
- [7] Neumann, Dietrich et al.: *Frick/Knöll – Baukonstruktionslehre 2*, B.G. Teubner Verlag, 2001
- [8] Weibel, Thomas et al.: *Ökoinventare und Wirkungsbilanzen von Baumaterialien*, ETHZ, 1995
- [9] DLW Aktiengesellschaft: persönliche Mitteilung, Fax vom 27 Juli 2000
- [10] Günther Albrecht et al.: *Life cycle assessment study on resilient floor coverings*, Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung, 1997
- [11] Internet: natur & lehm, www.lehm.at
- [12] Daniels, Klaus: *Gebäudetechnik*, Hochschulverlag AG ETHZ, 1999
- [13] Ecoinvent – Datenbank v1.3, 2006
- [14] Berechnung auf Basis: Ecoinvent – Datenbank v1.3, 2006
- [15] Eyrer, Peter et al.: *Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden*, Birkhäuser Verlag, 2000
- [16] Internet: Hoppen, E.A.: *Schiefer, Natürlicher Baustoff für Kenner und Könner*, http://www.rathscheck.com/images/download/schiefer_fKuK_k.pdf
- [17] Gehrig, Robert et al.: *Schadstoffemissionsverhalten von Baustoffen*, EMPA, 1997
- [18] SuperDrecksKëscht fir Betreiber: *Vermeidungsrichtlinien für die Planungsphase*, SuperDrecksKëscht fir Betreiber
- [19] Rech, Christian, persönliche Mitteilung, Besprechung vom 23 August 2004
- [20] Frischknecht, Rolf et al.: *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods - Ecoinvent Report no. 3*, Swiss Center for Life Cycle Inventories, Data v1.1, 2004
- [21] Internet: Koordinationsgruppe ökologisch Bauen: <http://www.eco-bau.ch/>
- [22] Ministère de l'Intérieur, *Eist Waasser*, Ministère de l'Intérieur, 2003
- [23] Schmitt, Bianca: *Nachhaltige Sanitärkonzepte und deren Anwendungsmöglichkeiten in Luxemburg*, CRTE, 2003
- [24] Deltau, Gerhard et al.: *Ökologische Notwendigkeit der Regenwassernutzung und deren wirtschaftlicher Nutzen, Unterschiedliche Anlagentypen, Hauptkomponenten einer Regenwasser-Nutzungsanlage*, Konferenz Regenwassernutzung Merl, 1998
- [25] König, Klaus Werner: *Regenwassernutzung von A-Z, Ein Anwender Handbuch für den Planer, den Handwerker und den Bauherren*, Mallbeton-Verlag, 2000

- [26] König, Klaus Werner: *Kommunales Regenwassermanagement*, Konferenz Regenwassernutzung in Luxemburg, 2001
- [27] Holländer, Reinhard: *Qualitative und hygienische Aspekte der Speicherung und Nutzung von Regenwasser*, Wasser und Abfall, 2002
- [28] Holländer, Reinhard et al.: *Mikrobiologisch-hygienische Aspekte bei der Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser für Toilettenspülung, Gartenbewässerung und Wäschewaschen*, Gesundheitswesen, 1996
- [29] Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr), Ed., *Ökologische Sanitärkonzepte contra Betriebs- und Regenwassernutzung?*, Schriftenreihe 9, 2002
- [30] Mehlhart, Georg et al.: *Vergleich verschiedener Systeme zur Nutzung von Grauwasser und Regenwasser*, Praxiserfahrungen mit Techniken für "abwasserfreie" Häuser, 2002
- [31] Buwal, Ed.: *Ökobilanz von Trinkwasserversorgung und Regenwassernutzung*, 2002
- [32] Falbe, Jürgen et al.: *Römpp Lexikon der Chemie*, Thieme Verlag, 1996-1999
- [33] *D0164 Kriterien für nachhaltige Bauten*, SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, 2000
- [34] Althaus, Hans-Jörg et al.: *Life Cycle Inventories of Metals - Ecoinvent Report no. 10*, Swiss Center for Life Cycle Inventories, Data v1.1, 2004
- [35] Haefele, G. et al.: *Baustoffe und Ökologie – Bewertungskriterien für Architekten und Bauherren*, Bund Deutscher Architekten, 1996
- [36] Internet: Österreichisches Institut Baubiologie und Bauökologie, www.ibo.at
- [37] Kreißig, Johannes et al.: *Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden*, IKP, Uni Stuttgart, 1998
- [38] Welfring, Joëlle et al.: *Le revêtement de surfaces de métal: Les possibilités de réduction des impacts sur l'environnement et la santé lors du revêtement de surfaces de métal (Cahier de la production propre 03)*, CRTE, 2001
- [39] Reusser, Laurent: *Life cycle assessment of pipeline systems*, EMPA, 1998
- [40] Internet: Katalyse Umweltlexikon online, www.umweltlexikon-online.de
- [41] Rech, Christian, persönliche Mitteilung, Email vom 25 Oktober 2005
- [42] Internet: Dachverband Lehm e. V., www.dachverband-lehm.de
- [43] Werner, Charles: persönliche Mitteilung, Email vom 14 Dezember 2005
- [44] Bundesverband der Gipsindustrie e.V.: *Gips-Datenbuch*, 2003
- [45] Internet: <http://www.osb-info.org>
- [46] Wecobis – ökologisches Baustoffinformationssystem, Internet-Datenbank: <http://wecobis.iai.fzk.de>, 2009
- [47] BMVEL: *Verbraucherleitfaden Holzschutzmittel Praktischer Ratgeber*, BMVEL, Köln, 2003
- [48] Lißner, K.; Rug, W.: *Holzbausanierung - Grundlagen und Praxis der sicheren Ausführung*, Springer, Heidelberg, 2000