



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Prof. Annette
Hillebrandt

Architektin BDA

FORSCHEN

WISSEN

(VERMITTELN)

TUN !

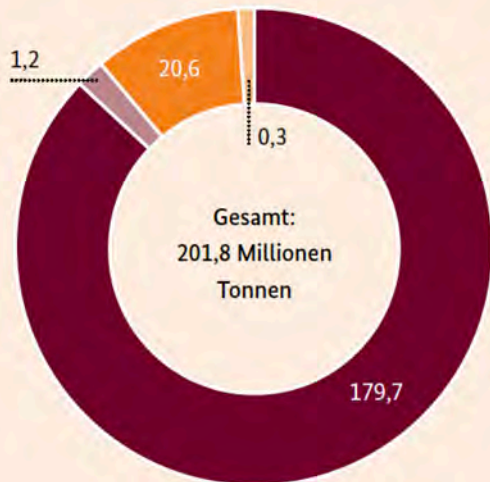
UND ... LASSEN !

Bauwerk als Ressource
Urban Mining Design

Nur zur persönlichen Information.
Verbreitung nicht erlaubt !

Bau- und Abbruchabfälle 2015

einschließlich Straßenaufbruch (nicht gefährlich) in Millionen Tonnen



Verwertung insgesamt:
180,9 Millionen Tonnen

Stoffliche Verwertung ???

Energetische Verwertung

Beseitigung insgesamt:
20,9 Millionen Tonnen

Deponie

Verbrennung und Behandlung

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2017

Grafik: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, BMU; aus Abfallwirtschaft in Deutschland 2018.pdf



RECYCLING

magazin

Trends, Analysen, Meinungen
und Fakten zur Kreislaufwirtschaft

Öffentliche Information.
Nicht erlaubt.



Es wird eng

Restvolumen von DK-I-Deponien
laufen in wenigen Jahren aus.
Reicht die Zeit noch zur
Schaffung neuer Kapazitäten?

Atlas

Recycling

Gebäude als Materialressource

Annette Hillebrandt

Petra Riegler-Floors

Anja Rosen

Johanna-Katharina Seggewies

Edition **DETAIL**

WIR MÜSSEN
ANDERS BAUEN!

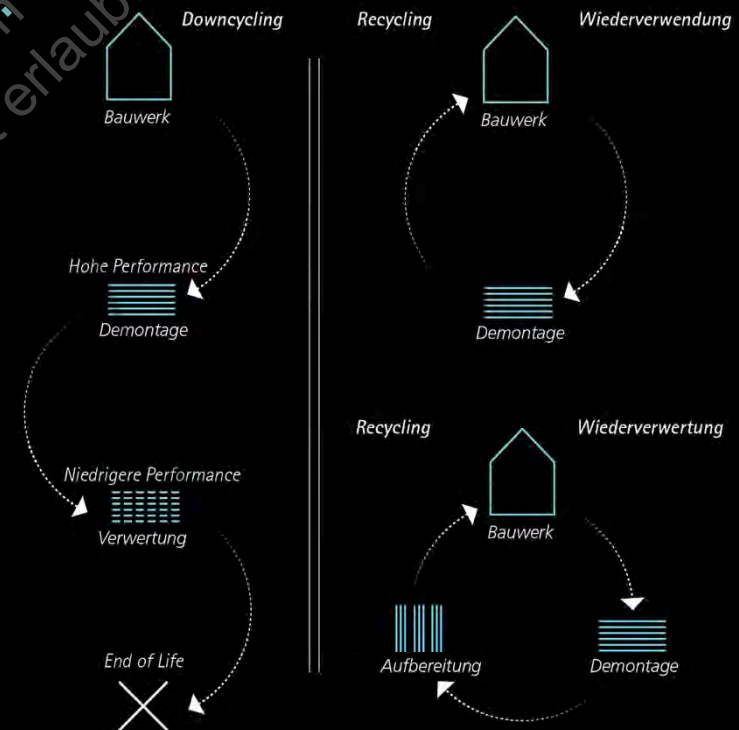
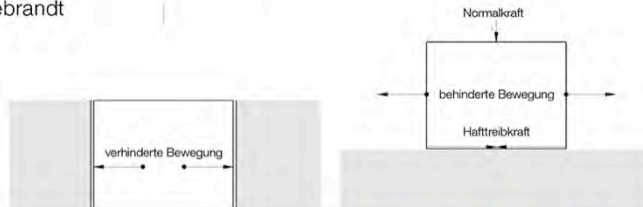


Abb.: A. Hillebrandt-Düllmann+Lüffe

Lösbare Verbindungen und Konstruktionen

Petra Riegler-Floors, Annette Hillebrandt



B 1.1

- **Formschluss:** Ineinandergreifen der Form von mindestens zwei Verbindungspartnern, z. B. Nieten, Klettverschluss, Stehfalz-Verbindungen, lose Auflage (in einer Begrenzungs-konstruktion), Stopfen, Schütten, Drehriegel (Fenstergriff)
- **Kraft- bzw. Reibschluss:** Verbindung durch Einwirkung einer Normalkraft und daraus resultierender Haftreibung, z. B. Schrauben, Nägel, Bolzen, Stiften, Klemmen, Keilen, lose Auflage (durch Gewicht)
- **Stoffschluss:** Zusammenhalt der Verbindungspartner durch atomare oder molekulare Kräfte, z. B. Kleben, Schweißen, Lötten, Adhäsion

Bei Stoffschlussverbindungen handelt es sich in der Regel um unlösbare Verbindungen, bei Kraft- und Formschlussverbindungen (das Nieten ausgenommen) im Wesentlichen um lösbare. Teilweise ist eine eindeutige Einordnung in »lösbar« oder »unlösbar« aber nicht möglich. Die Lösbarkeit einer Verbindung kann auch von Faktoren wie etwa dem Witterungseinfluss (Feuchteintrag, Frost und thermische Längenänderungen), der Materialität der zu verbindenden Bauteile oder der Anzahl der Hilfsfügeteile abhängig sein. So ist z. B. eine Verbindung zwischen zwei unbewitterten Holzplatten durch einen einzelnen Nagel relativ einfach mit einem Steinmeißel lösbar, eine Verbindung zweier Traghölzer mittels Nagelplatte und einer Viel-

Bewertung der Lösbarkeit

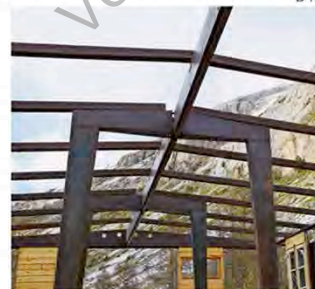
Einige Systeme zur Bewertung der Kreislauf-fähigkeit von Konstruktionen beziehen die Lösbarkeit von Verbindungen in ihre Betrachtungen ein, dabei liegt der Fokus auf unterschiedlichen Aspekten: Untersuchungen am Lehrstuhl Bau-konstruktion Entwurf Materialkunde an der Bergischen Universität Wuppertal etwa betrachten die Wirtschaftlichkeit des selektiven Rückbaus als Kombination aus Arbeitsaufwand und Wert der zurückzugewinnenden Materialien. Dabei wird der Aufwand zur sortenreinen Trennung in Form der physikalischen Größe Arbeit auf einer fünfstufigen Skala von »sehr geringer Aufwand« bis »sehr hoher Aufwand« eingeordnet (siehe »Faktor Arbeit«, S. 116) [1]. Das am Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) der Universität Stuttgart entwickelte System hingegen bewertet den Grad der Schädigung des Fügeteils beim Rückbau, auch auf einer fünfstufigen Skala, von »ohne Schädigung lösbar« bis »nur mit Schädigung oder Zerstörung lösbar«. Dabei wird die Bewertung der Fügung als »Fügematrix« in sogenannten Recycling-graphen in die Methode zur Analyse der Rezyklierbarkeit von Baukonstruktionen eingebunden (siehe »Fazit und Ausblick«, S. 30f. mit Abb. A 3.14, S. 31) [2].



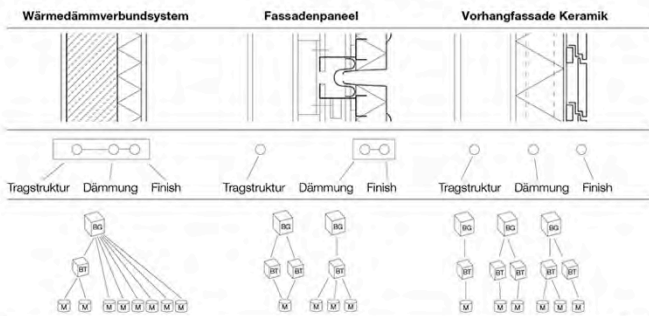
B 1.3



B 1.4



B 1.5



B 1.2

Fügetechniken

Die meisten Fügetechniken sind in DIN 8580 und DIN 8593 geregelt. Abb. B 1.6 zeigt in Anlehnung an diese Normen eine Übersicht von lösbaren Fügeverfahren wie Zusammen-setzen, Füllen, An- und Einpressen sowie einige Arten des Umformens. Die dort geregelten Fügetechniken sind im Normalfall für eine längerfristige Verbindungszeit vorgesehen. Für häufig zu lösende und wieder zu verbindende Konstruktionen bieten sich als reversible Lösungen Klettverschlüsse oder Verbindungen durch Magnetkraft an. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Verbindung zwischen Bau-stoff und Klettband bzw. Magnet ein Hindernis für die sortenreine Trennung darstellen kann, ja diese naturgemäß schwer bis unlösbar aus-geführt werden muss.

Klettverschlüsse

Klettverschlüsse bestehen aus zwei Elemen-ten, die sich lösbar ineinander verhaken: dem Tauschband mit Schlaufen und als Gegenstück dem Hakenband mit Widerhaken (Abb. B 1.8). Üblicherweise werden sie aus Kunststoffen wie PP, PE oder PA, für Spezialanwendungen auch aus nicht brennbaren Materialien wie Glasfasern oder PPTA hergestellt [3]. Seit 2009 sind Klett-verbindingen aus gestanzten, dünnen Chrom-nickel-Blechen auf dem Markt (siehe S. 52f.).

Magnetverbindungen

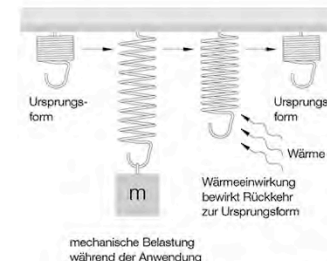
Natürliche Magneten bestehen aus dem selten vorkommenden Magnetit (Eisen(II,III)-oxid). Heute dienen metallische Legierungen aus Eisen, Nickel und Aluminium mit Zusätzen aus Cobalt, Mangan und Kupfer oder auch kerami-sche Werkstoffe (Barium- bzw. Strontiumhexa-errit) zur Herstellung von Permanentmagneten. Besonders starke Magneten werden im Sinter-verfahren aus Seltenen Erden erzeugt, wie z. B. Samarium-Cobalt oder Neodym-Eisen-Bor: Ein 3,14 cm³ großer Neodym-Magnet kann bei-spielsweise 11 kg tragen [4]. Damit vergrößert sich das Einsatzgebiet von Magneten bis hin zum Fügen von Baustoffen (z. B. Innenwand-bekleidungen, Akustikmodule; Abb. B 1.9). Die Magnetverbindung kann in beengten Einbau-situationen, bei denen ein Einhängen von oben nicht möglich ist, Vorteile bieten.

Monomaterialsysteme

Eine Sonderrolle spielen Monomaterialsysteme: Die Lösbarkeit einer Verbindung wird irrele-vant, wenn Verbindungsmittel und zu verbindende Bauteile aus dem gleichen Material bestehen, da kein Störstoff die sortenreine Trennung behindert (siehe »Einstoffliche Bau-weisen«, S. 102ff.). So lassen sich z. B. durch Nieten verbundene Stahlträger nur aufwendig und unter Zerstörung des Fügeteils voneinander lösen – durch die Monomaterialität können sie aber gemeinsam dem Stahlrecycling zugeführt werden. Ähnlich verhält es sich im Holzbau: Zimmermannsmä-ßige Verbindungen ohne Fügeteile oder Ver-bindungen mit Hartholzfügeteilen wie Dübel oder Schrauben müssen zum Recycling nicht gelöst werden (Abb. B 1.10).

Ausblick in die Zukunft

Zukünftig könnte die bisher hauptsächlich im Maschinenbau und in der Medizintechnik ein-gesetzte Formgedächtnistechnik für lösbare Verbindungen eine Rolle spielen (Abb. B 1.7). Form-Gedächtnis-Legierungen sind Materialien, die sich nach einer Verformung an ihre zuvor durch einen Glühprozess eingeprägte Ursprungsform »erinnern« können. Die vollkom-men reversible Verformung in die Ursprungs-form wird durch Temperaturänderung bewirkt. Bekanntester Werkstoff dafür ist eine Nickel-Titan-Legierung [5].



mechanische Belastung während der Anwendung

B 1.7



B 1.8



B 1.9



B 1.10

- B 1.6 Fügetechniken in Anlehnung an DIN 8580 Fertigungsverfahren – Begriffe, Einteilung und DIN 8593 Fertigungsverfahren Fügen
- B 1.7 lösbare Verbindungen der Zukunft: Sogenannte Form-Gedächtnis-Legierungen können sich nach einer Verformung an ihre zuvor durch einen Glüh-prozess eingepägte Ursprungsform »erinnern«.
- B 1.8 Klettverschluss: Für höhere Haftkräfte kann das Hakenband oder aber auch beide Elemente als sogenanntes Pilzkopfband ausgeführt werden. Magnetbefestigungssystem für Wandverglasun-gen im Nassbereich.
- B 1.10 Lösbarkeit obsolet – Verbindungsmittel für die einstoffliche Bauweise: Holzschraube Kerbig, Gebrüder Murr, 2012

a Holzschraube
b Holzdübel

Recyclingpotenziale von Baustoffen

Annette Hillebrandt, Johanna-Katharina Seggewies

Ressourcenschonung und Abfallvermeidung

Noch vor 250 Jahren war der Einfluss menschlicher Bautätigkeit auf die Umwelt gering. Im Vergleich zu heute wurden in überschaubarem Rahmen Bauten errichtet. Aufwendiger konstruierte Gebäude hatten eine Lebensdauer von mehreren Generationen. Der finanzielle und zeitliche Aufwand für den Hausbau war groß und der Wert eines Hauses als Ganzes oder in Teilen hoch geschätzt. Konnte das Gebäude insgesamt den Anforderungen nicht mehr genügen, so wurden Teile davon oft in neuen Bauten wiederverwendet. Wenn das Gebäude keine Nachnutzung mehr fand, schlachtete man es aus, der Rest verfiel. Ein Entsorgungsproblem entstand nicht: Die verwendeten Materialien beschränkten sich bis auf wenige Ausnahmen auf Naturmaterialien, die direkt vor Ort oder außerhalb des wiederzubebauenden Grundstücks verrotteten oder veredelten.

Mittlerweile hat sich die Bautätigkeit aufgrund der gestiegenen Bevölkerungszahl exponentiell erhöht. Gerade in Ballungsräumen beispielsweise sinkt die Lebensdauer von Gebäuden aufgrund des Bodenpreises, der eine immer höhere Ausnutzung von Grundstücken erzwingt. Auch die Erneuerungszyklen verkürzen sich aufgrund der immer schneller steigenden Anforderungen an die Gebäudeperformance vor allem in den Industrienationen. Das Ergebnis sind überfüllte Abfalldeponien und steigende Entsorgungskosten.

Die von der Baustoffindustrie entwickelten Produkte sind in ihrer Leistungsfähigkeit auf die vielfältigen Ansprüche eines hochtechnisierten Bauwesens abgestimmt und auf die ihrerseits eingeräumten Gewährleistungszeiträume optimiert. Es ist zu beobachten, dass ein Teil der Bauprodukteindustrie versucht, jedes Material – auch entgegen seiner Eignung – für jeden Zweck bis zur Tauglichkeit aufzurüsten, wenn das Ausgangsmaterial nur billig genug ist. Daraus resultiert letztendlich die problematische Entsorgung gesundheitsgefährdender Baustoffe, die jahrzehntelang unangezweifelt im Einsatz waren (z. B. Asbest), als Sondermüll. Jahrhundertlang erprobte Tauglichkeitsprüfungen und konstruktive Verarbeitungsoptimierung sind Geschichte, sogenannte Produkt-

innovationen erobern den Markt. Das Spektrum der am Bau verwendeten Baustoffe hat sich in den letzten Jahrzehnten erheblich erweitert. Die Planer sind mittlerweile mit einer überschaubaren Vielzahl von Industrieprodukten konfrontiert, deren stoffliche Zusammensetzung kaum jemand überblickt, geschweige denn ihr End-of-Life-Szenario einschätzen kann. Die im Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) angeordnete Produktverantwortung und Produkthaftung greift bislang nicht: Die Gesellschaft ist vor der Vergemeinschaftung der Umweltauswirkungen und Entsorgungskosten nicht geschützt (siehe »Abfallrahmenrichtlinie und Kreislaufwirtschaftsgesetz«, S. 16). Alle aus der Entsorgung am Lebensende resultierenden Kosten obliegen bislang ausnahmslos dem Verbraucher (siehe »Kostenvergleich konventioneller und recyclinggerechter Konstruktionen«, S. 120ff.). Von der rein stofflichen Ebene aus betrachtet, besteht also jede Immobilie aus Wert- oder Abfallstoffen, für die am Nutzungsende der Immobilienbesitzer die Verantwortung trägt. Bereits in der Planung entscheidet sich, ob ein späterer Wiederverkauf von Altstoffen möglich ist oder eine teure Entsorgung ansteht. Ein großer Teil des Werts einer Immobilie wird sich – unabhängig vom Standort – nur erhalten, wenn sie aus Materialien errichtet wurde, die auf gleicher Qualitätsstufe recyclingfähig sind.

Materialgruppen – Ursprünge, natürliche Erneuerungszyklen und Verfügbarkeit

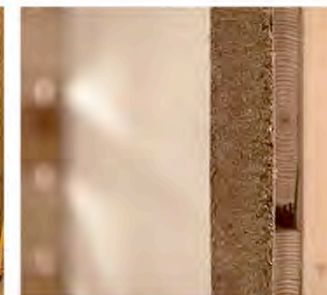
Aufgrund ihres Ursprungs und ihrer Verfügbarkeit werden die im Bauwesen eingesetzten Materialien im Folgenden in vier Gruppen eingeteilt: biotisch, fossil, mineralisch, metallisch.

Biotische Materialien

Als biotisch werden Materialien bezeichnet, die durch pflanzliches oder tierisches Wachstum entstehen, an ihrem Lebensende verrotten und wieder als Nährstoffe dem Wachstumskreislauf zugeführt werden können. Sie erneuern sich in Zeiträumen, die kürzer oder vergleichbar mit den Lebensdauern unserer Gebäude sind. Weil diese erneuerbaren Materialien (z. B. Holz) theoretisch endlos verfügbar sind, gilt ihr Einsatz im Bauwesen grundsätzlich hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit zunächst als empfehlenswert.



B 2.28



B 2.27

Material Wand, Decke, Dach: Bauplatten außen/innen	Wärmeleitfähigkeit [W/(m·K)]	Dampfdiffusionswiderstandszahl [μ]	Brandverhalten [DIN EN 13501-1]	Material-Cycle-Status	weitere Recyclingpotenziale
Massivholz-Diagonalplatte	0,13	207/22 ¹⁾	D-s2 d0-d2 ²⁾	0% 20% 40% 60% 80% 100% MRC MLP MEoL	
OSB-Platte ³⁾ konventionelle Forstwirtschaft E1	0,13	200/150	D-E-s2 d0-d2 ³⁾	MRC MLP MEoL	
OSB-Platte ⁴⁾ nachhaltige Forstwirtschaft E1	0,13	200/300	D-E-s2 d0-d2 ³⁾	MRC MLP MEoL	
Spanplatte ⁵⁾ konventionelle Forstwirtschaft E1	0,12	15/50	D-E-s2 d0-d2 ³⁾	MRC MLP MEoL	
Spanplatte ⁶⁾ nachhaltige Forstwirtschaft E1	0,1–0,18 ⁴⁾	50/100	D-s2 d0 ⁵⁾	MRC MLP MEoL	
Holzfasersplatte ⁷⁾ anteilig nachhaltige Forstwirtschaft für außenseitige Beplankungen E1	0,09	11	D-s2 d0 ⁶⁾	MRC MLP MEoL	
Holzfasersplatte ⁸⁾ anteilig nachhaltige Forstwirtschaft für innenseitige Beplankungen E1	0,18	185	E-s2 d0-d2 ⁷⁾	MRC MLP MEoL	
Strohbauplatte ⁹⁾	0,10	10/10	E	MRC MLP MEoL	
Gipskartonplatte	0,25	10/4	A2-s1 d0	MRC MLP MEoL	
Lehmbauplatte ¹⁰⁾	0,35	5–10	A1 ⁸⁾	MRC MLP MEoL	

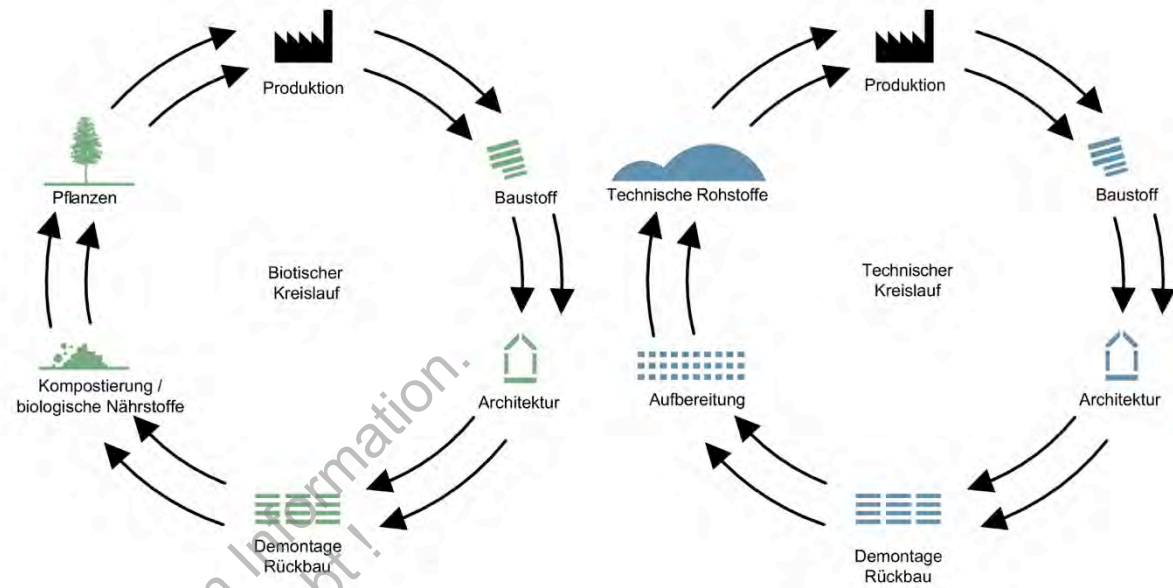
¹⁾ Die Angaben sind Herstellerangaben, beziehen sich auf ausgewählte Produkte und gelten nicht für die gesamte Produktgruppe.

²⁾ 10% Holzfeuchte/60% Holzfeuchte ³⁾ je nach Einbauart bei 30 mm Dicke ⁴⁾ je nach Einbauart und Dicke ⁵⁾ in Abhängigkeit von der Rohdicke ⁶⁾ bei Dicke 22 mm

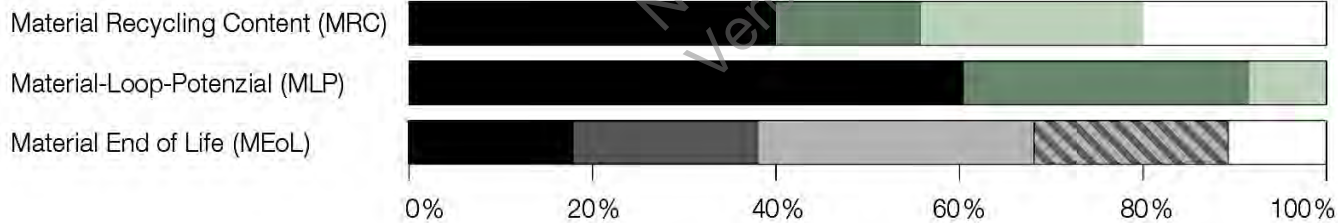
⁷⁾ bei 15 mm Dicke ⁸⁾ je nach Einbauart bei 8 mm Dicke ⁹⁾ raumseitig nicht brennbar

B 2.29

B 2.20



- Wiederverwertung / Recycling auf gleicher Qualitätsstufe
- Weiterverwertung, Qualitätsstufe hoch / Downcycling im Bauwesen
- Weiterverwertung, Qualitätsstufe niedrig / Downcycling außerhalb des Bauwesens
- keine klare Trennung zwischen Qualitätsstufe hoch und niedrig möglich
- Neumaterial auf Basis nachwachsender, als nachhaltig zertifizierter Rohstoffe
- Neumaterial auf Basis nachwachsender Rohstoffe
- Neumaterial bzw. Beseitigung oder Verlust



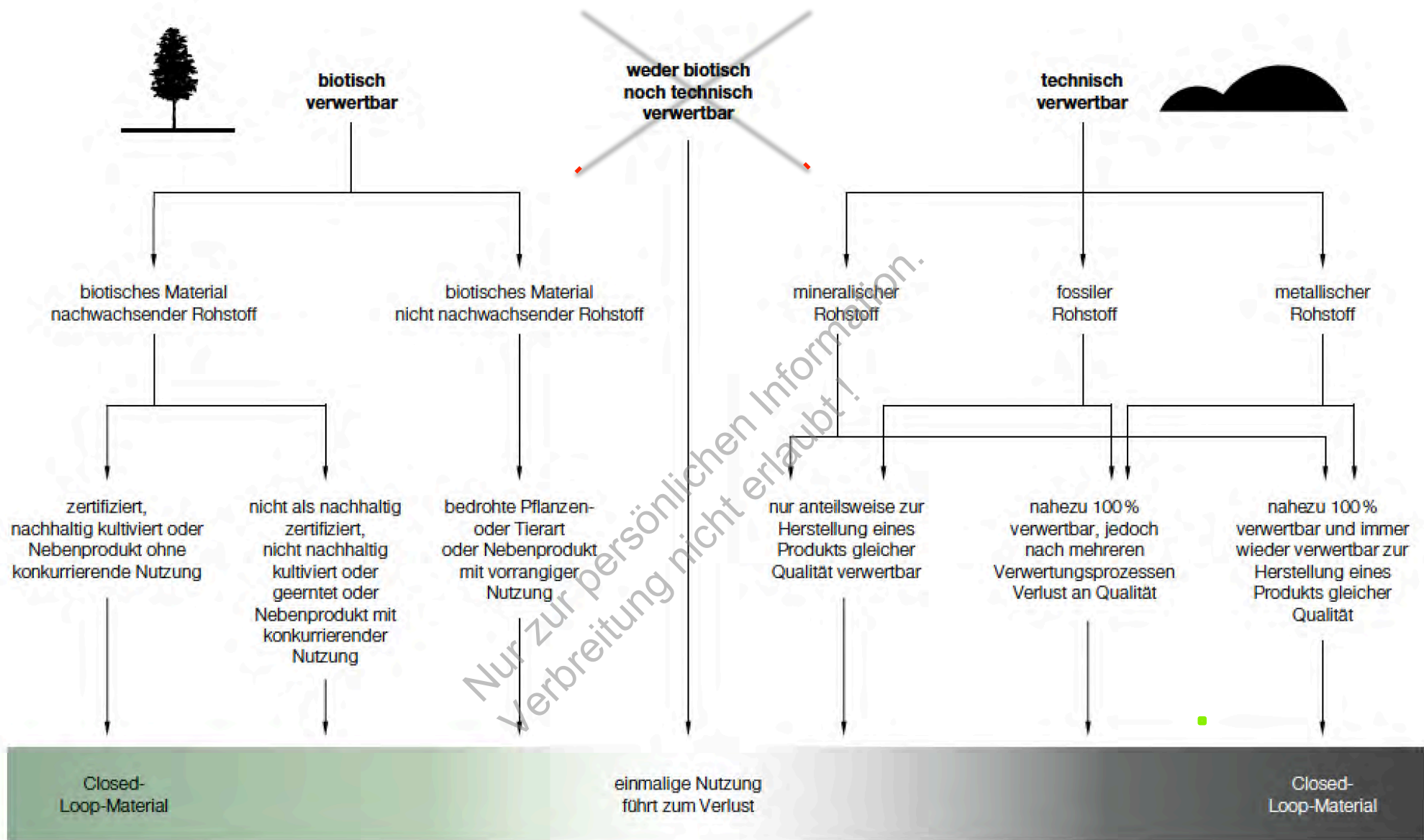
Symbol »Möglichkeit der Kompostierung«



Symbol »Herstellerrücknahme«



Symbol »hohes Wiederverwendungspotenzial« (Re-Use)



SCHADSTOFFFREIHEIT!
UMSETZUNG DER
PRODUKTVERANTWORTUNG:
VERBOT GIFTIGER STOFFE!

Nur Schadstofffreiheit garantiert ein gesundes Lebensumfeld
für alle Lebewesen,
ermöglicht ein hochwertiges Recycling
und vermeidet die Vergemeinschaftung von Entsorgungskosten.



Abb. TEAMhillebrandt

Produktverantwortung bedeutet:
Minimierung von Abfall,
Entwicklung, Herstellung und Inverkehrbringen von Erzeugnissen,
die mehrfach verwendbar, technisch langlebig
und nach Gebrauch (...) zur schadstofflosen und hochwertigen Verwertung,
sowie zur umweltverträglichen Beseitigung geeignet sind (...)

* Kreislaufwirtschaftsgesetz, Teil 3, § 23



Kunststoff-Teppich-Recycling
Foto: DESSO c/o, Tarkett Holding GmbH

UMSETZUNG DER PRODUKTVERANTWORTUNG : HERSTELLERRÜCKNAHMEN !

Nur Herstellerrücknahmen und anerkannte Sammelsysteme garantieren einwandfreie Erzeugnisse und ein hochwertiges Recycling.

Die Bundesregierung wird ermächtigt zu bestimmen, dass Hersteller oder Vertreiber Produkte nur bei Eröffnung einer Rückgabemöglichkeit inverkehr bringen dürfen, Produkte an der Abgabe- oder Anfallstelle zurückzunehmen haben, Rücknahmesysteme, ggf. unter Erheben von Pfand einzurichten haben, Beleg darüber zu führen und aufzubewahren haben.*

* Kreislaufwirtschaftsgesetz, Teil 3, § 25

CO₂ - STEUERN EINFÜHREN ! EMISSIONEN BEGRENZEN !

Nur ausreichend hohe Besteuerungen gleichen Umwelt- und Gesundheitsschäden aus und ändern das Konsumverhalten.

BEVORZUGUNG VON SEKUNDÄRMATERIALIEN !

Recycling von Metallen senkt den Energiebedarf auf 5** – 40%*

* www.wecobis.de_Stand: 28.04.2019 | 25.01.2017, ** A | U | F W. e.V. Lonsinger

FÖRDERUNG DER FORSCHUNG ZUM RECYCLING MINERALISCHER BAUSTOFFE !

Vormauerklinker: Closed Loop nur bei Wiederverwendung
Material Loop-Potenzial bei Verwertung: max. 20%

Betonrecycling: Verwertung der Feianteile.
? Forschungsziel: Bindemittel und Feinstanteile ???

Schweden besteuert CO₂ seit 1991, in 2019 mit 120,-€/to *

*wikipedia.org/wiki/CO2-Steuer, Stand 28.04.2019

Kanada besteuert in British Columbia CO₂ mit einer „Carbon Tax“ seit 2008.
Der Verbrauch an fossilen Brennstoffen sank dort um > 17%,
während er im übrigen Kanada um 1,5% stieg.

Die Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes war kanadaweit gleich.

*wikipedia.org/wiki/CO2-Steuer, Stand 28.04.2019

INFORMATIONEN ZUM LEBENSZYKLUS FÜR DIE GEBÄUDEBEURTEILUNG INCLUSIVE „MODUL D“ !

Abbildung der Umweltwirkungen eines gesamtheitlichen Lebenszyklus

Modul A 1-3 Herstellungsphase
Modul A 4-5 Errichtungsphase
Modul B 1-7 Nutzungsphase
Modul C 1-4 Entsorgungsphase

Modul D

Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenze

Rückgewinnungspotenziale:

Wiederverwendung / Re-Use

Wiederverwertung /Recycling

C 1 - 4					D
ENTSORGUNGSPHASE					Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen
EPD	Von der Wiege bis zum Werkstor deklarierte Einheit				
	Wiege bis Werkstor mit Optionen deklarierte Einheit / funktionale Einheit	Einbe- ziehung optional 1)	Einbe- ziehung optional 1)	Einbe- ziehung optional 1)	Einbe- ziehung optional 1)
	Von der Wiege bis zur Bahre funktionale Einheit	Pflicht 1)	Pflicht 1)	Pflicht 1)	Pflicht 1)

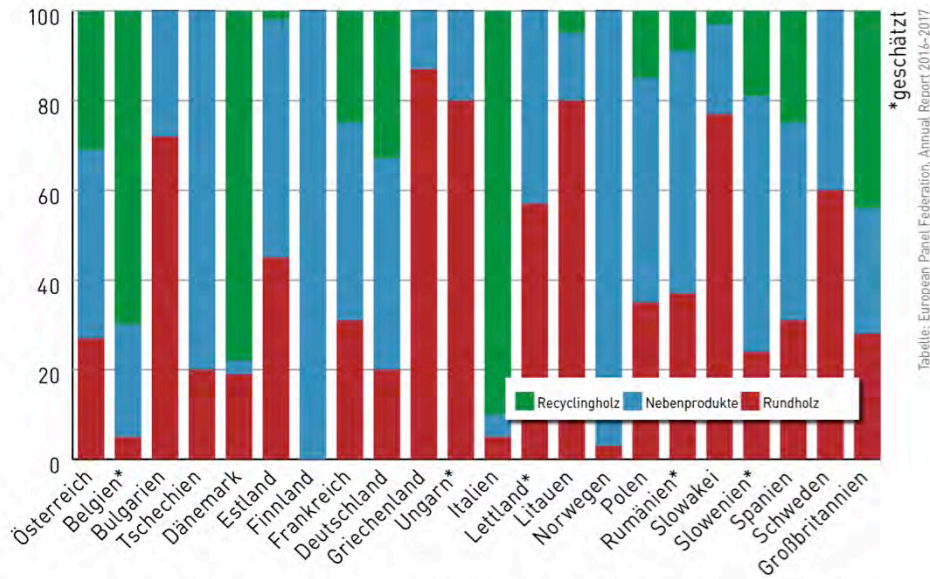


Architektur: D. Mandup-Waldenmeerzentrum ©K. Foto: M. Kramp

FÖRDERUNG NACHHALTIGER
BAUWEISEN!

Erhöhen des Marktanteils von Holzbau /
Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen.

Nur zur persönlichen Informations-
Verbreitung nicht erlaubt!



Eingesetzte Sortimente in der europäischen Spanplattenindustrie 2016 im Ländervergleich.

VERPFLICHTUNGEN ZUR KASKADENNUTZUNG!

Mehrstufige Kaskadennutzungen führen zu erheblichen Energie- und Emissionseinsparungen. Mehr als Closed Loop möglich: Holz!

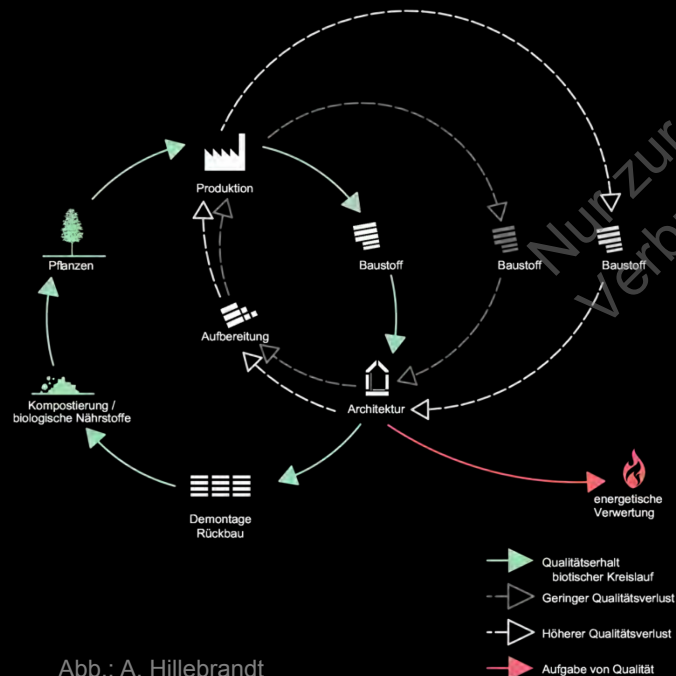


Abb.: A. Hillebrandt



Abb. S. Nilsen Vandkunsten ReBeauty

FÖRDERUNG DER VERWENDUNG VON RE-USE-BAUTEILEN !

Erhöhen des Marktanteils von wiederverwendeten Bauteilen oder Materialien.
Stärkung der Bauteilbörsen.

restado Baushop Ratgeber Bauen Baustoff kostenlos verkaufen Anmelden

Baustoff finden 1.2. Ort oder Adresse Suchen

Bausoftware
Dach
Fassade
Fenster
Fliesen & Steine
Garten & Freianlagen
Haustechnik & Sanitär
Innenausbau
Rohbau
Türen & Zargen
Werkzeuge & Maschinen

Neu

SERVICE
Newsletter
Abonniere unseren Newsletter und erfahre Neuigkeiten als erster.
Abb.: www.restado.de

BAUSTOFFKARTE
Baustoffe in ganz Deutschland finden und günstig kaufen.
Zur Baustoffansicht

Ausgewählte Baustoffe

 Türelement Sühac HSD D-63801 Kleinostheim 1 Stück 550 € (V8) / Stück	 BBloxx i Beton-Stapelpfeiler, Beton-Legosteine D-54538 Bengel 1 Stück 111,86 € / Stück	 Ganzglastürblatt, ESG 10 mm, satiniert mit Bodendichtung & D-70327 Stuttgart 1 Stück 150 € / Stück	 Einsteckschloss für Profilzylinder, Cabinet, 72 mm Entfernung Tür... D-70327 Stuttgart 1 Stück 5 € / Stück
--	--	---	---

Vorteile:
Vermeidung von Baustellenabfällen
Vermeidung von Downcycling
Vermeidung von CO₂
Einsparung von Rohstoffen und Primärenergie



FÖRDERUNG
NACHHALTIGER BAUTÄTIGKEIT !



Umbau vor Neubau !

Kostenvergleich 3

Gebäudetyp
Bürogebäude
Geschosse
2 + Dachgeschoss
BGF
491 m²
BRI
1842 m³

Besondere Kostenrelevanz

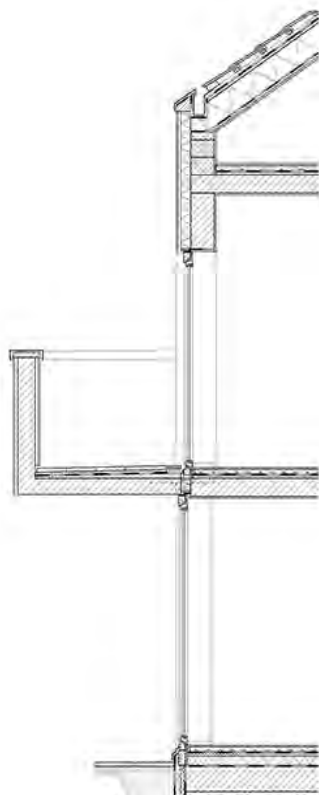
- + = positive Auswirkung
- = negative Auswirkung

Konventionelle Konstruktion

- Herstellungskosten Stahlbetonmassivbau
- Fassade inkl. Fenster und Dämmung sowie Innenwandbekleidungen: einmaliger Austausch erforderlich
- Bodenbelag, Tapeten; mehrfacher Austausch erforderlich
- hohe Entsorgungskosten für Fassadenplatten, Gipsputz, EPS, Betonbaustoffe, Schicketragschicht
- + End of Life/Entsorgung: Aluminium-Unterkonstruktion kostenneutral (Rückbauaufwand entspricht in etwa Materialgutschrift)

Recyclinggerechte Konstruktion

- Austausch Außenwandbekleidung innen und Dämmung
- + Lebensdauer Innenwandbekleidung und -konstruktion, Bodenbeläge, Fassade und Fenster
- + End of Life/Entsorgung: geringe Masse und Kosten für Holzbaustoffe, hohe Gutschriften für Kupferheizungsrohre, Fassade und Tragwerk



Konventionelle Konstruktion

Kalksandsteinmauerwerk mit Fassade aus faserverstärkten Harzkompositplatten

Dach

Dachsteine (Beton), Lattung, Konterlattung, Unterspannbahn (Kunststoffverbund), OSB-Platte, Dachsparren mit EPS-Zwischendämmung, OSB-Platte, Dampfsperre (Kunststoffverbund), Ringanker (Stahlbeton)

Decken

Laminat geklebt, Zementheizestrich mit Kunststoffrohren in FBH-Trägerplatte mit aufkaschierter EPS-Trittschalldämmung, Trennlage (Kunststoffmischfolie), Stahlbetonplatte, Gipsputz, Glasfasertapete mit Dispersionsfarbe

Balkon

Fliesen geklebt, Epoxidharz-Dränagemörtel, Dränagematte (Kunststoffmisch), Abdichtung (Polymerbitumen), Zementestrich mit Gefälle, Stahlbetonfertigteil mit wärmegeämmtem Bewehrungsanschluss, faserverstärkte Harzkompositplatte auf Unterkonstruktion (Aluminium)

Außenwände

faserverstärkte Harzkompositplatte, Unterkonstruktion (Aluminium), Winddichtung (Polyesterfries), Wärmedämmung (EPS), Mauerwerk (Kalksandstein), Gipsputz, Rautfasertapete mit Dispersionsfarbe

Fenster und Türen

Kunststofffenster/-türen (PVC) mit Dreifachisolierverglasung, Fensterbänke (außen Aluminium beschichtet)

Innenwände

Mauerwerk (Kalksandstein), Gipsputz, Glasfasertapete mit Dispersionsfarbe, Türen (Zargen und Blätter) Holzwerkstoff, Kunststoff beschichtet

Gründung/Bodenplatte

Laminat geklebt, Zementheizestrich mit Kunststoffrohren in FBH-Trägerplatte mit aufkaschierter EPS-Trittschalldämmung, Wärmedämmung (PUR), Abdichtung (kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtung mit Gewebeeinlage), Stahlbetonplatte, Sauberkeitsschicht (Magerbeton), Trennlage (Kunststoffmischfolie), Tragschicht aus Schlacken

Recyclinggerechte Konstruktion

Stahlskelettbau mit Fassade aus Edelstahlsteckpaneelen (siehe »Detailkatalog« Bsp. 01, S. 138ff.)

Dach

Steckpaneelblech und Unterkonstruktion (Edelstahl), Trapezblech (verzinkt), Lattung, Winddichtung (PE-HD), MDF-Platte, Jutefaserdämmplatte, Lattung, Stahlprofil HEB 200, Sekundärkonstruktion (KVH), Gefachdämmung Jutefaserdämmung, Dampfbremse (PE-LD), OSB/3-Bauplatte, metallische Klettverbindung, Lattung, Jutefaserbespannung

Decken

Gussasphaltestrich, Heizungsrohre (Kupfer), Trennlage (Recycling-Graupappe), Holzfaserdämmplatte, Masseschüttung (Sand), Trapezblech (verzinkt), Stahlprofil HEB 200, Sekundärkonstruktion (KVH), Konterlattung, Lattung, metallische Klettverbindung, Lattung, Jutefaserbespannung

Balkon

Gussasphaltestrich, Schwalbenschwanzstahlblech (verzinkt), Bautenschutzmatte (Recycling-Gummigranulat), Dachabdichtungsbahn (bitumen- und halogenfrei, auf pflanzlicher Basis), OSB/3-Bauplatte, Stahlprofil (HEB 120), Brüstung, Stahlprofil HEB 120 (verzinkt), Steckpaneel (Edelstahl), Unterkonstruktion (Aluminium)

Außenwände

Steckpaneel und Unterkonstruktion (Edelstahl), Winddichtung (PE-HD), MDF-Platte, Jutefaserdämmplatte, Lattung, Gefachdämmung, Jutefaserdämmplatte, Stahlprofil U 200, Sekundärkonstruktion (KVH), OSB/3-Bauplatte, Dampfbremse (PE-LD), metallische Klettverbindung, Lattung, Jutefaserbespannung

Fenster und Türen

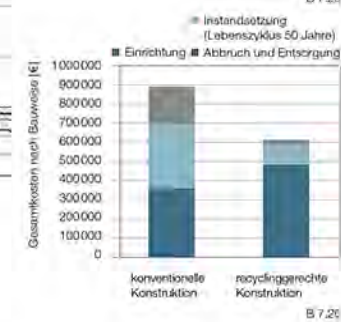
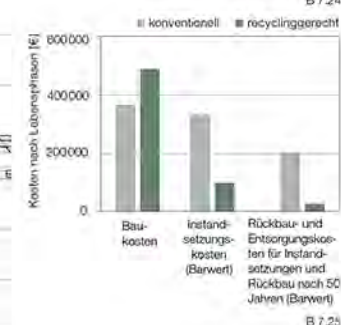
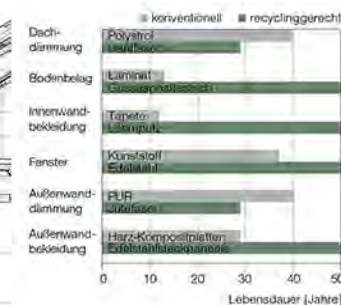
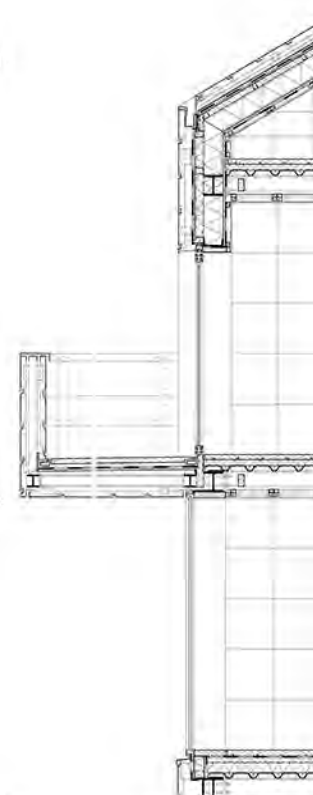
Pfosten-Riegel-Konstruktion (BSH mit Edelstahl-Abdeckleiste), Terrassentür: Edelstahlrahmen, Dreifachverglasungen

Innenwände

Holzständerkonstruktion mit Jutefaserdämmplatte, Beplankung Leihbauplatte mit Lehmfeinputz, Türen: Massivholzzargen mit Vollspannblättern furniert

Gründung/Bodenplatte

Gussasphaltestrich, Trennlage (Recycling-Graupappe), Dampfbremse (PE-LD), Holzfaserdämmplatte, Masseschüttung (Sand), Trapezblech, Stahlprofil HEB 200 (verzinkt), Schraubfundament (Stahl verzinkt)



Kosten-gruppe	konventionelle Konstruktion	Baukosten	Instand-setzungs-kosten (Barwert)	Rückbau- und Ent-sorgungskosten für Instandsetzungen und Rückbau nach 50 Jahren (Barwert)	Gesamt-kosten
KG 360	Dach	41.169 €	26.133 €	17.811 €	85.113 €
KG 350	Decken inkl. Balkon	77.931 €	52.750 €	36.404 €	167.085 €
KG 340	Innenwände	31.228 €	51.372 €	10.932 €	103.532 €
KG 330	Außenwände inkl. Fenster+Haustür	162.962 €	171.295 €	92.686 €	426.943 €
KG 320	Gründung/Bodenplatte	50.353 €	17.845 €	41.113 €	109.311 €
	Summe	363.643 €	329.401 €	199.018 €	892.062 €

B 7.22

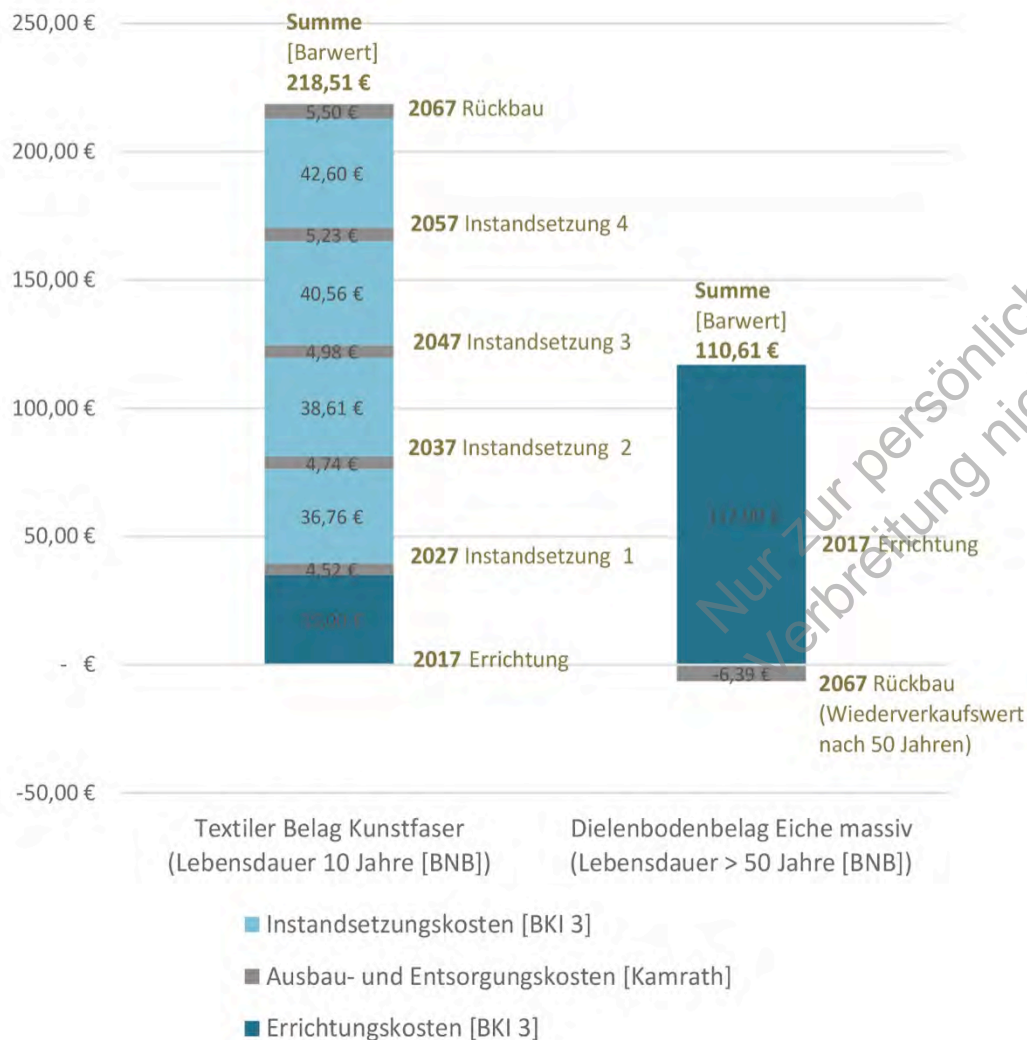
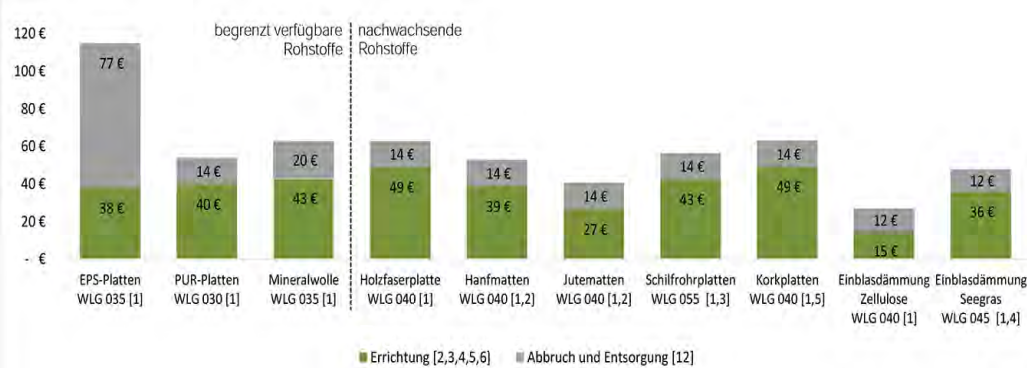
Kosten-gruppe	recyclinggerechte Konstruktion	Baukosten	Instand-setzungs-kosten (Barwert)	Rückbau- und Ent-sorgungskosten für Instandsetzungen und Rückbau nach 50 Jahren (Barwert)	Gesamt-kosten
KG 360	Dach	104.427 €	30.770 €	-83 €	135.114 €
KG 350	Decken inkl. Balkon	78.127 €	7.729 €	-187 €	85.669 €
KG 340	Innenwände	38.203 €	0 €	12.036 €	50.239 €
KG 330	Außenwände inkl. Fenster+Haustür	232.078 €	59.680 €	2402 €	294.160 €
KG 320	Gründung/Bodenplatte	33.582 €	0 €	10.683 €	44.265 €
	Summe	486.416 €	98.179 €	24.851 €	609.447 €

B 7.23

B 7.22 Kostentabelle über konventionellen Konstruktion nach Kostengruppen
B 7.23 Kostentabelle über recyclinggerechten Konstruktion nach Kostengruppen
B 7.24 Lebensdauern einiger Baustoffe nach BGI-2 (siehe Anm. 3) und BNB (siehe Anm. 4)
B 7.25 Gegenüberstellung Kosten nach Lebensphasen
B 7.26 Gegenüberstellung Gesamtkosten nach Bauweise

Bei allen aufgeführten Kosten handelt es sich um Netto-preise für fertig montierte bzw. demontierte Baustoffe.

Grundriss EG und 1. OG
Maßstab 1:1000
Vertikalschnitte
Maßstab 1:50



EINFÜHRUNG VON GANZHEITLICHEN KOSTENBETRACHTUNGEN ZUM ENTWURF

Nur die Kosten über den gesamten Lebenszyklus bilden den wahren Wert- oder Abfall-Anteil der Immobilie ab!

Herstellung | Instandsetzung | Rückbau + Entsorgung

2018

Entkernungs- und Abbruchkostenindex (EAKI)				
Entwicklung eines Werkzeugs zur Kostenermittlung für den Rückbau und das Bauen im Bestand				
Projektgesamtkosten: 130.063 €				
Fördermittelanteil: 124.993 €				
Projektlaufzeit: 1. Juli 2019 - 30. Juni 2021 (24 Monate)				
Entwurf				
	1	2	3	5
1	1	2	2	4
2	37	51	57	64
3	31	43	48	54
4	37	48	50	51
5	31	42	42	43
6	64	93	107	118
7	54	78	90	99

Baukosten

Positionen Neubau

Statistische Kostenkennwerte

BKI Kostenplanung

Entkernungs- und Abbruchkostenindex (EAKI)
Entwicklung eines Werkzeugs zur Kostenermittlung für den Rückbau und das Bauen im Bestand

Projektgesamtkosten: 130.063 €

Fördermittelanteil: 124.993 €

Projektlaufzeit: 1. Juli 2019 - 30. Juni 2021 (24 Monate)



Interdisziplinäres Zentrum III
Management technischer Prozesse
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Helmus

Wuppertal, den 26.03.2019

Ort, Datum

Unterschrift des Projektleiters

GANZHEITLICHE KOSTENBETRACHTUNGEN ZUM ENTWURF

Abb'en: Rosen in Hillebrandt u.a. Atlas Recycling, Edition DETAIL 2018



? Forschungsziel:

Deutschland-/europaweit einheitliche Kostenkennwerte für
Entkernung + Instandsetzung | Rückbau + Entsorgung

? Forschungsziel:

Daten zu Recyclinggewinn
deutschland- und europaweit

? Forschungsziel:

Daten zu Bauabfall-Entsorgungskosten
deutschland- und europaweit



Foto: Christoph Schuhknecht (Bauforum Stahl)

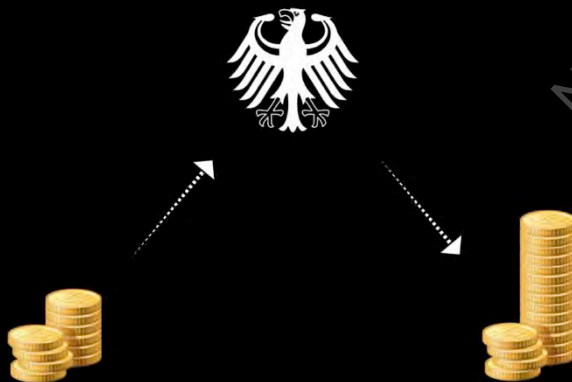
Foto: TeamHillebrandt

RÜCKBAUPFLICHT FÜR INVESTOREN UND BESITZER NACH ABLAUF DER NUTZUNGSDAUER DES GEBÄUDES!

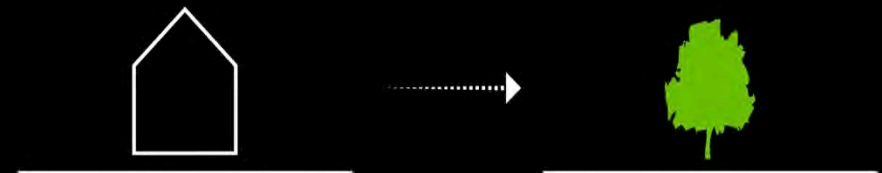
Vermeiden von Leerstand und Bauruinen, die durch
Fehlinvestitionen entstanden sind und zu einer
Vergemeinschaftung der Entsorgungskosten führen.

RÜCKBAUKONZEPT ZUM BAUANTRAG MIT HINTERLEGEN EINER SICHERUNG (KAUTION ODER BAULAST) ALS GARANTIE FÜR RÜCKBAU UND ENTSORGUNG !

Langlebige, nachnutzbare, flexibel geplante Gebäude.
Gebäude geplant als Ressourcenlager statt Abfall.



RÜCKGABE DER KAUTION BEI NACHWEIS DER NACHNUTZUNG
DES GRUNDSTÜCKS ODER SEINER RENATURIERUNG.





LEBEN
IN DER
MEHRWERT-
PFAND-
FLASCHE !

Nutzen zur persönlichen Information
Vervielfältigung nicht erlaubt !



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Prof. Annette
Hillebrandt

Architektin BDA

FORSCHEN

WISSEN

(VERMITTELN)

TUN !

UND ... LASSEN !

Bauwerk als Ressource
Urban Mining Design

Nur zur persönlichen Information.
Verbreitung nicht erlaubt !