

UNIV.-PROF.
ANNETTE HILLEBRANDT
ARCHITEKTIN BDA

KREISLÄUFE SCHLIESSEN FÜR DIE BAUWENDE !



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL



Abb.: www.tagesschau.de

BAUKULTUR : GUTE ARCHITEKTUR

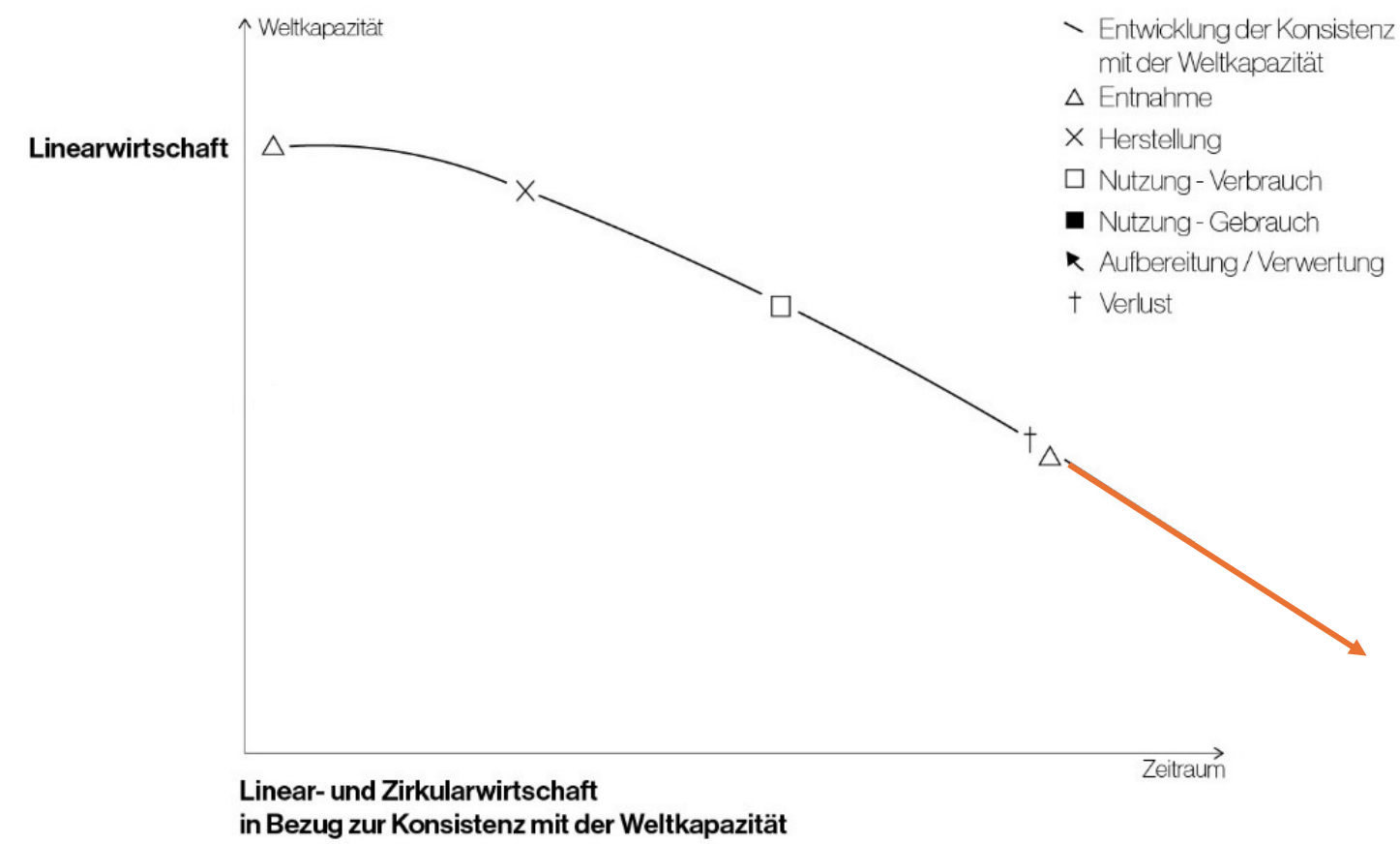




... EFFIZIENZ



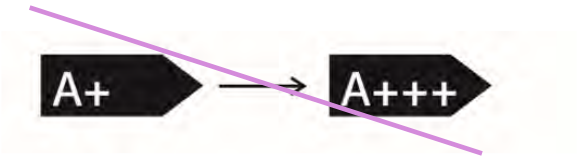
UNSER ZEITKONTEXT:
LINEARWIRTSCHAFT



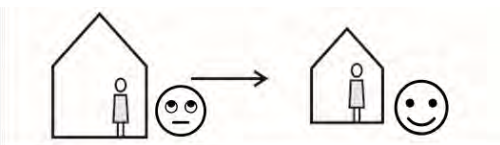
NACHHALTIGKEIT MIT DER
EXTRAKTIVEN LINEARWIRTSCHAFT ???



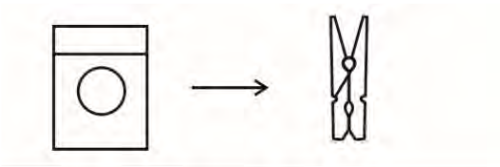
... EFFIZIENZ Nicht effektiv genug !



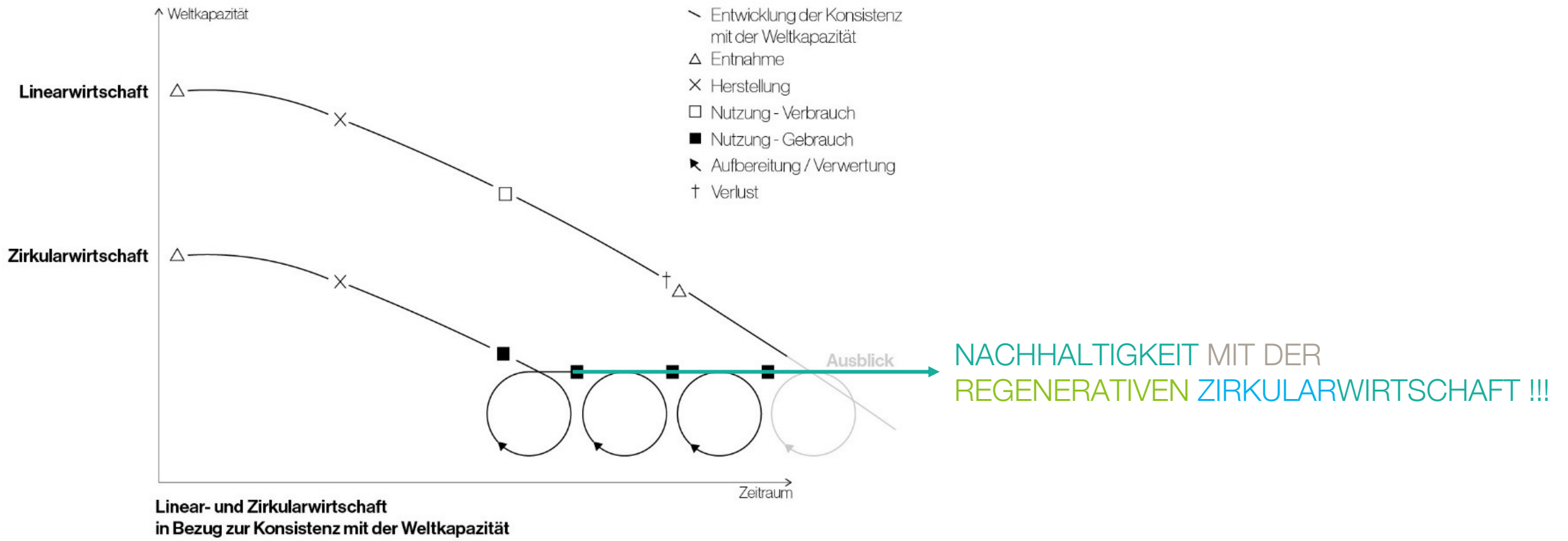
... SUFFIZIENZ !



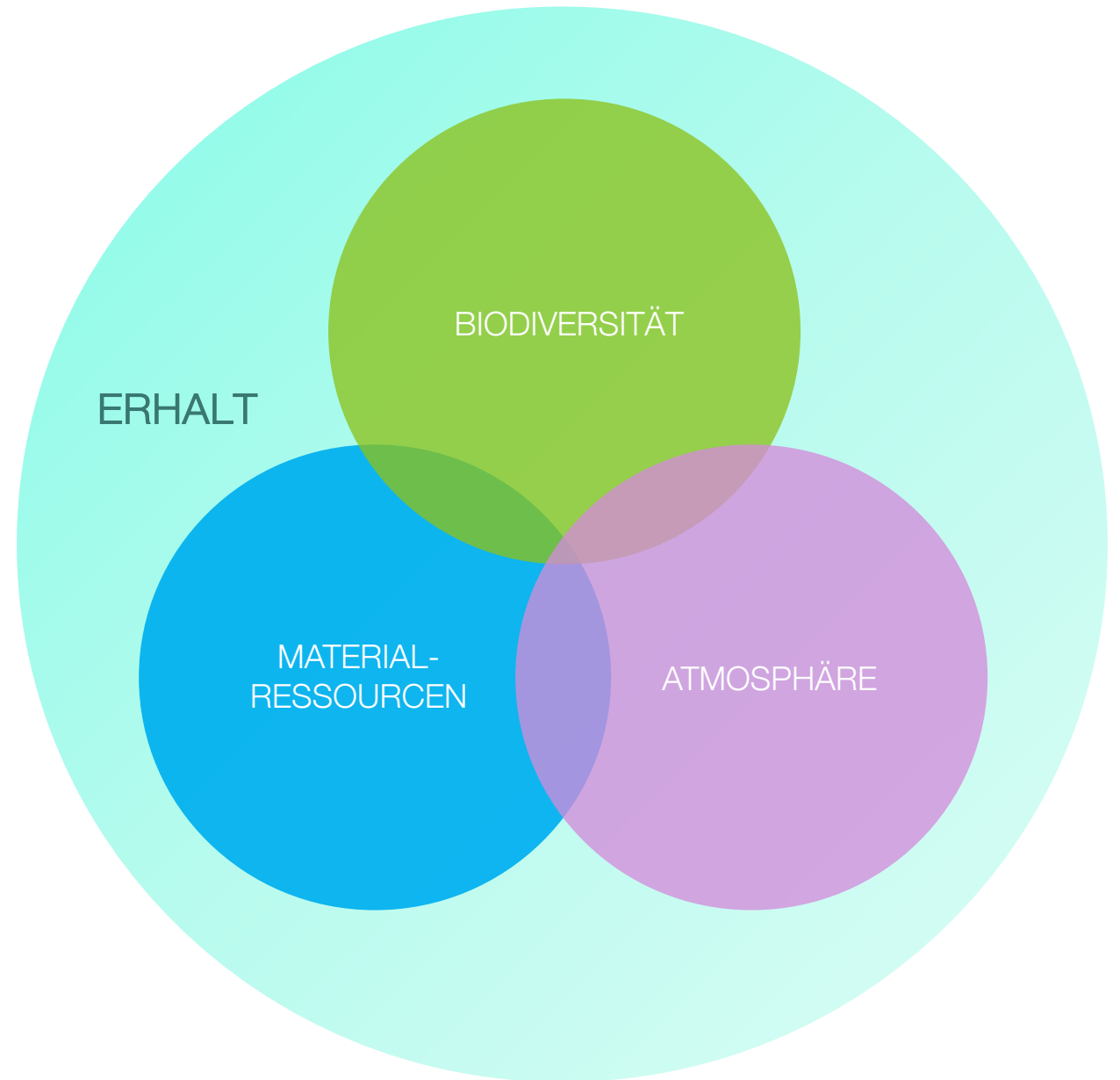
... KONSISTENZ !

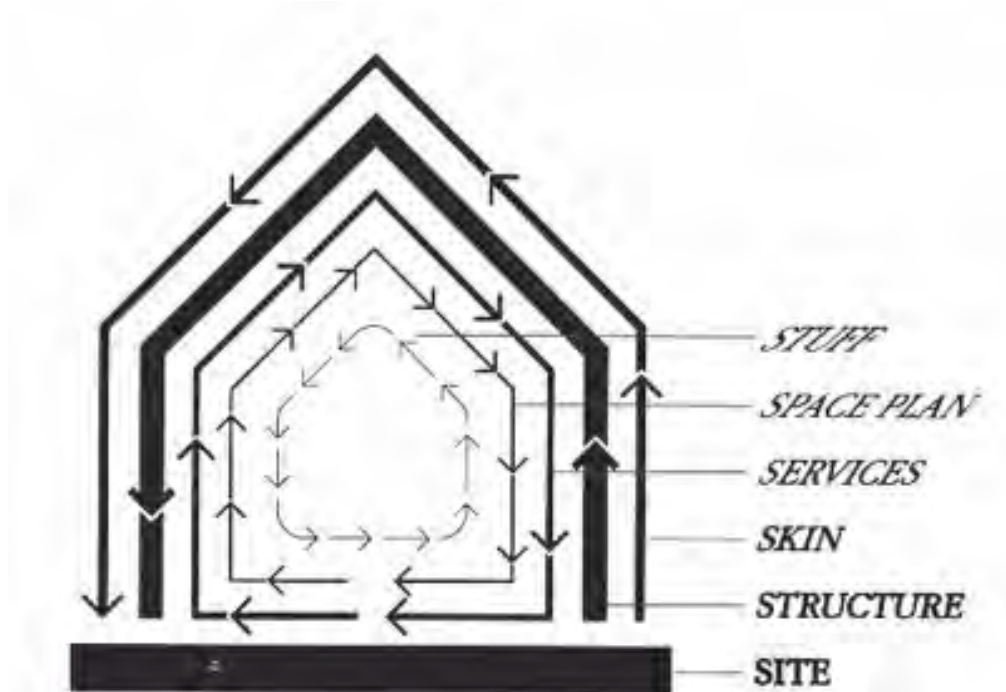


UNSER ZUKUNFTSKONTEXT:
ZIRKULARWIRTSCHAFT



NACHHALTIGKEIT DES BAUENS
VOM LEBENSRAUM HER DENKEN
PRIORITÄT "CARE-ARBEIT"





ATMOSPHÄRE, BIODIVERSITÄT UND MATERIALRESSOURCEN

MBO und LBO NRW Erster Teil – Allgemeine Anforderungen

§ 3

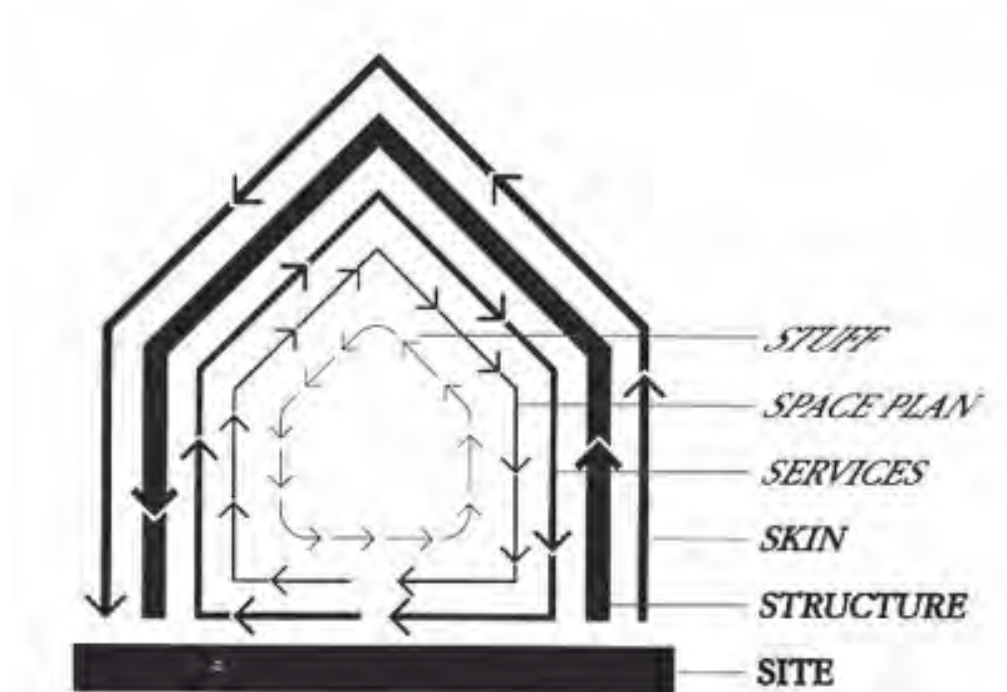
¹ Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden,

dabei sind die Grundanforderungen an Bauwerke gemäß Anhang I der [Verordnung \(EU\) Nr. 305/2011](#) zu berücksichtigen.

² Dies gilt auch für die Beseitigung von Anlagen und bei der Änderung ihrer Nutzung.

„SCHUTZ DER NATÜRLICHEN LEBENSGRUNDLAGEN“ : FOKUS UMWELTERHALT !

LOCKERUNGEN BEI „VERWALTUNGSVORSCHRIFTEN | TECHNISCHEN BAUVORSCHRIFTEN“



BAUEN ALS GESCHLOSSENER KREISLAUF !

BIODIVERSITÄT UND MATERIALRESSOURCEN

Im Anhang I der **EU-Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO)** werden **Grundanforderungen an Bauwerke** definiert, die u. a. auch die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen vorsehen:

„7. Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen

Das Bauwerk muss derart entworfen, errichtet und abgerissen werden, dass die natürlichen Ressourcen nachhaltig genutzt werden

und insbesondere Folgendes gewährleistet ist:

- a) Das Bauwerk, seine Baustoffe und Teile **müssen nach dem Abriss wiederverwendet oder recycelt** werden können;
- b) das Bauwerk **muss dauerhaft** sein;
- c) für das Bauwerk **müssen umweltverträgliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe** verwendet werden.“

Atlas

Recycling

Gebäude als Materialressource

Annette Hillebrandt

Petra Riegler-Floors

Anja Rosen

Johanna-Katharina Seggewies

Edition **DETAIL**

Abb.: Edition DETAIL 2018 | 2020

GUTE WERKE | GUTE PRODUKTE NACH URBAN MINING DESIGN – „REZEPT“

Verbindungen:

Lösbarkeit als Voraussetzung für ReUse und ReCycling

- mechanisch, keine Verklebungen
- möglichst einfach lösbar (z.B. Auflast vor Klemmen vor Schrauben)
- Hierarchie nach Bauteil-Lebensdauer; Reparaturerefordernis und Demontageablauf
- unabhängige Lösbarkeit durch separate Parallelbefestigungen

Revisionsfreundlichkeit:

als Voraussetzung für Schadenvermeidung

- einfache Sichtbarkeit und Auffindbarkeit (z.B. von verdeckten Leitungen)

Reparaturfreundlichkeit:

als Voraussetzung für Dauerhaftigkeit

- Zugänglichkeit der Verbindungsmittel, einfache Handhabung

Bauelemente:

ReUse-Eignung bei ...

- Hohe Dauerhaftigkeit
- groß und modular
- einfach handhabbare Abmessungen und Gewichte
- minimierte Anzahl verschiedener Elemente
- einfache Geometrien

Material:

Sortenreinheit und Schadstofffreiheit als Voraussetzung für ReCycling

- Verzicht auf im Verdacht stehende Umwelt- oder gesundheitsschädigende Zusatzstoffe
- keine Mischung der Materialgruppen (mineralisch, fossil, biotisch und metallisch) im Baustoff
- ReUse vor Recycling
- ohne Qualitätsverlust stofflich verwertbar: kein Downcycling!
- biotische Baustoffe als nachhaltig kultiviert zertifiziert und voll kompostierbar
- Weiterverwertung nur in mehrstufigen Kaskadennutzungen

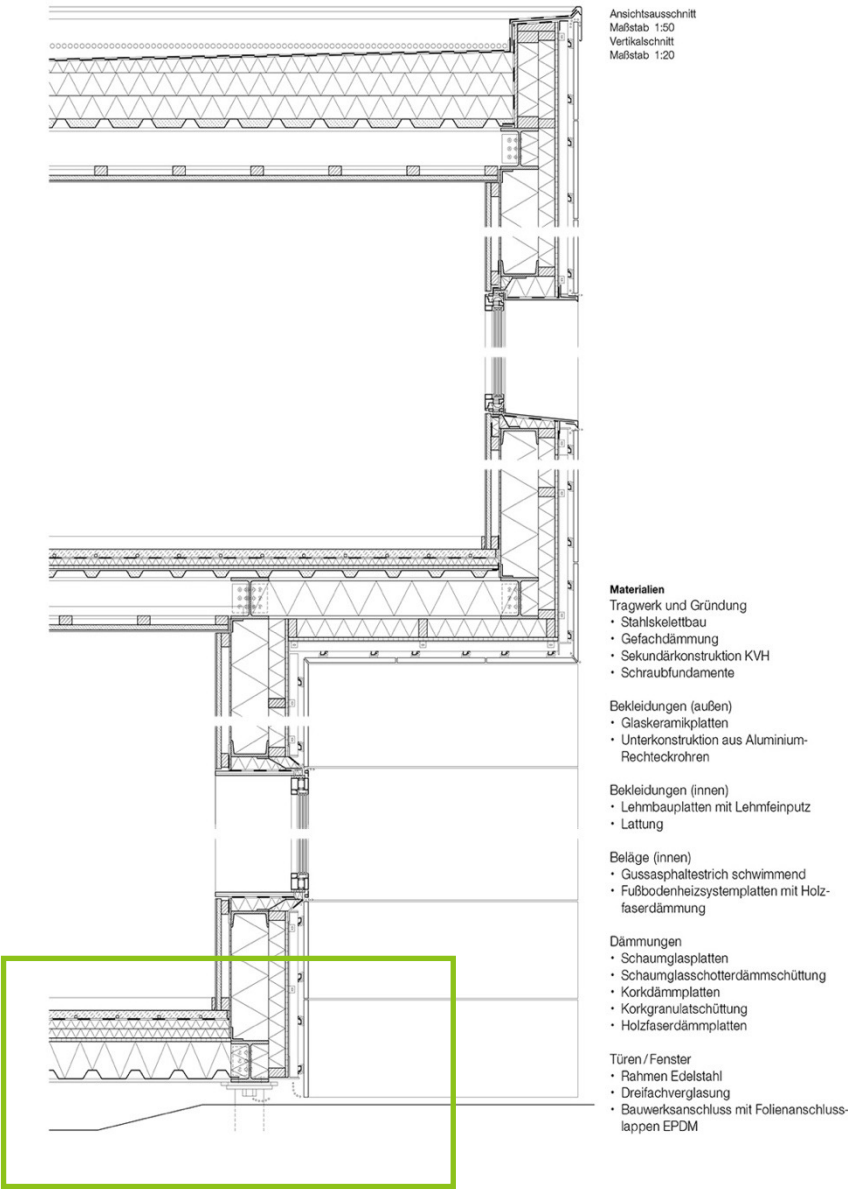
Zusammenstellung: A. Hillebrandt, www.urban-mining-design.de

Beispiel 02: Stahlskelettbau/
Fassade aus Glaskeramiktafeln

Tragwerk 100 % recyclingfähig – Hülle 100 % Recyclingmaterial

BAUEN ...
OHNE
FLÄCHENVERSIEGELUNG
RÜCKBAU- UND,
RECYCLINGFÄHIG

Die Struktur des Hüllmaterials verrät seinen Entstehungsprozess: Abgerundete Glasscherben schwimmen wie »Inseln« in der umgebenden Schmelze. Die eleganten Fassadentafeln bestehen zu 100 % aus Altglas, ihre Farblichkeit weckt Vermutungen zur Funktion als z. B. Fensterscheibe oder Getränkeflasche in ihrer vorangegangenen Nutzung. Durch ihre großen Formate und eine lange Lebensdauer besteht auch hier die Möglichkeit einer Wiederverwendung.
Dazu passend – wenngleich von außen nicht sichtbar – kommen Dämmplatten aus Schaumglas und Recycling-Flaschenkorken zum Einsatz.
Primär- und Sekundärkonstruktion bestehen als Investition in die urbane Mine konsequent aus Stahl.
In den Innenräumen sind Lehmbauplatten – kunststofffrei armiert mit einem Gewebe aus Flachs – mit Lehmputz und Lehmfeinspachtelung überzogen. Sie bedürfen wie der als Sichtoberfläche verwendete Gussasphaltestrich auch langfristig keiner Oberflächenvergütungen.
Die Öffnungen thematisieren die Stärke der Wand: Opake Lüftungslügel und transparente Festverglasungen mit Stahlrahmen wechseln von innen- zu außenbündig und erzeugen ein skulpturales Erscheinungsbild. Wasserfarbener Recycling-Glaskies komplettiert als Dachbelag die gläserne Hülle als die fünfte Fassade.



BAUEN ...

OHNE
FLÄCHENVERSIEGELUNG

RÜCKBAU- UND,
RECYCLINGFÄHIG

CO₂-REDUZIERT

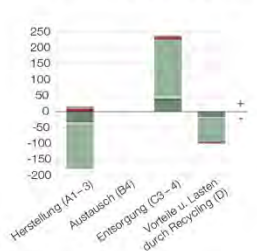
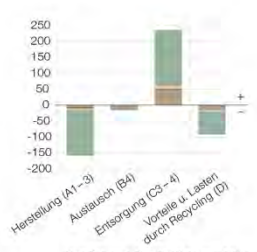
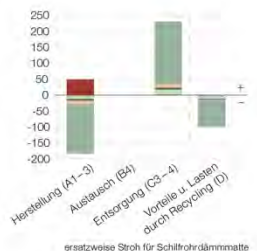
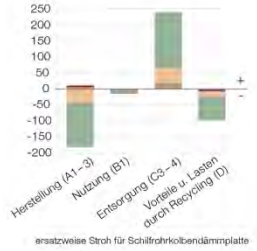
Beispiel 04: Holztafelbau/
Fassade aus Lärchen- und Kupferschindeln

authentisch alternde Schindeltexturen

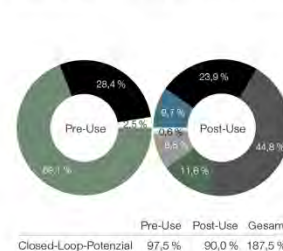
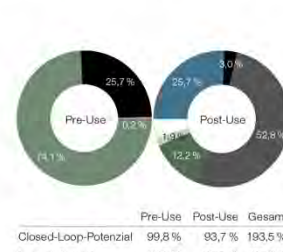
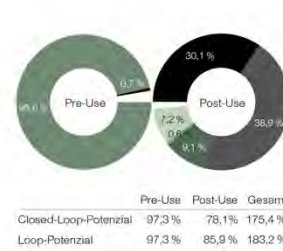
Gestaltprägend ist die Schindelstruktur der Außenhülle. Den überwiegenden Teil bekleiden kleinere Lärchenschindeln, während der zurückspringende Eingang mit Kupferschindeln versehen ist – eine Kombination aus nachwachsenden Rohstoffen und sparsam eingesetztem, wertvollem Material als urbane Mine. Beide Materialien altern authentisch und verändern – unterschiedlich schnell – ihre Farbigkeit. Das beständige Kupferblech dient auch der Bekleidung des dem Spritzwasser ausgesetzten Sockelbereichs. Die überdachten und die der Bewitterung ausgesetzten Kupferfassadenteile patinieren unterschiedlich – ein lesbarer Alterungsprozess. Im zurückgesetzten, verschatteten Bereich sind die Fenster außen bündig und im Innenraum mit einer Sitzfensterbank detailliert. Die Fenster des Obergeschosses sitzen innen bündig, sodass die tiefe Laibung eine Eigenverschattung als passiven Sonnenschutz ermöglicht. Der Dachterrassenbelag ist flächenbündig mit der Attikaabdeckung versehen. Eine umlaufende Reinigungs- und Revisionsfuge erfüllt hier die Ansprüche der Normen und Flachdachrichtlinien. Das Terrassengeländer vervollständigt in Materialität und Teilung die Feingliederkeit der Erscheinung.



Treibhauspotenzial
GWP kg CO₂ äquiv./m²

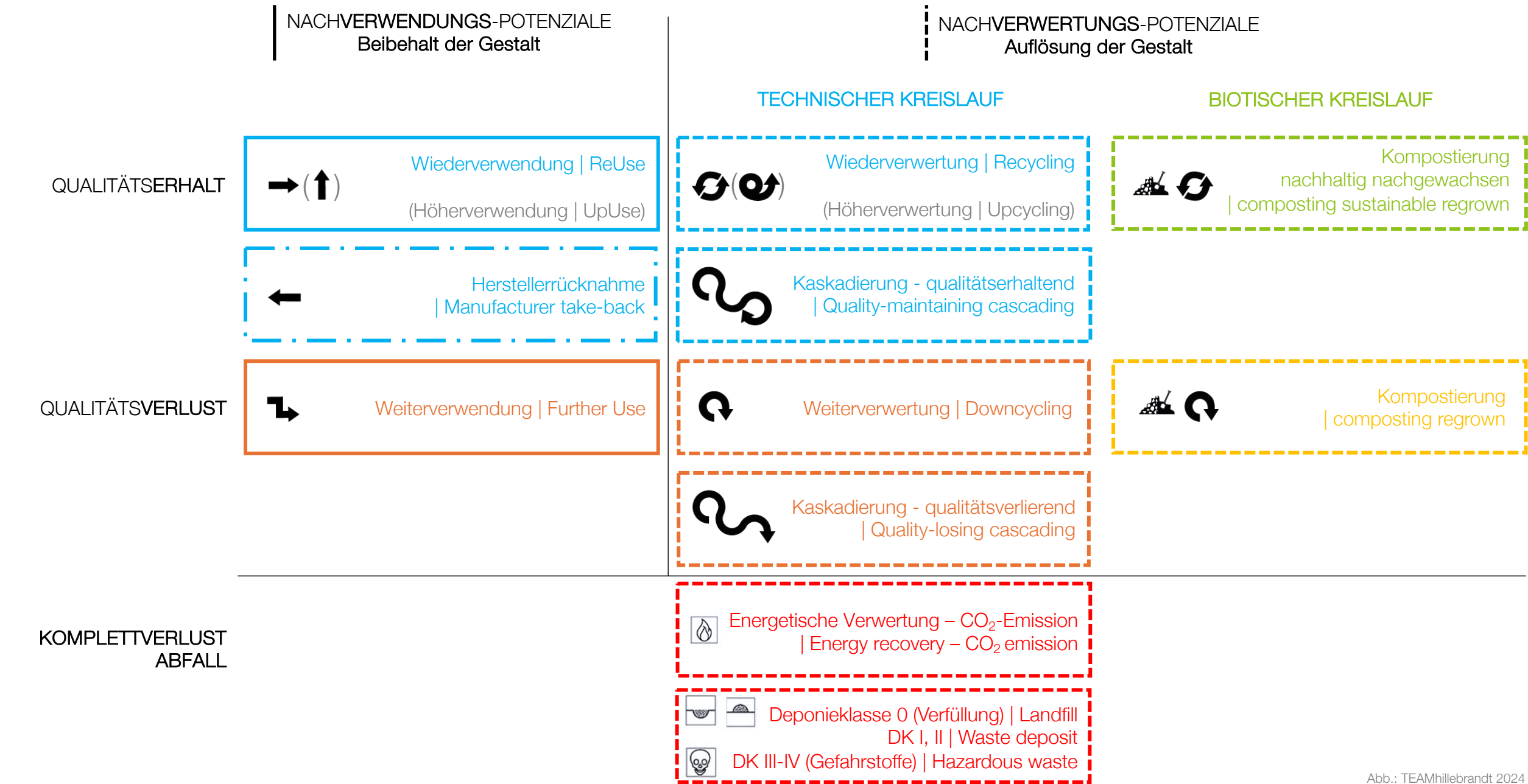


Kreislaufpotenzial
der Konstruktion



Fassade aus Tonziegeln im Trockenstapelsystem
In allen Bauelementen binden die massiven Holzbauteile den Großteil der Wertstoffe. Durch Vermeidung von Verklebungen können diese vollständig im biotischen Kreislauf geführt werden. Die Verwendung von Holz aus zertifiziert nachhaltiger Forstwirtschaft gewährleistet, dass ausreichend Holz nachwächst. Das Bauwerk speichert in den Holzdecken und -wänden große Mengen Kohlenstoff, der bei einer energetischen Verwertung nach dem Rückbau in Form von CO₂ zeitversetzt freigesetzt wird. Das massive Holz eignet sich aber auch sehr gut für eine stoffliche Verwertung in einer mehrstufigen Kaskadennutzung (Downcycling Post-Use). Die Dämmstoffe aus den Halmen oder Blättern der Rohrkolbenpflanze (Typha) und die leimfreie Holzfaserdämmung sowie die Vegetation des Gründachs sind als Kompost stofflich verwertbar (Recycling Post-Use). In der Außenwand beinhaltet die Ziegelvorsatzschale in Trockenstapelbauweise die größte Masse der eingelagerten Wertstoffe. Für ihre Herstellung werden vorwiegend Primärrohstoffe eingesetzt, wodurch sich ein moderates Kreislaufpotenzial Pre-Use ergibt. Ein Großteil der Ziegel kann jedoch nach der Demontage sehr gut wiederverwendet werden. Für ca. ein Viertel der Ziegelmasse wird die Aufbereitung zu mineralischer Gesteinskörnung (Downcycling Post-Use) angenommen, was der notwendigen Verklebung untereinander im Sturz- und Deckenrandbereich, aber auch dem wirtschaftlichen Aufwand für den selektiven Rückbau geschuldet ist. Die Recyclingmaterialien Tonziegelsplitt und Schaumglas gehen in den Pre-Use-Anteil des Kreislaufpotenzials ein; nach der Nutzung (Post-Use) kann der Ziegelsplitt leicht sortenrein zurückgewonnen und 1:1 wiederverwendet werden, während beim Schaumglasschotter aufgrund der erforderlichen Verdichtung des Materials und der Wirtschaftlichkeit des selektiven Rückbaus nur von einer 70%igen Wiederverwertung ausgegangen wird. Die lose verlegten Abdichtungen machen sich in erster Linie indirekt bemerkbar: Sie ermöglichen die sortenreine Rückgewinnung der massiven Holzplatten in Dach und Boden.

Legende Kreislaufpotenzial
Pre-Use
■ wiederverwendete Materialien (MRC; siehe B2 S. 64)
■ Materialien aus erneuerbaren Rohstoffen
Post-Use
■ wiederverwendbare Materialien (Re-Use)
■ wiederverwertbare Materialien (Recycling)
■ weiterverwertbare Materialien (Downcycling) aus zertifiziert nachhaltig nachwachsenden Rohstoffen
■ energetisch verwertbare Materialien (Energy Recovery) aus zertifiziert nachhaltig nachwachsenden Rohstoffen
■ weiterverwertbare Materialien (Downcycling) energetisch verwertbare Materialien (Energy Recovery) aus nachwachsenden Rohstoffen



Selektiver Rückbau =
Sortenreine Rückgewinnung
Ressourcenschutz

Abb.: Hillebrandt u.a. Atlas Recycling, Edition DETAIL 2018



Nicht Selektiver Abbruch =
Gemischter Bauschutt,
Ressourcenvernichtung

Seit Jahren stagnierend
> 200 Mio Tonnen Bau-
und Abbruchabfälle p.a.*

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



Sortenreinheit =
Hochwertiges
Recycling möglich



Aluminiumrecycling AlUF Dormagen, Abb.: TEAMhillebrandt

UNSER ZUKUNFTSKONTEXT:
REUSE

Ausdruckstarkes
„Re-Beauty“

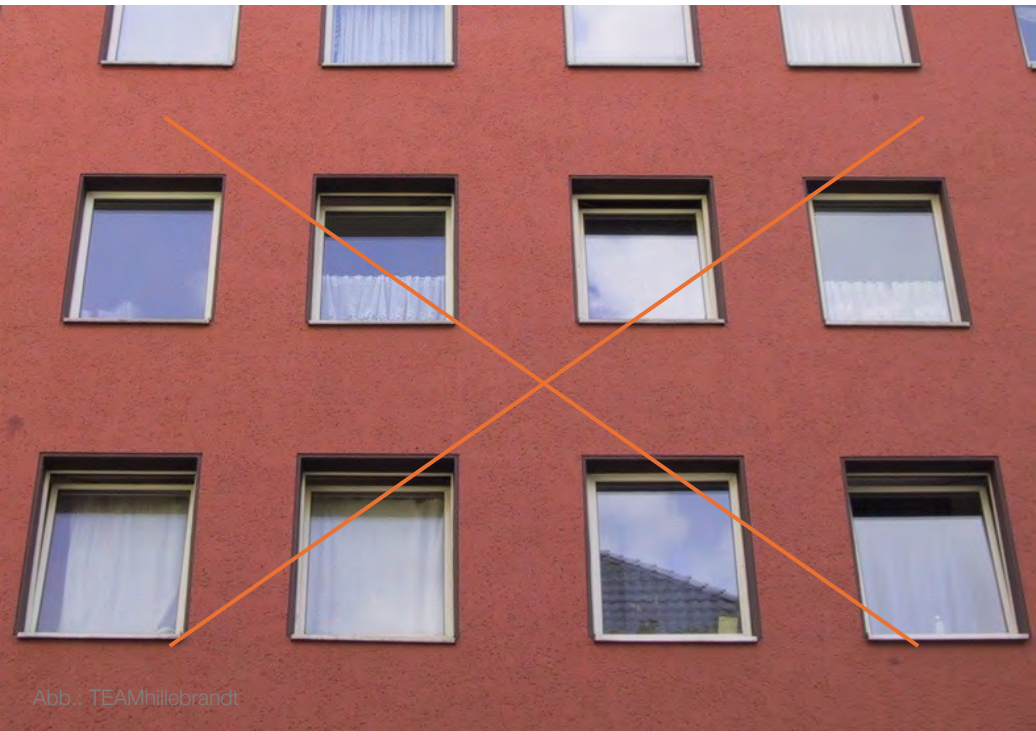


Abb.: TEAMhillebrandt

austauschbar,
alterungs-negierend,
detaillos



Architektur S. Nielsen Vandkunsten, Afd.: ReBeauty

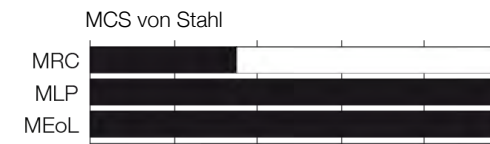


Betonabbruch liefert
 40% Gesteinskörnung 2 – 22 mm
 -> Recycling
 und
 60% Gesteinskörnung < 2 mm
 -> Downcycling
 und
 nur 0,5% (EU-weit ca. 6%) des Betonbruchs*
 wird zu RC-Beton-Gesteinskörnung
 und besteht daher maximal aus
 ca. 40%** Altmaterial

* Gemessen am Gesamteinsatzvolumen an Gesteinskörnungen
 ** Vorgaben DIN 1045 und DAfStB



Stahl endet zu
 99 % im ReUse/ Recycling
 und besteht aktuell aus rund
 > 35% Recyclingstahl
 und kann in Zukunft bestehen aus
 100% Altmaterial



Einsatzmöglichkeiten für R-Beton:
Beschränkungen durch Reglementierung

gemäß DIN DIN 1045 (RC-Gesteinkörnung TYP1) *
* ohne Wasser, ohne Stahl, inklusive Zement

Konstruktionsbeton C8/10 - C30/37, bei Nutzung trocken oder feucht (WO/WF)
MLP 38,8%
45% der Gesteinskörnung kann ersetzt werden**
** MLP ist immer geringer als der Anteil an RC-Gesteinskörnung, wegen des Zement-Anteils

Konstruktionsbeton C8/10 - C30/37, bei Nutzung feucht + Salzzufuhr von außen (WA)
MLP 25,9%
30% der Gesteinskörnung kann ersetzt werden

Konstruktionsbeton C8/10 - C30/37, bei Nutzung feucht + chem. Belastung (WF,XA1)
MLP 21,6%
25% der Gesteinskörnung kann ersetzt werden

Konstruktionsbeton C35/45 - C100/115
MLP 0%
Bei dieser Festigkeitsklasse ist gemäß DIN kein Einsatz von RC-Gesteinskörnung gestattet.

ungeachtet der DIN 1045

Schweizer RC-Konstruktionsbeton unbeachtet deutscher Reglementierungen*
* Herstellerangabe: https://www.beton-rc.ch/images/pdf/Moecklibeton-Recyclingbeton-NovoCon-Preisliste_2022.pdf#page=11
MRC 69%
garantierter RC-Gesteinskörnungs-Anteil >80% wird bereits verkauft
MLP 86,3%
Anteil von 100% RC-Gesteinskörnung ist möglich

Höchstanteile von recyklierten Gesteinskörnungen
(RC Typ 1/ Typ 2) in Beton*

* nach DIN1045, Richtlinie des DAfStB

Expositions-kategorie	Feuchtigkeitsklasse	Typ 1 Vol.-%	Typ 2 Vol.-%
XC1 XC0 bis XC4	W0 (trocken) WF (feucht)	< 45	< 35
XF1 und XF3	WF (feucht)	< 35	< 25
Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	WF (feucht)	< 35	< 25
XA1	WF (feucht)	< 25	< 25

Abb.: www.wecobis.de 23.09.23

VERZICHT ALTE PFRÜNDE !

VORBILDER ANDERER LÄNDER KOPIEREN
STATT SCHLECHT SELBER MACHEN !

Biotisches Bindemittel: EoL -> Kompostierung ☺



Technisches Datenblatt

Stand: März 2021

THERMO HANF COMBI JUTE

Die Dämmmatte aus Hanf- und Jutefasern



HEMPFLAX®
Building Solutions GmbH

Bezeichnung	THERMO HANF COMBI JUTE
Bauaufsichtliche Zulassung	ETA-05/0037
DoP- / LE-Nummer	130701-041-01
Inhaltsstoffe	58 % Hanffaser, 29% Jutefaser, 9% polymere Stützfaser auf PET-Basis, 4 % Soda
Maßabweichungen	
Länge und Breite (Prüfung nach EN 822:2013)	Länge: ± 2 %, Breite: ± 1,5 %
Dicke (Prüfung nach EN 823:2013)	- 4 mm und + 10 mm / + 10 % (Entspricht T3 nach EN 13171:2012, Tabelle 1)
Rohdichte (Prüfung nach EN 1602:2013)	Ca. 37kg/m³
Zugfestigkeit parallel zur Plattenebene (Prüfung nach EN 1608:2013)	≥ 30 kPa
Energieeinsparung und Wärmeschutz	
Wärmeleitfähigkeit (Prüfung nach EN 12667:2001)	
Nennwert λ _{D(23,50)}	0,039 W/(m•K)
Bemessungswert λ _{D(23,80)}	0,042 W/(m•K)
Bemessungswert λ _{D(23,80)} für Deutschland	0,043 W/(m•K)



Fossil-basiertes Bindemittel: EoL Verbrennung ☹

Technisches Datenblatt

Stand: Dezember 2014

THERMO HANF PREMIUM PLUS

Die Dämmmatte aus Hanffasern und pflanzlichen Bindefasern



Bezeichnung		THERMO HANF PREMIUM PLUS													
Bauaufsichtliche Zulassung		ETA-05/0037													
Referenz-Nummer		130701-042-01													
Inhaltsstoffe		85–90% Hanffasern, 8–10% biopolymere Stützfaser auf PLA-Basis, 2–5% Soda als Brandschutz													
Maßabweichungen															
Länge und Breite		Prüfung nach EN 822:1994	Länge: ± 2 % Breite: ± 1,5 %												
Dicke		Prüfung nach EN 823:1994	-5 %/ -5 mm und +20 mm /+20 %										Entspricht T1 nach EN 13162:2008, Tabelle 1		
Rohdichte		Prüfung nach EN 1602:1996	28 - 46 kg/m³												
Dimensionsstabilität (48h, 70 °C, 50% rel. Luftfeuchte)		Prüfung nach EN 1604:1996	Länge und Breite max. ±1 % Dicke max. -5/ +10 %												
Zugfestigkeit parallel zur Plattenebene		Prüfung nach EN 1608:1996	> 2x Eigengewicht												
Energieeinsparung und Wärmeschutz															
Wärmeleitfähigkeit		Prüfung nach EN 12667:2001													
Grenzwert Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10, dry}$		0,0396 W/(m·K) Kategorie II													
Nennwert Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{D, (23,50)}$		0,04 W/(m·K) Kategorie II													
Wärmedurchlasswiderstand R [m²·°K/W] bei Dicke [mm]		0,75 1,00 1,25 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 4,50 5,00 5,50 30 40 50 60 80 100 120 140 160 180 200 220													

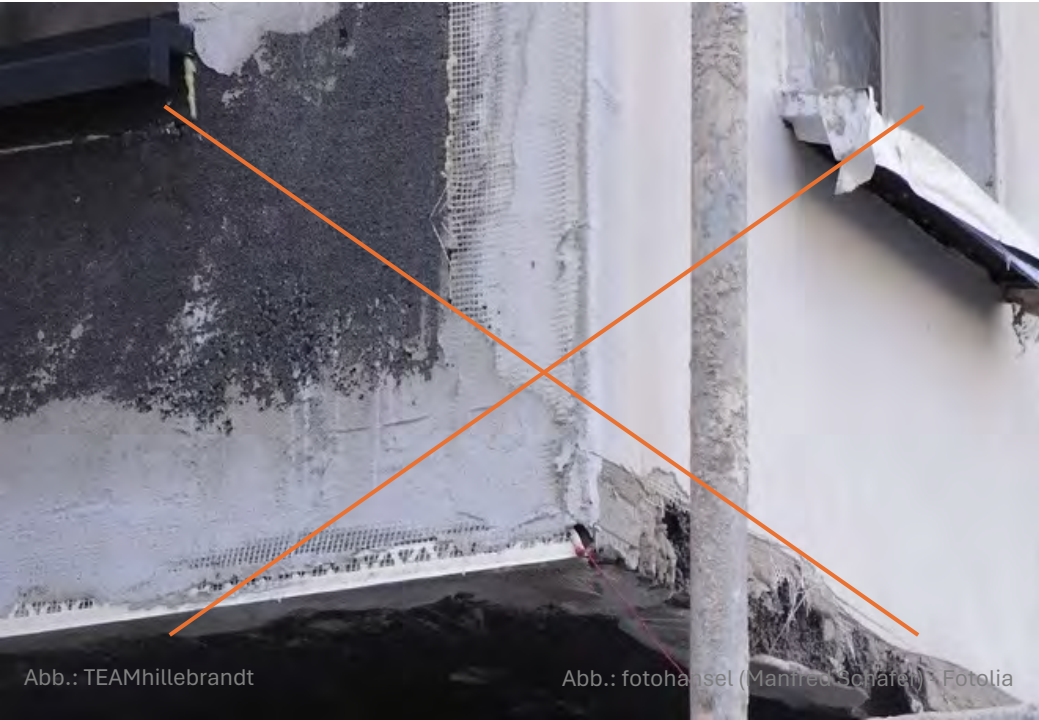
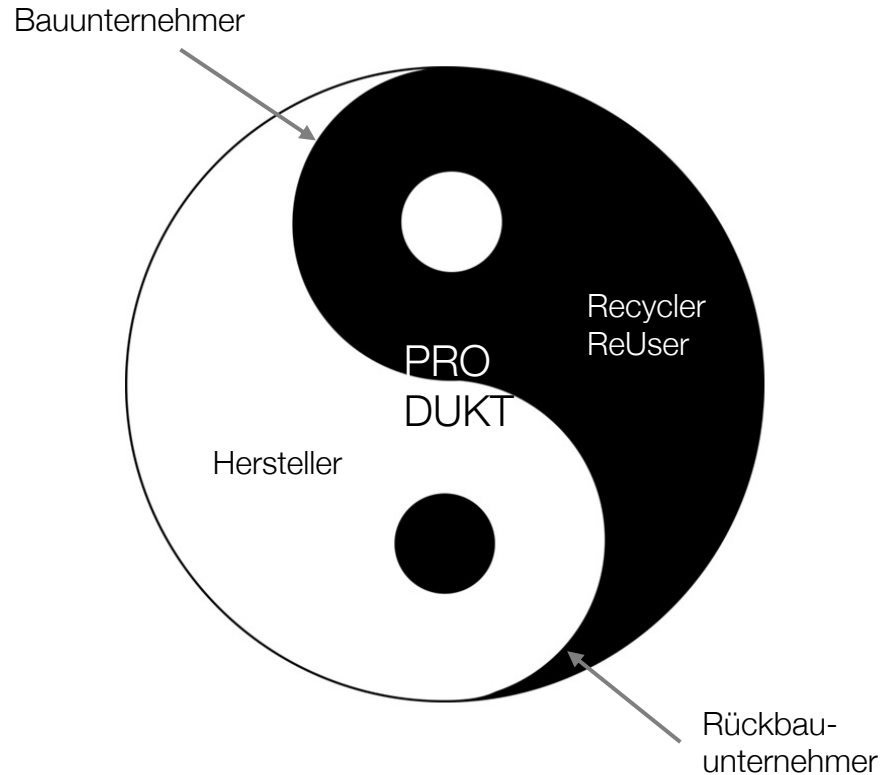


Abb.: TEAMhillebrandt

Abb.: fotohansel (Manfred Schärer) - Fotolia

VERZICHT AUF BIOZIDE UND SCHADSTOFFE !



GUTE PRODUKTE NACH KRWG

KrWG Teil 3 Produktverantwortung | Bundesrecht

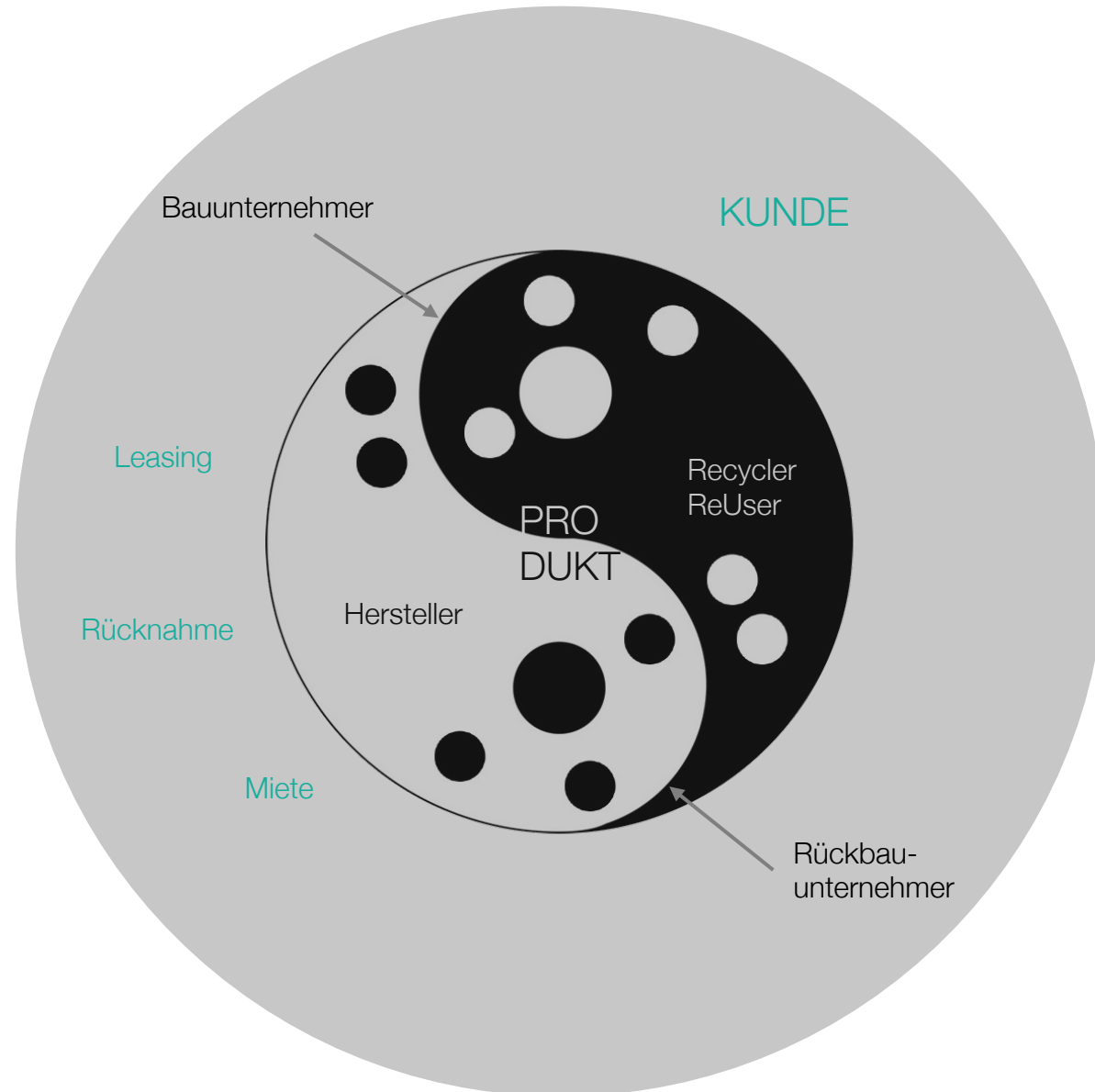
KrWG §24 (eigene Formulierung):

Die Bundesregierung (mit Zustimmung des Bundesrates) ist ermächtigt zu bestimmen, dass bestimmte Produkte nur in Verkehr gebracht werden dürfen, wenn sie die „**mehrfache Verwendung oder Verwertung**“ und eine „**technische Langlebigkeit und Reparierfähigkeit**“ erleichtern.

Außerdem, dass **bestimmte Erzeugnisse nicht in Verkehr gebracht werden dürfen**, wenn nach ihrem Gebrauch **Schadstoffe freigesetzt** werden (bzw. eine Verhinderung dessen mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden wäre) oder wenn sie in erheblichen Umfang **zur Vermüllung der Umwelt** beitragen.

Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 20 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist, Abruf: 27.01.2022

„TOP-RUNNER-MODELL“ FÜR BAUSTOFF-NEUZULASSUNGEN !



GUTE PRODUKTE NACH KRWG

KrWG Teil 3 Produktverantwortung | Bundesrecht

KrWG §25 (eigene Formulierung)

Die Bundesregierung (mit Zustimmung des Bundesrates) ist ermächtigt zu bestimmen, dass **Hersteller oder Vertreiber bestimmte Erzeugnisse nur in Verkehr bringen dürfen**, wenn sie

eine flächendeckende Rückgabemöglichkeit eröffnen, Rücknahmesysteme bestehen oder sie **nach Gebrauch zurückzunehmen** zu haben.

wenn sie

sich an Kosten beteiligen, die (...) für die **Reinigung der Umwelt** und die anschließende **umweltverträgliche Verwertung** und Beseitigung (...) entstehen, (...)

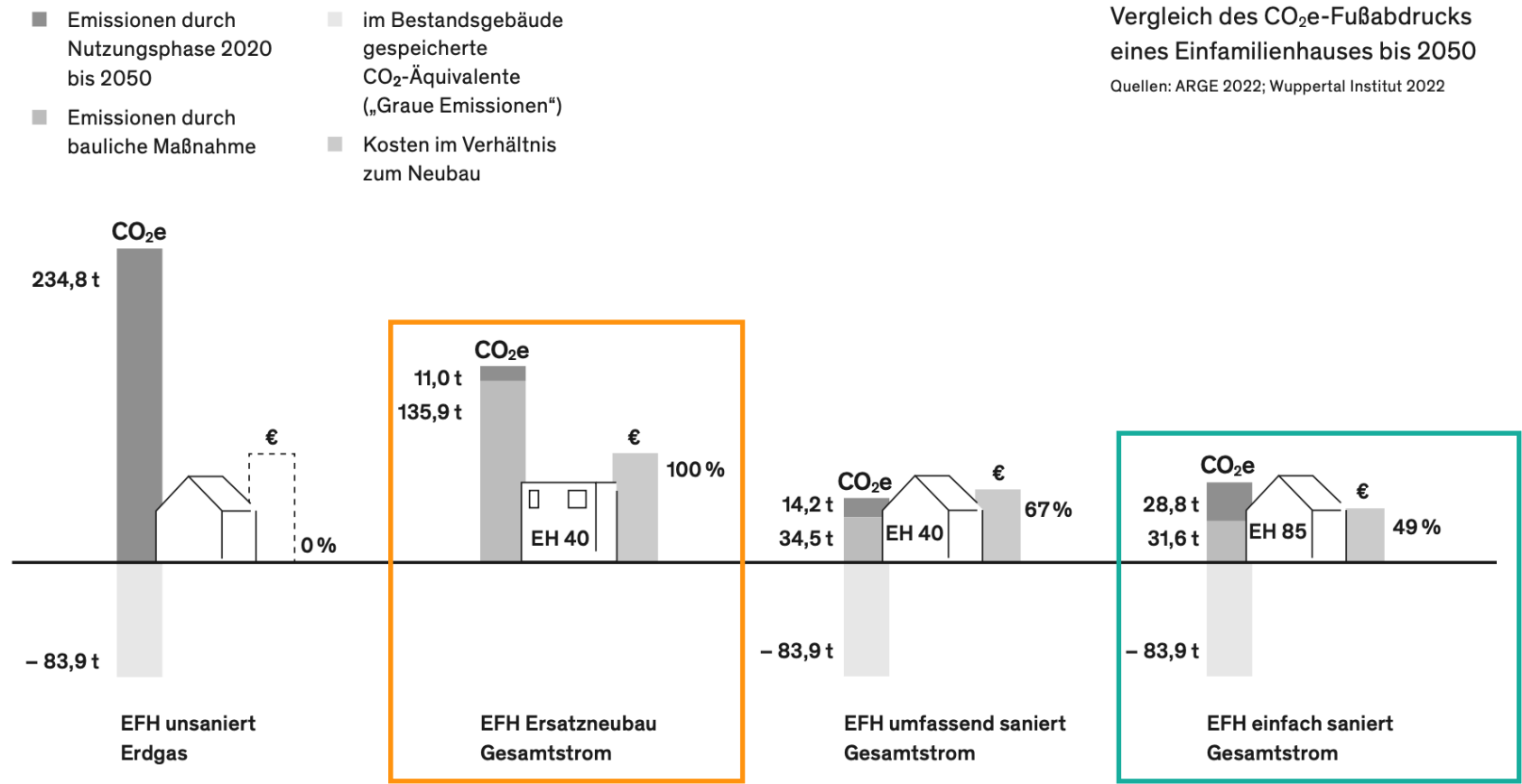
wenn sie

Systeme zur Förderung der Wiederverwendung und Reparatur unterstützen (...)

Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 20 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist, Abruf: 27.01.2022

RESSOURCENSCHONUNG
RESSOURCENUNABHÄNGIGKEIT
ABFALLVERMEIDUNG

UNSER ZUKUNFTSKONTEXT:
BESTANDSERHALT VOR NEUBAU : THG-FUSSABDRUCK UND KOSTENEFFIZIENZ

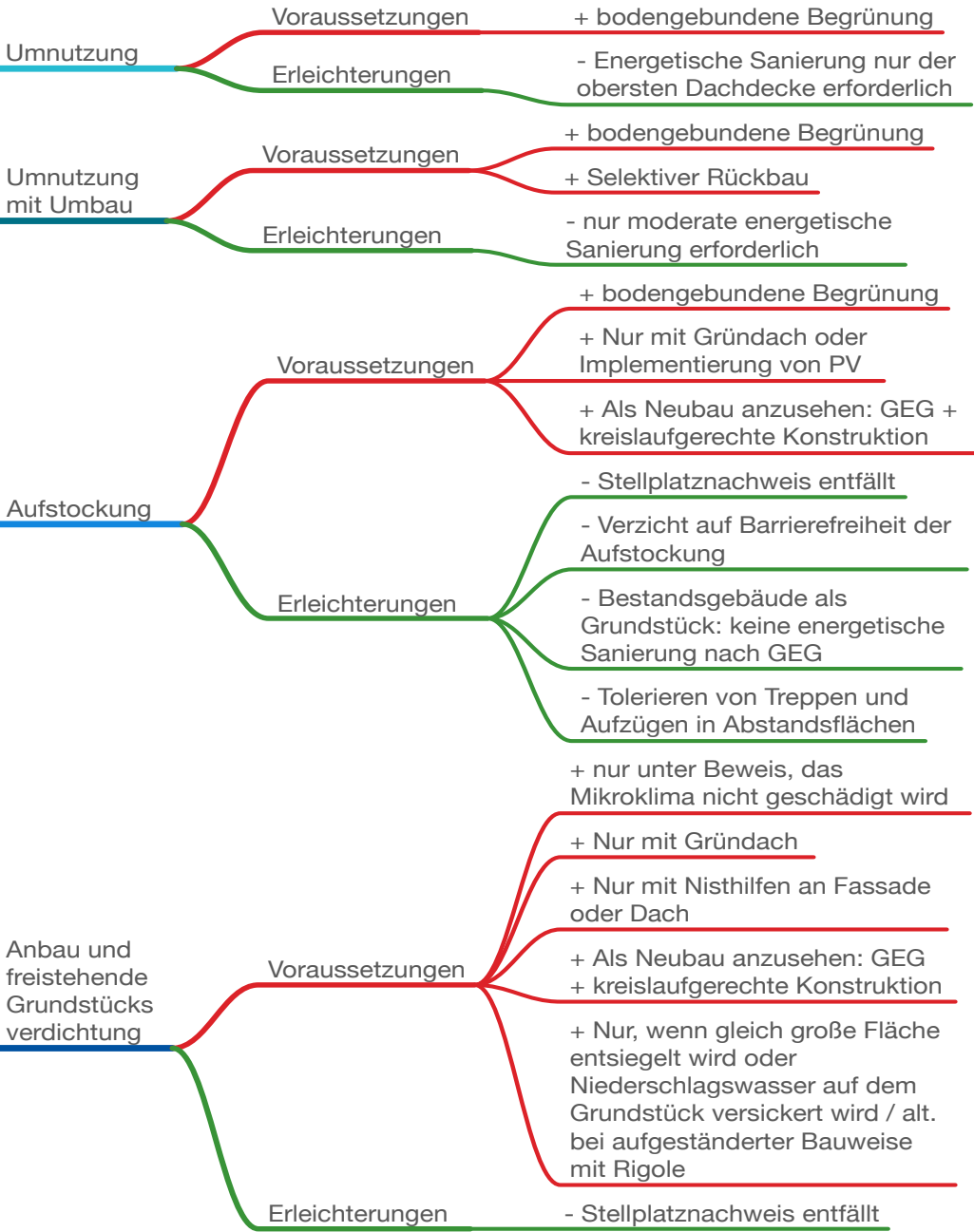


VORRANG FÜR
BESTANDSWEITERNUTZUNG !

Bauen im und mit Bestand

Priorisierung nach
Flächen- und
Ressourcenschutz:
Forderungen und
Förderungen

VORRANG FÜR BESTANDSERHALT !
VEREINFACHUNGEN FÜR UMNUTZUNG,
UMBAU, AUSTOCKUNGEN



UNIV.-PROF.
ANNETTE HILLEBRANDT
ARCHITEKTIN BDA

KREISLÄUFE SCHLIESSEN FÜR DIE BAUWENDE !



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL



Abb.: www.tagesschau.de