



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Prof. Annette
Hillebrandt

brüel

ACHIKON 2018

Kreisläufe

Material als Ressource



... WO WIR
GESTARTET
SIND:
BAUKULTUR !



Fotos: C. Richters



Architektur: M. Schneider A.Hillebrandt: „Mäander“ Schule Warendorf, Foto: C. Richters



Foto: M. Schneider A. Hillebrandt Architektur



Architektur M. Schneider A. Hillebrandt Architektur „Burgensemble Wissem“, Foto: C. Gollhardt



Foto: C. Gollhardt

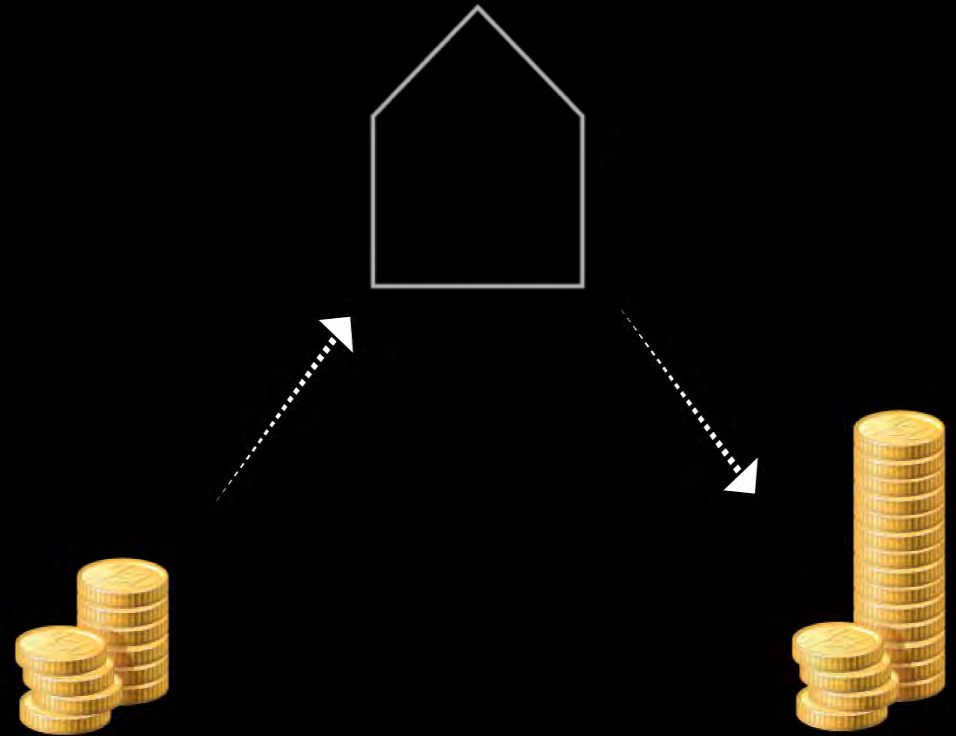
Fotos: M. Schneider A. Hillebrandt Architektur





Architektur: M. Schneider A. Hillebrandt Architektur „Burgensemble Wissem“, Foto: C. Gollhardt

... UND:
IMMOBILIE
ALS
WERTANLAGE!



...
IMMOBILIE
ALS
WERTANLAGE?

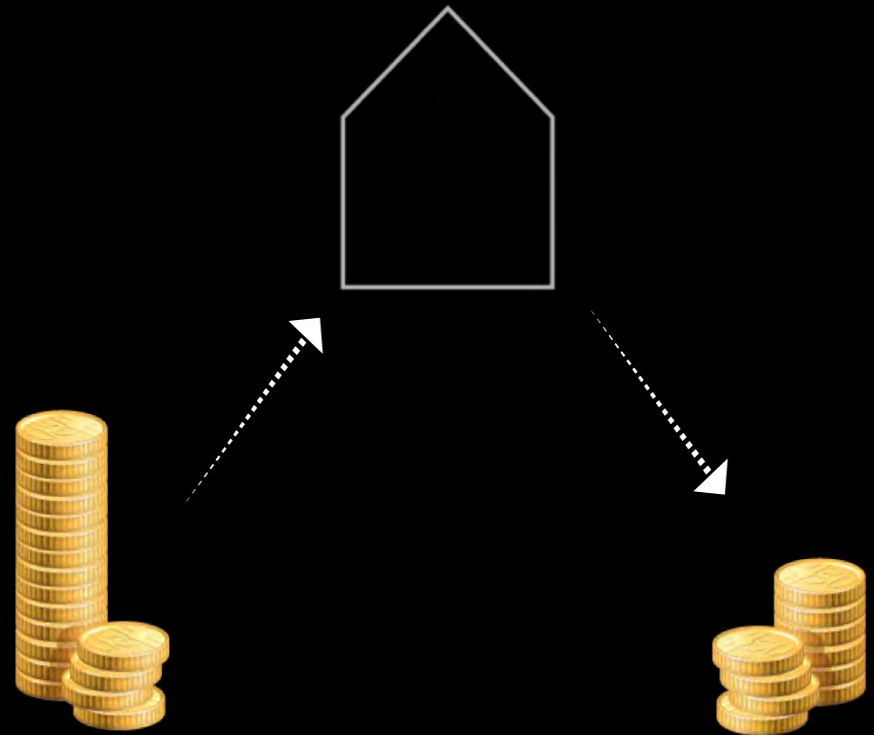




Foto: TEAMH | brandt

Bauen im **vorindustriellen** Zeitalter

Wiederverwendung von Bauteilen

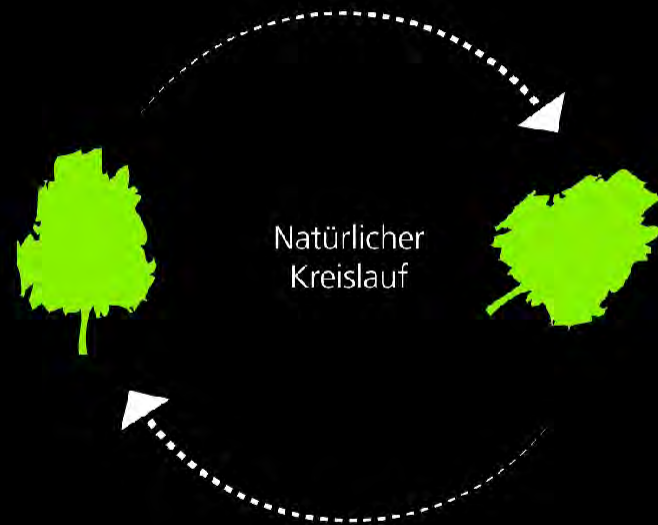


Fotos: TEAMHillebrandt



Bauen im **vorindustriellen** Zeitalter

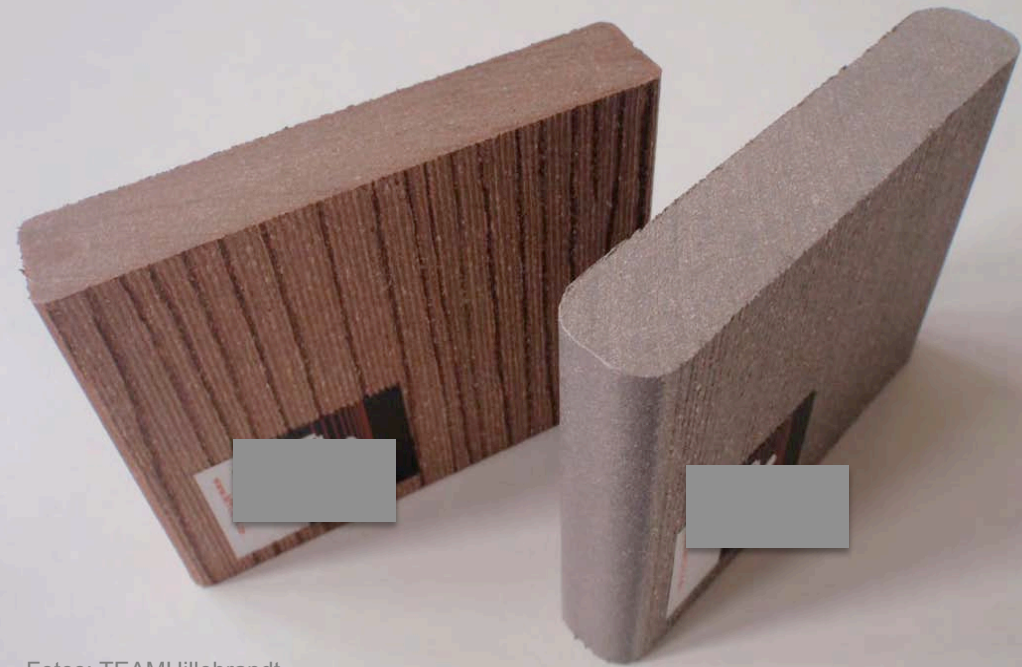
Verrottung oder Vererdung von Baumaterialien



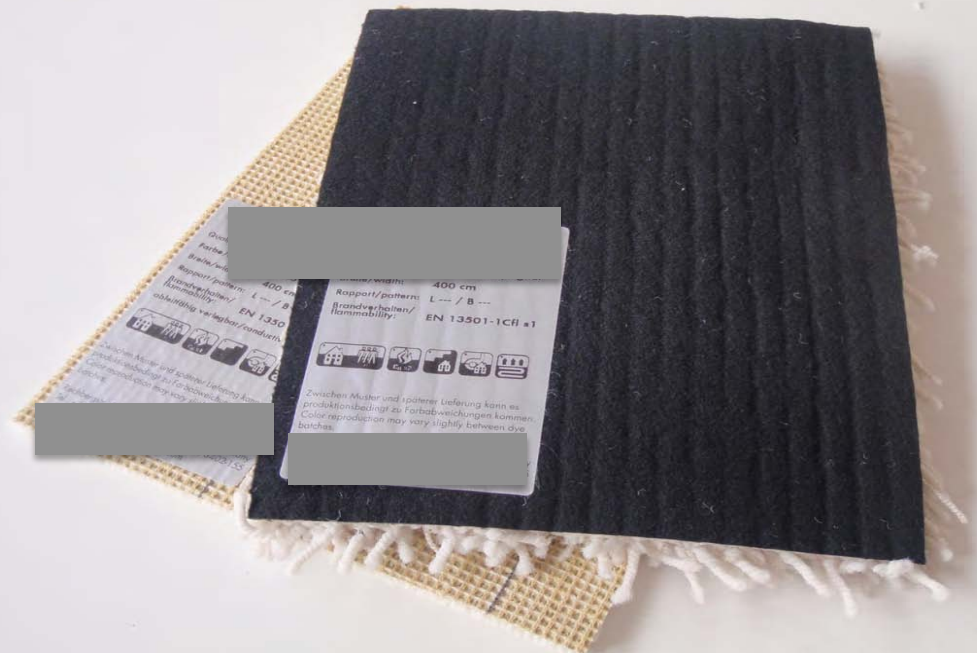
Bauen im **industriellen** Zeitalter

Wiederverwendung von Bauteilen ???

Verrottung oder Vererdung von Baumaterialien ???



Fotos: TEAMHillebrandt



- Chemikalien
 - Registrierung
 - Evaluierung
 - Zulassung / Beschränkung
 - Arbeitshilfen
 - Gutachten / Forschungsprojekte
 - Rechtliches
 - Veranstaltungen
 - Glossar
 - Links
- Google Benutzerdefinierte Such >>

Umweltschädliches Flammschutzmittel HBCD darf weiter verwendet werden

Die Chemikalie Hexabromcyclododecan (HBCD) verzögert die Entflammbarkeit bei entzündlichen Materialien. Wegen seiner umweltschädlichen Eigenschaften steht HBCD allerdings schon seit Jahren im Fokus der Behörden. Um den weiteren Eintrag in die Umwelt zu verhindern, verbietet das Stockholmer Übereinkommen zu langlebigen organischen Schadstoffen die Verwendung von HBCD seit November 2014. Die chemische Industrie hat bereits eine marktreife Alternative zu HBCD entwickelt – dennoch nimmt die EU-Kommission eine Ausnahme des Abkommens in Anspruch und hat die weitere Verwendung von HBCD in Dämmmaterialien zugelassen.

HBCD wird überwiegend in Polystyrol-Dämmstoffen zur Gebäudedämmung verwendet. Auch eingesetzt wird der Stoff in Textil-Beschichtungen und in Kunststoffgehäusen von elektrischen und elektronischen Geräten (z.B. Stereoanlagen). HBCD sorgt im Falle eines Brandes dafür, dass sich der Brandherd langsamer entwickelt.

Doch HBCD ist umweltschädlich, weil der PBT-Stoff gleichzeitig langlebig (persistent) ist, sich in Organismen anreichert (bioakkumulierend) und fortpflanzungsschädigende Eigenschaften (toxisch) hat. HBCD wird mittlerweile häufig in der Umwelt nachgewiesen – auch in entlegenen Regionen.

Wegen dieser Eigenschaften hat die EU HBCD bereits 2008 in die Liste der besonders besorgniserregenden Stoffe aufgenommen. Für diese Stoffe fordert die EU-Chemikalienverordnung REACH eine Zulassungspflicht. 2013 wurde der Stoff auch weltweit als langlebiger organischer Schadstoff (POP) nach dem Stockholmer Übereinkommen eingestuft. Seit November 2014 gilt weltweit ein Herstellungs- und Verwendungsverbot.



HBCD in Dämmstoffen aus Polystyrol werden verboten
Quelle: Kara / Fotolia.com

Quelle der Abbildung: vgl. Abbildung

STATE OF THE ART ???

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.*

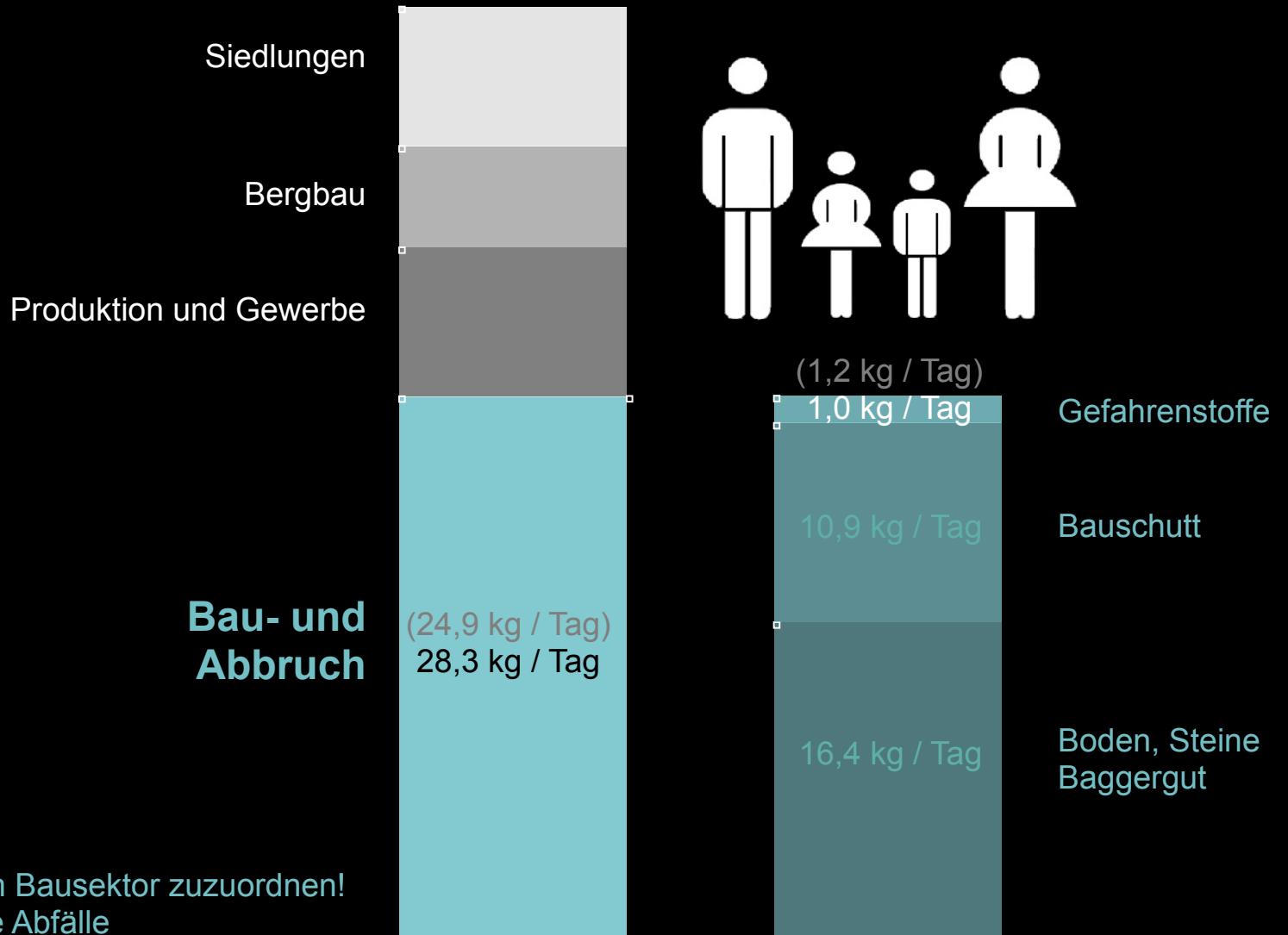
* Kreislaufwirtschaftsgesetz, Teil 3, § 25

VERBRAUCHER-
SCHUTZ
DURCH
HERSTELLER-
RÜCKNAHME-
GARANTIE!

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

ABFALLVERMEIDUNG
UND
UMWELTSCHUTZ
DURCH
PRODUKTVERANT-
WORTUNG!



52 % aller Abfälle sind dem Bausektor zuzuordnen!
 3,6 % davon als gefährliche Abfälle

Grafik: M. Schneider nach Abfallbilanz Destatis 2014, Stand 20.05.2017
 (Klammerwerte 2004)

RECYCLING

magazin

Trends, Analysen, Meinungen
und Fakten zur Kreislaufwirtschaft



Es wird eng

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

Abwasser Deutsche Technik ist weltweit gefragt E-Schrott Was bringt das ElektroG?
NE-Metalle Die Märkte entspannen sich Alttextilien Das Adler-Urteil stärkt die
Produktverantwortung Aktenvernichtung Mit Qualitätssiegel zu mehr Sicherheit
Abfallvermeidung Kreislaufprojekt für Laptops Polen Nachholbedarf beim Recycling

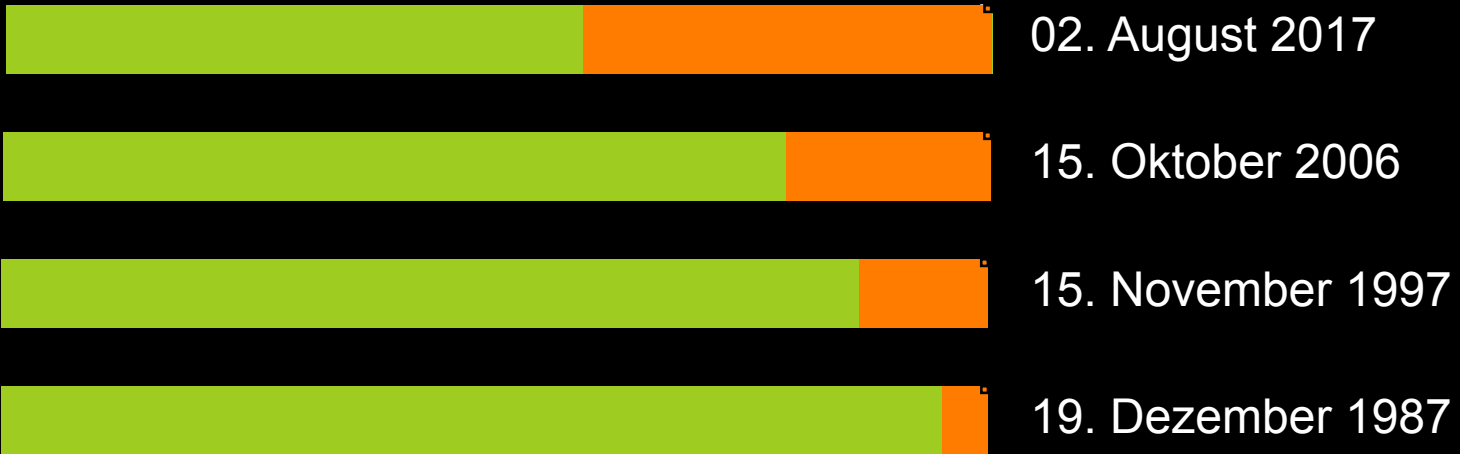
Das „Abfallpaket“ des Europaparlamentes
enthält eine Richtlinie,
nach der bis zum Jahr 2030
nur noch für höchstens 5% aller Abfälle
Deponien zur Verfügung stehen sollen.*

* „Ehrgeiziges Abfallpaket auf den Weg gebracht /
Europäisches Parlament stimmt für höhere Recyclingziele“
Bundesumweltportal. de, veröffentlicht am 14.04.2017

VERBRAUCHER-
AUFKLÄRUNG
END-OF-LIFE-
KOSTEN !

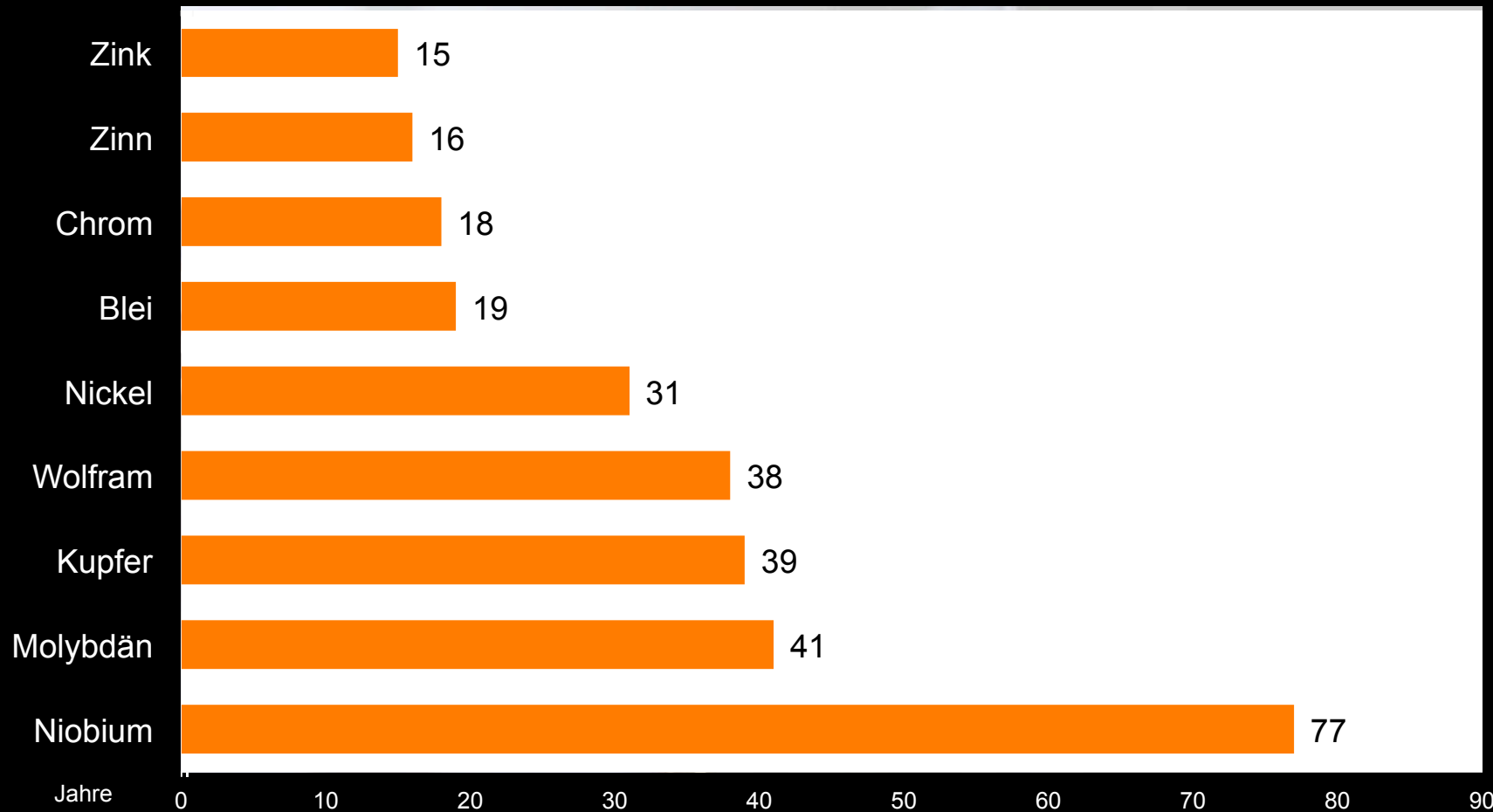
Earth Overshootday

Globaler Weltschuldentag.



Inhalte: <http://www.overshootday.org>, Abfrage vom 9.9.2017, Grafik: m.schneider a.hillebrandt architektur

Reichweite ausgewählter Metalle (Reserven)



Quelle: U.S. Geological Survey 2016

Deutschland verfügt über ein anthropogenes Lager
von über 50 Mrd. t Materialien:
teilweise in **Gütern** enthalten, teilweise in **Abfällen**.
Es wächst jährlich um 10t / Einwohner.*

* UBA, Pressemitteilung Nr. 30 vom 6.9.2017

Bau- und Abbruchabfälle 2013 (einschließlich Straßenaufbruch, nicht gefährlich)

Gesamt: 195,2 Millionen Tonnen, davon:

176,4 Millionen Tonnen
Verwertung

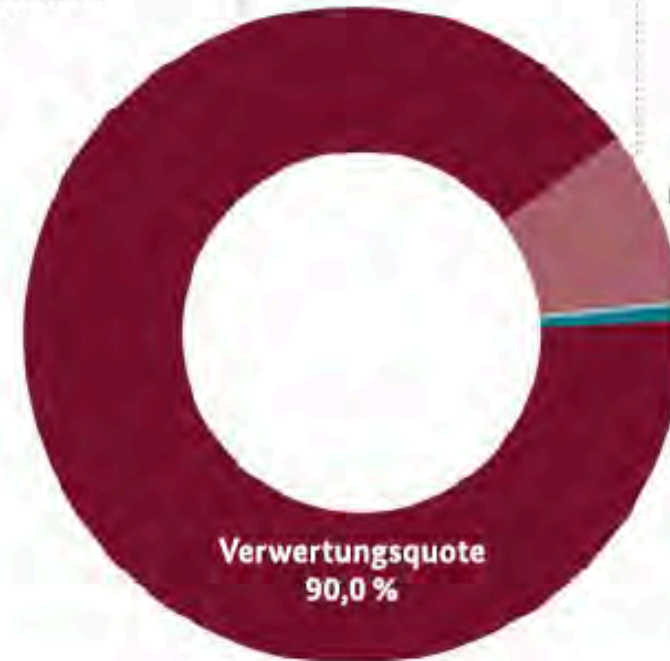
Stoffliche
Verwertung
175,2 Millionen
Tonnen

16,7 Millionen Tonnen
Beseitigung

Deponie
18,6 Millionen
Tonnen

Verbrennung
und Behandlung
0,28 Millionen
Tonnen

Energetische
Verwertung
1,2 Millionen
Tonnen



Verwertungsquote
90,0 %

90% Verwertung?

Grafik: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau- und Reaktorsicherheit, BMUB: abfallwirtschaft_2016.pdf

Quelle: Statistisches Bundesamt 2015, eigene Berechnung



Größtenteils Downcycling !

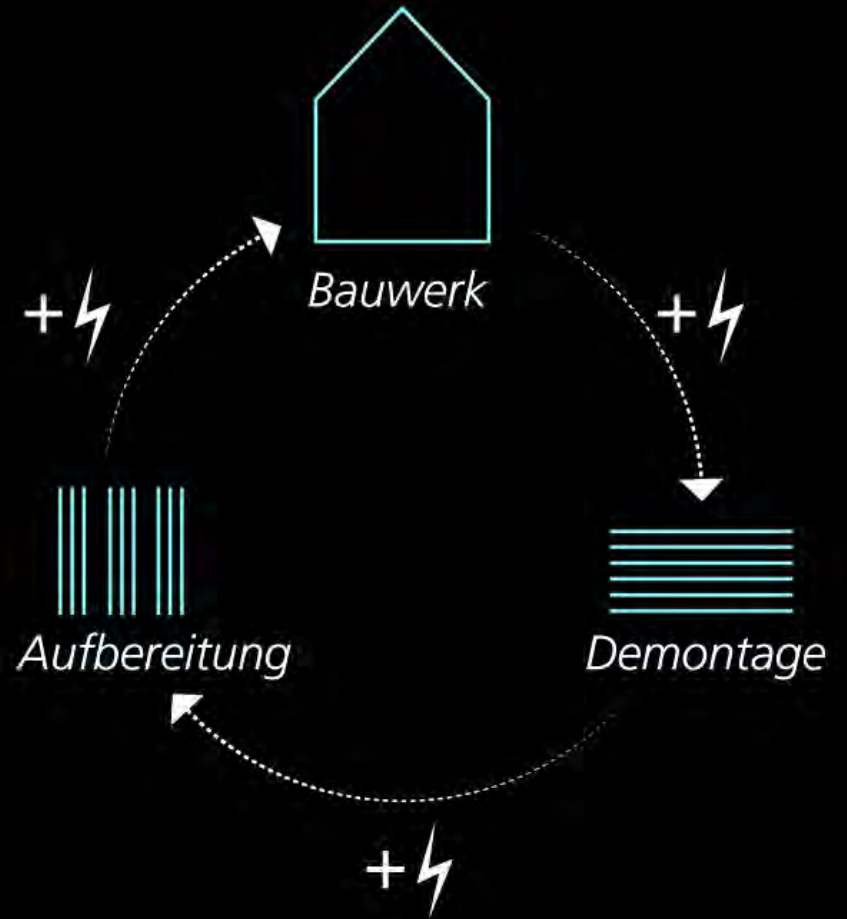
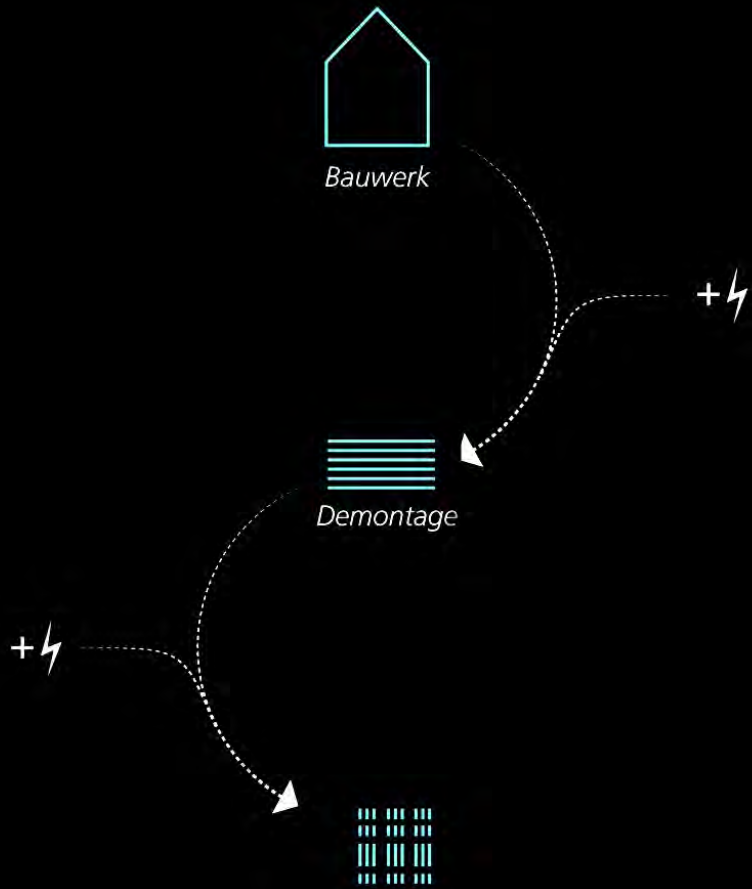


Remondis Münster
Fotos: TEAMHillebrandt

Die den offiziellen Statistiken zu entnehmenden Recyclingquoten sind irreführend, denn sie beziehen sich auf den Anlageninput. D.h. sie beinhalten z.B. auch Stoffe, die anschließend der thermischen Verwertung zugeführt werden, Stoffe, die der Verfüllung dienen und zu beseitigende Rest- oder Störstoffe. *

* Statistisches Bundesamt Abfallstatistik 2014, Wiesbaden 2016





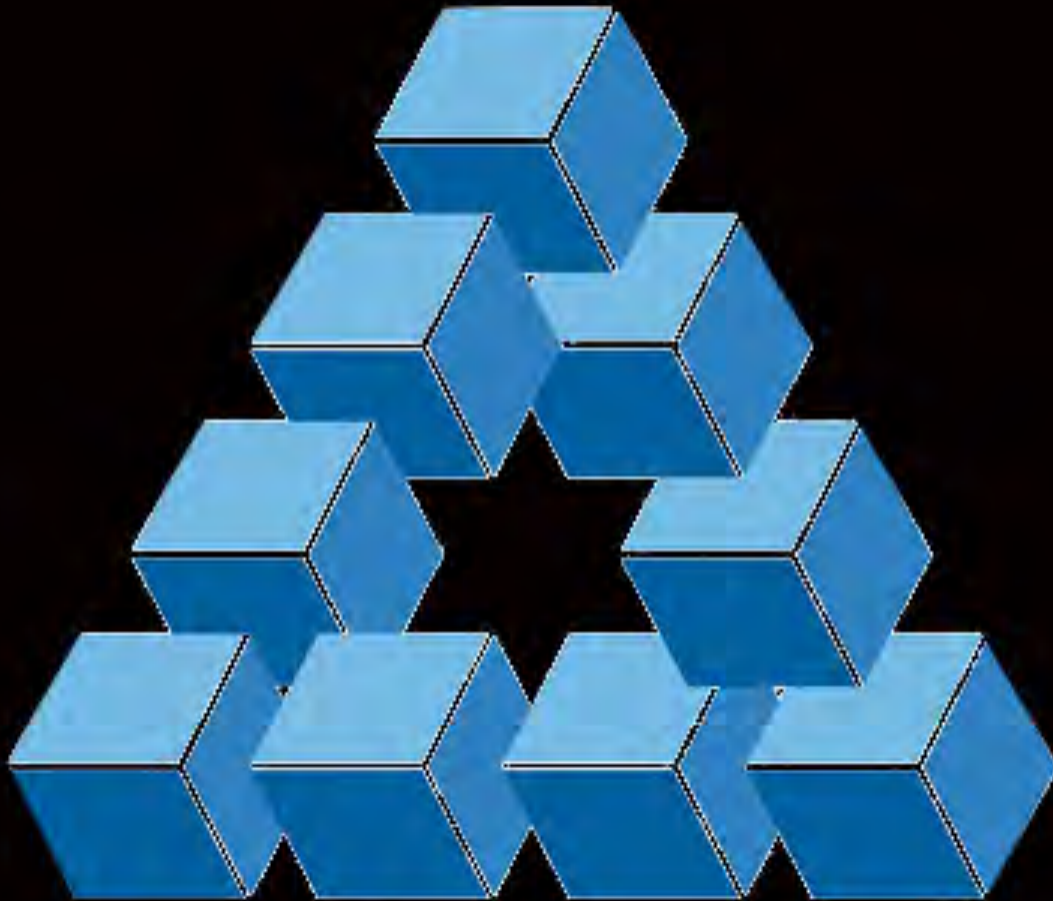
Grafiken und Inhalte: A. Hillebrandt-Düllmann+Lüffe

MATERIALWENDE!
ECHTE KREISLAUFWIRTSCHAFT!

Sri Lanka 2015
Foto: TEAMHillebrandt

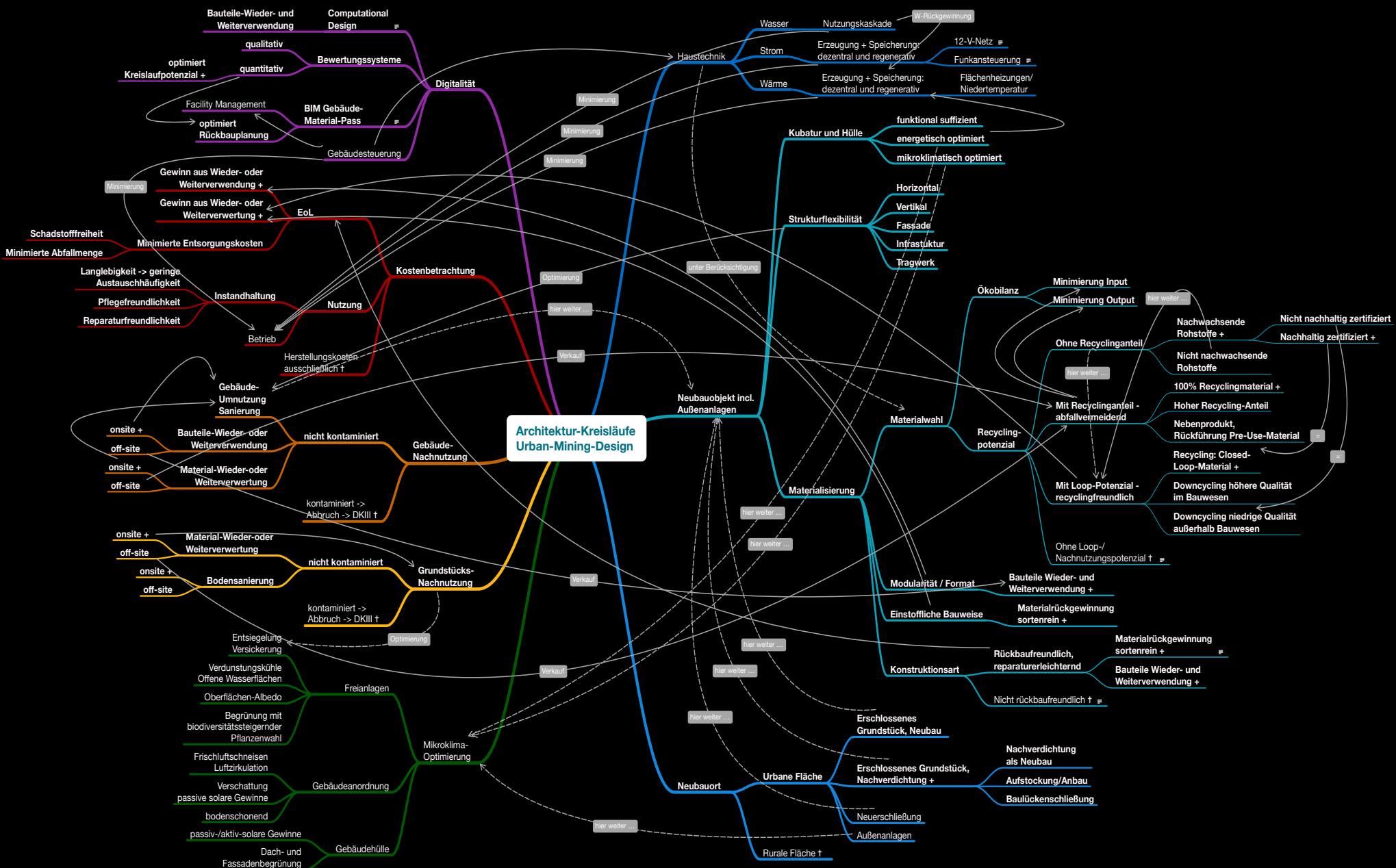


MÜLL
IST EIN
DESIGN-
FEHLER!



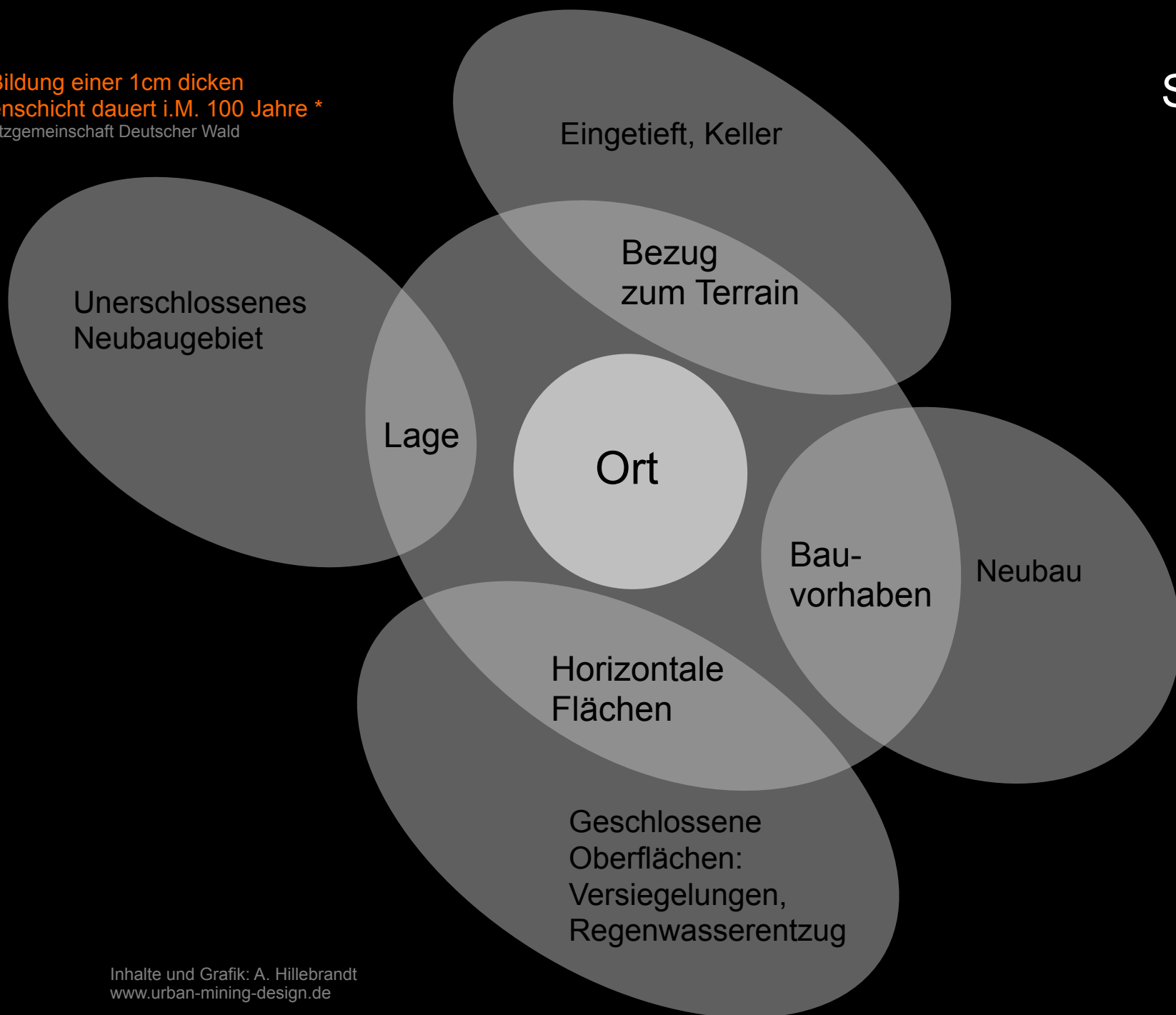
VOM ENDE HER
DENKEN ...

URBAN
MINING
DESIGN!

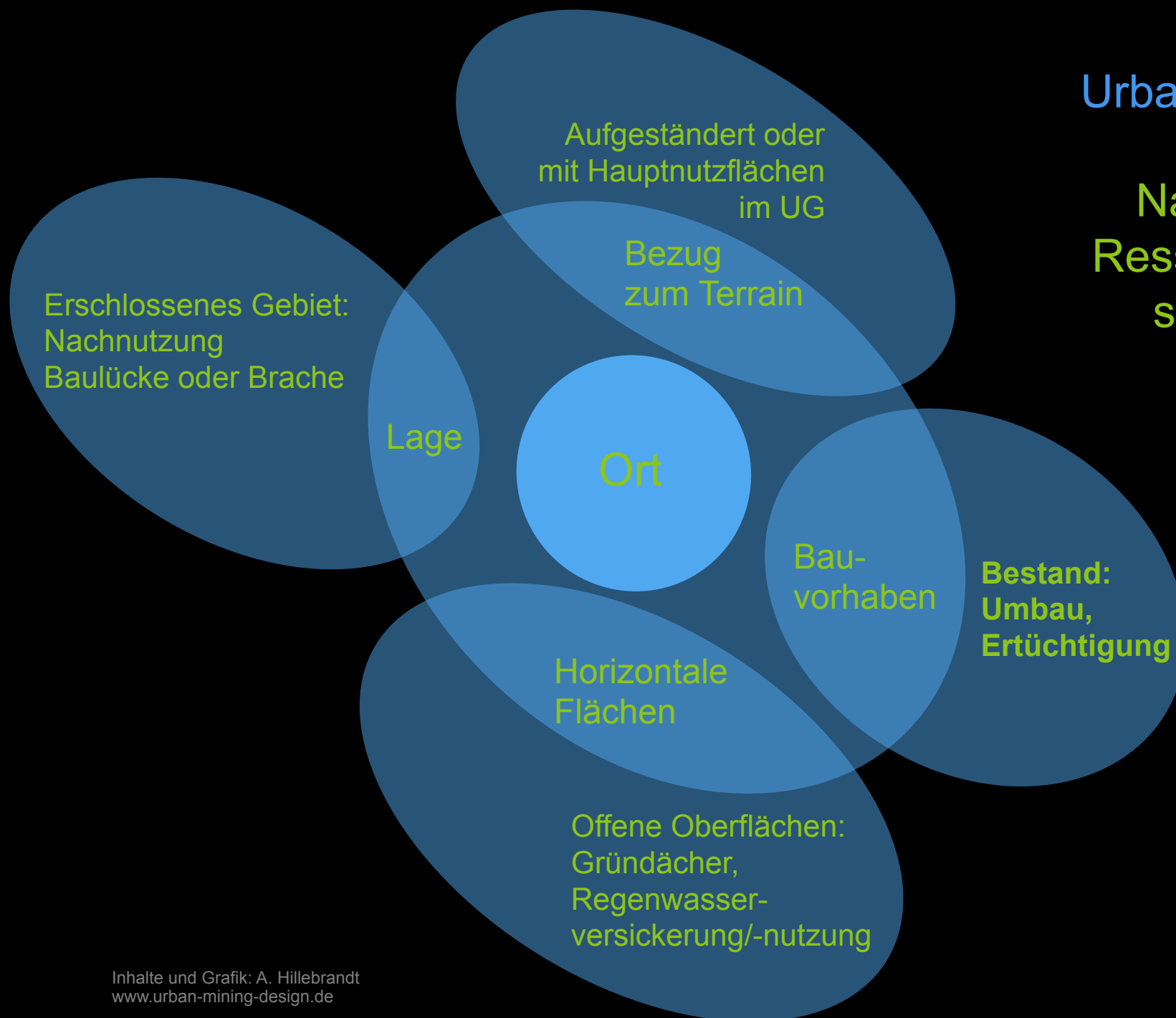


Die Bildung einer 1cm dicken
Bodenschicht dauert i.M. 100 Jahre *
* Schutzgemeinschaft Deutscher Wald

Standard



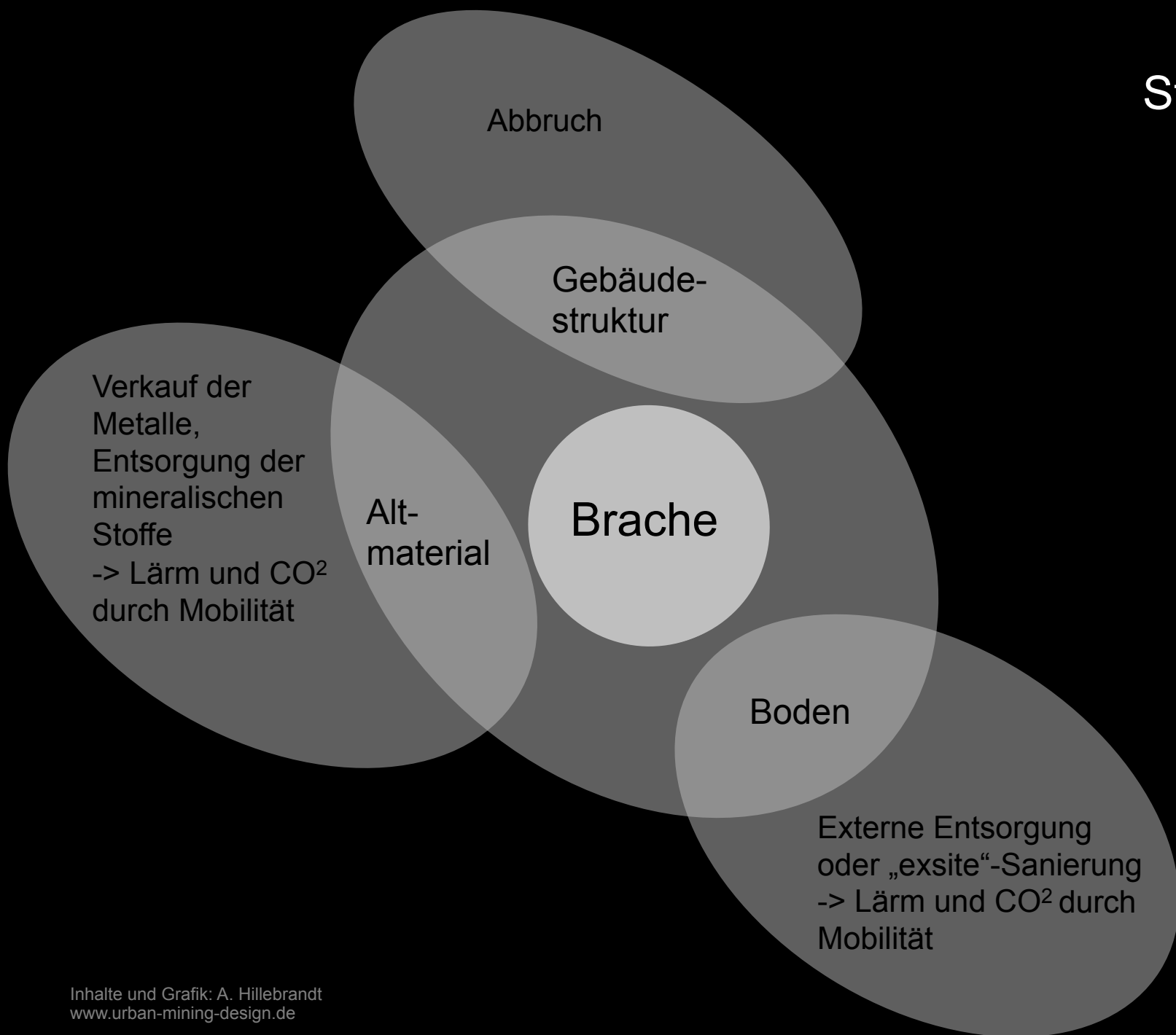
Urban Mining Design Natur- und Ressourcen- schonung



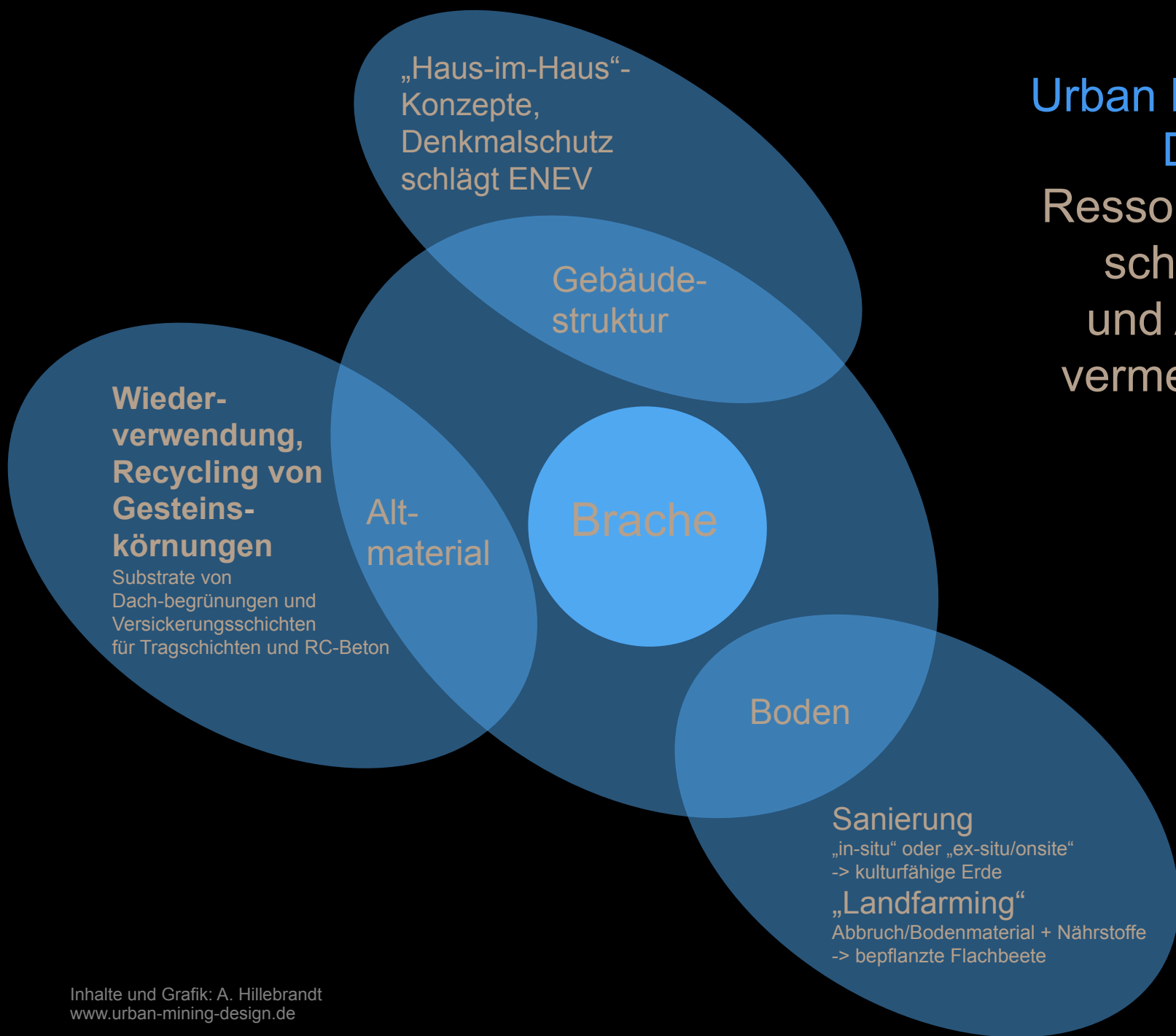


**Bestand –
Umbau, Ertüchtigung**

Weiternutzung,
Umnutzung
„Re-Use“



Urban Mining Design Ressourcen- schonung und Abfall- vermeidung





Romm Umweltorientierte Bauabwicklung Wien
Foto: Aspern Development AG

**Wiederverwendung,
Recycling von Gesteinskörnungen**
Brache, Nachnutzung, Flächenrecycling

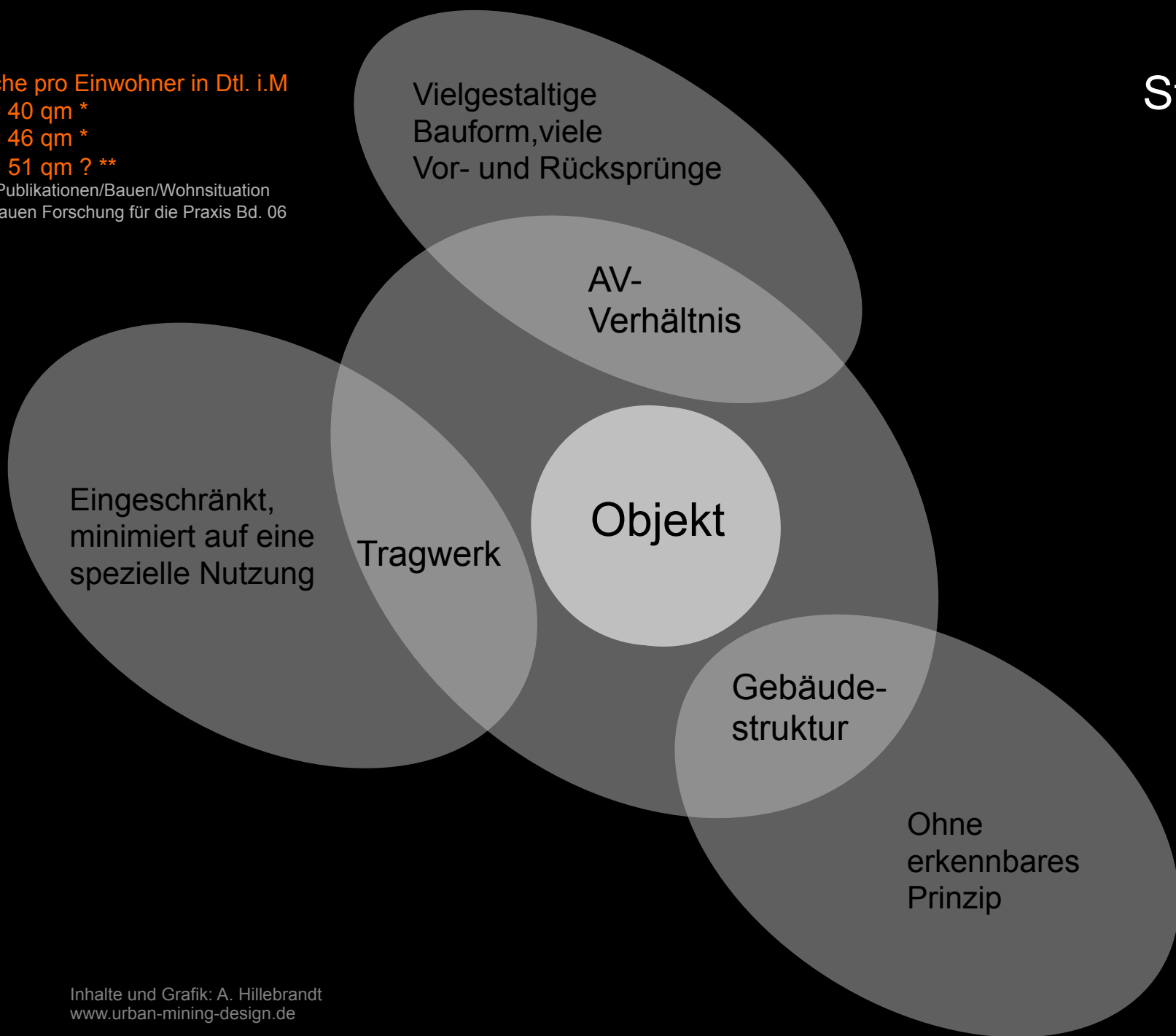
Onsite-Recycling

Standard

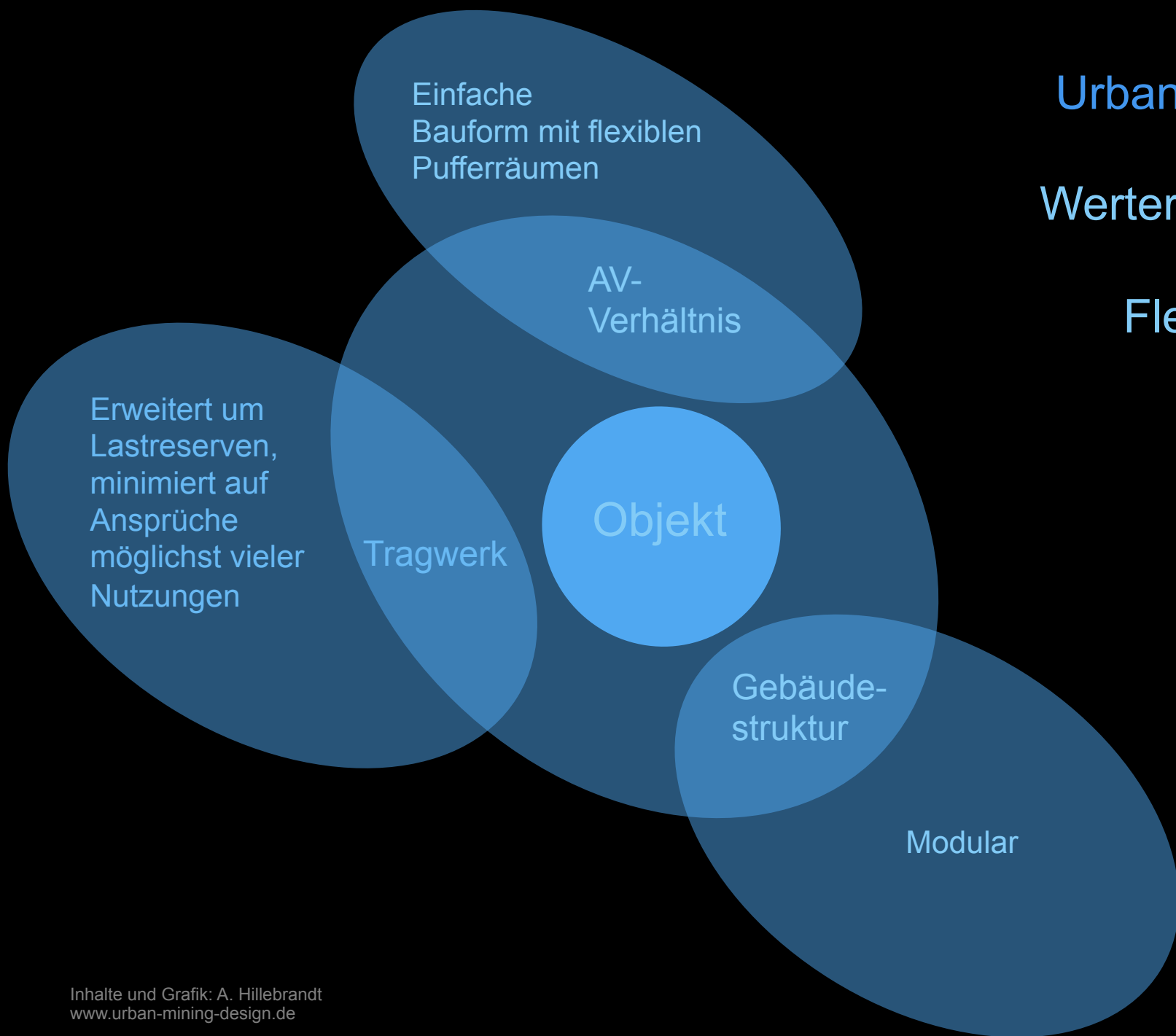
Wohnfläche pro Einwohner in Dtl. i.M
in 2000 = 40 qm *
in 2016 = 46 qm *
in 2050 = 51 qm ? **

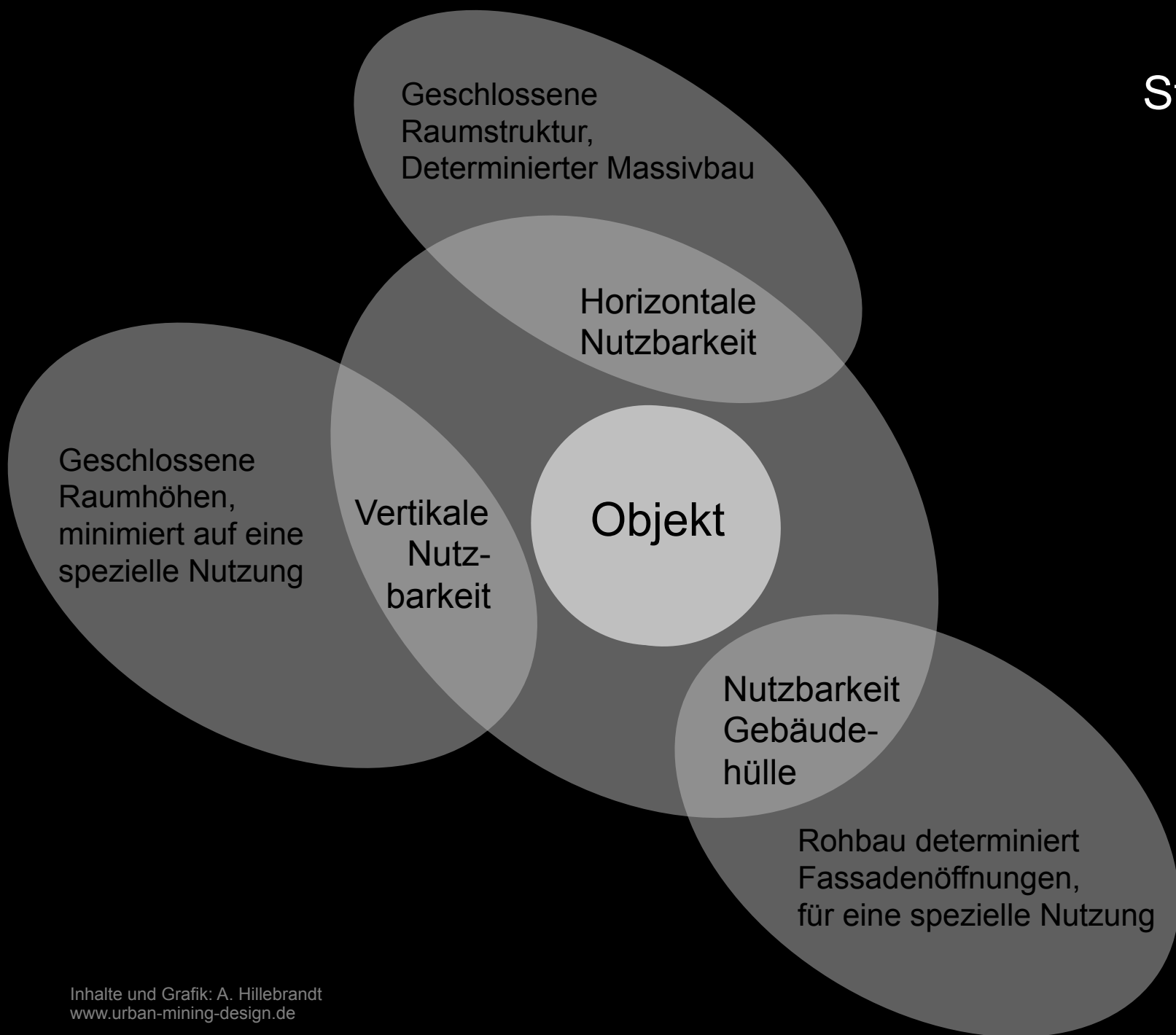
* Destatis, Publikationen/Bauen/Wohnsituation

** Zukunft Bauen Forschung für die Praxis Bd. 06



Urban Mining
Design
Werterhaltung
durch
Flexibilität





Urban Mining
Design
Werterhaltung
durch
Flexibilität

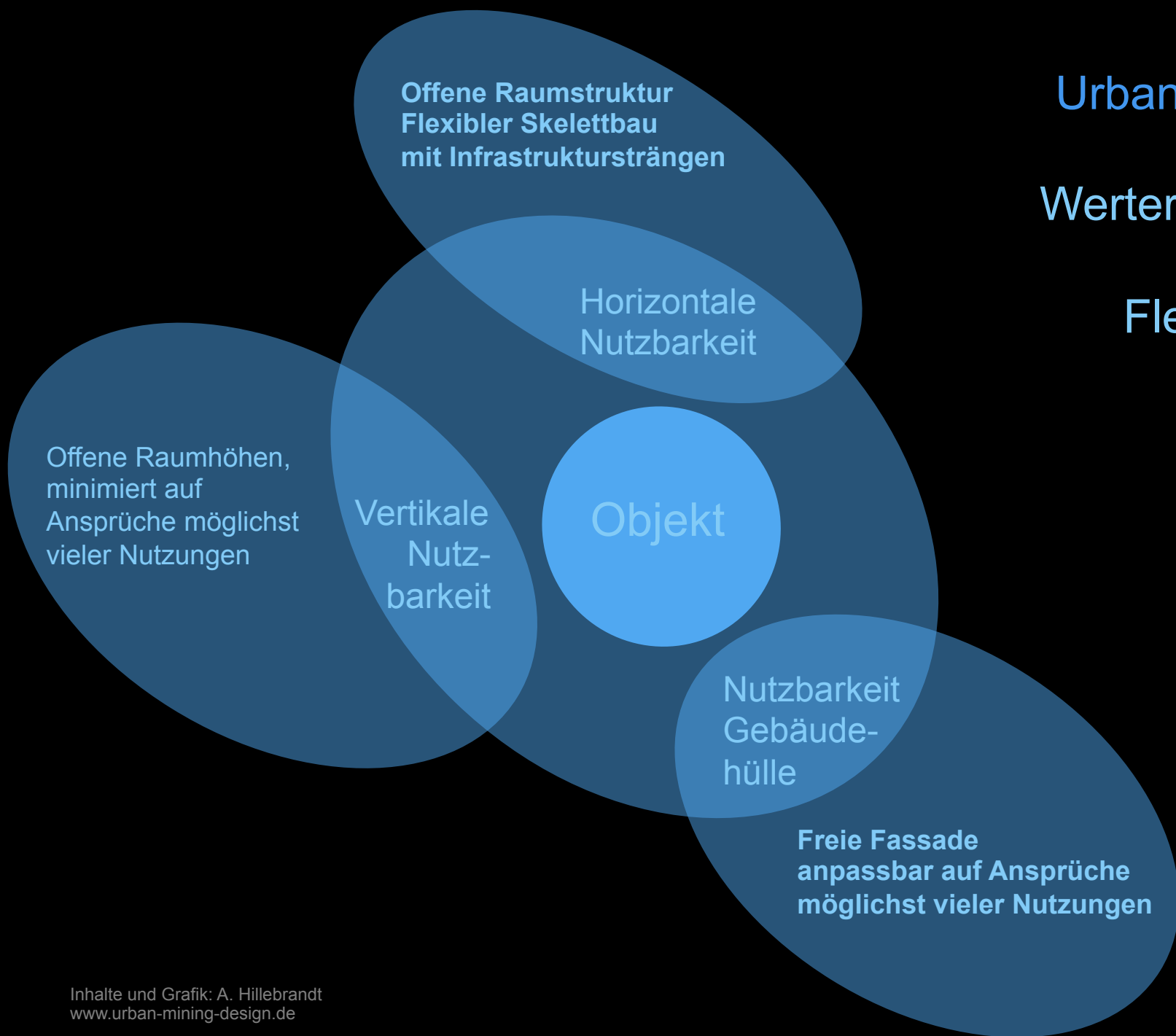




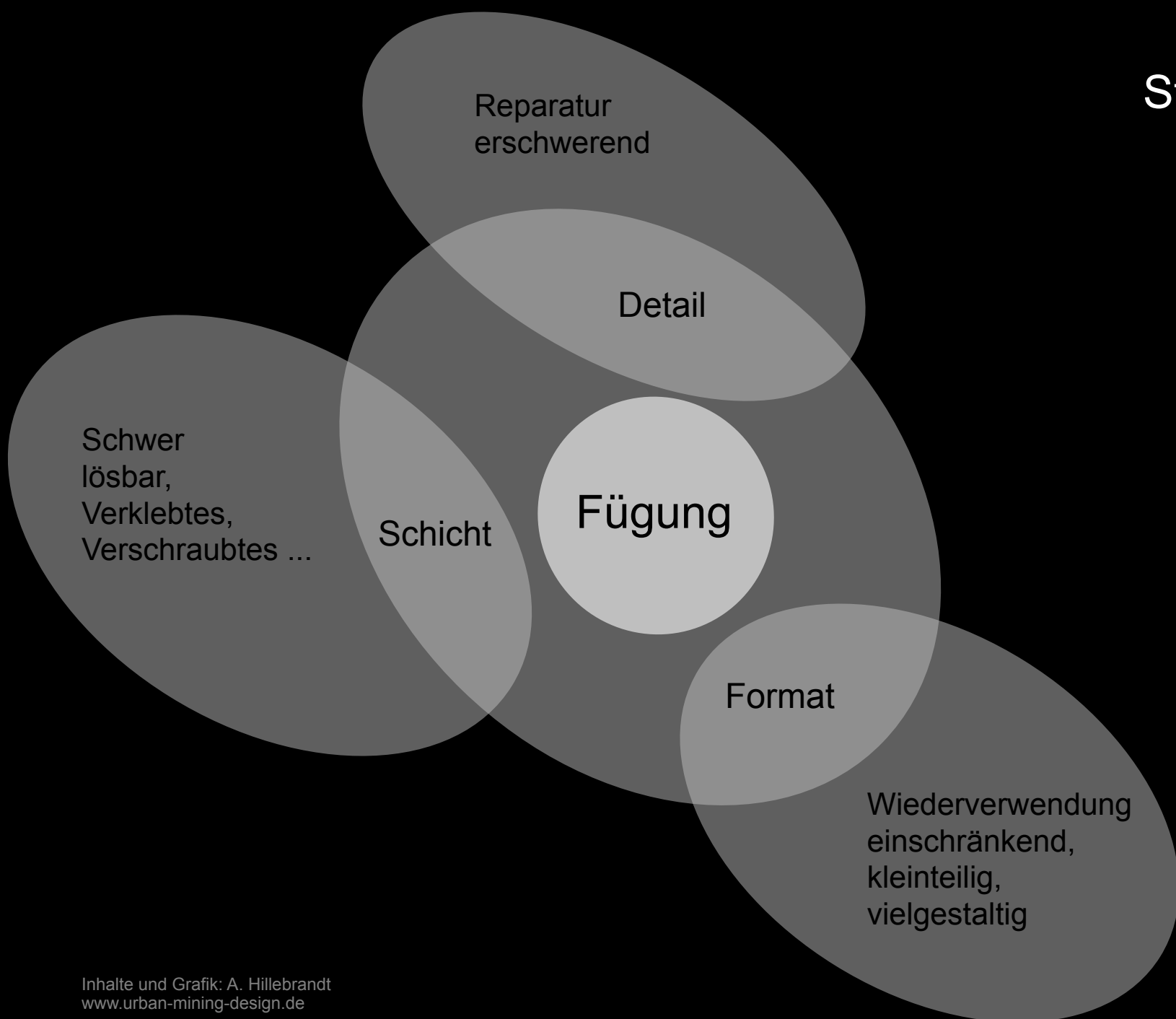
Foto: A. Hillebrandt



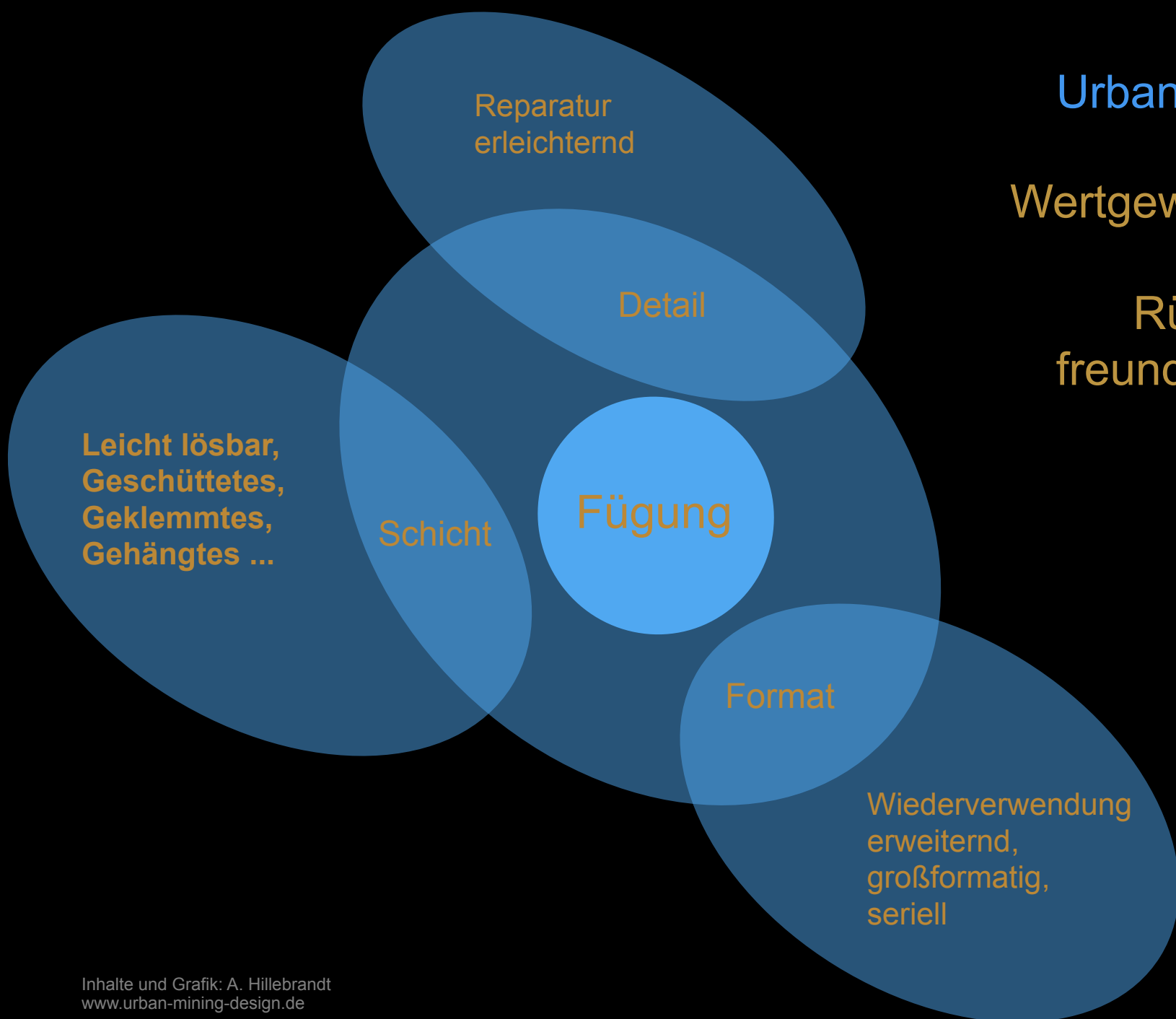
**Offene Raumstruktur
Flexibler Skelettbau
mit Infrastruktursträngenu
und
Freie Fassade
anpassbar auf Ansprüche
möglichst vieler Nutzungen**

Flexibilität
in Horizontalität,
modularer Gebäudestruktur
und freier Fassade

Standard

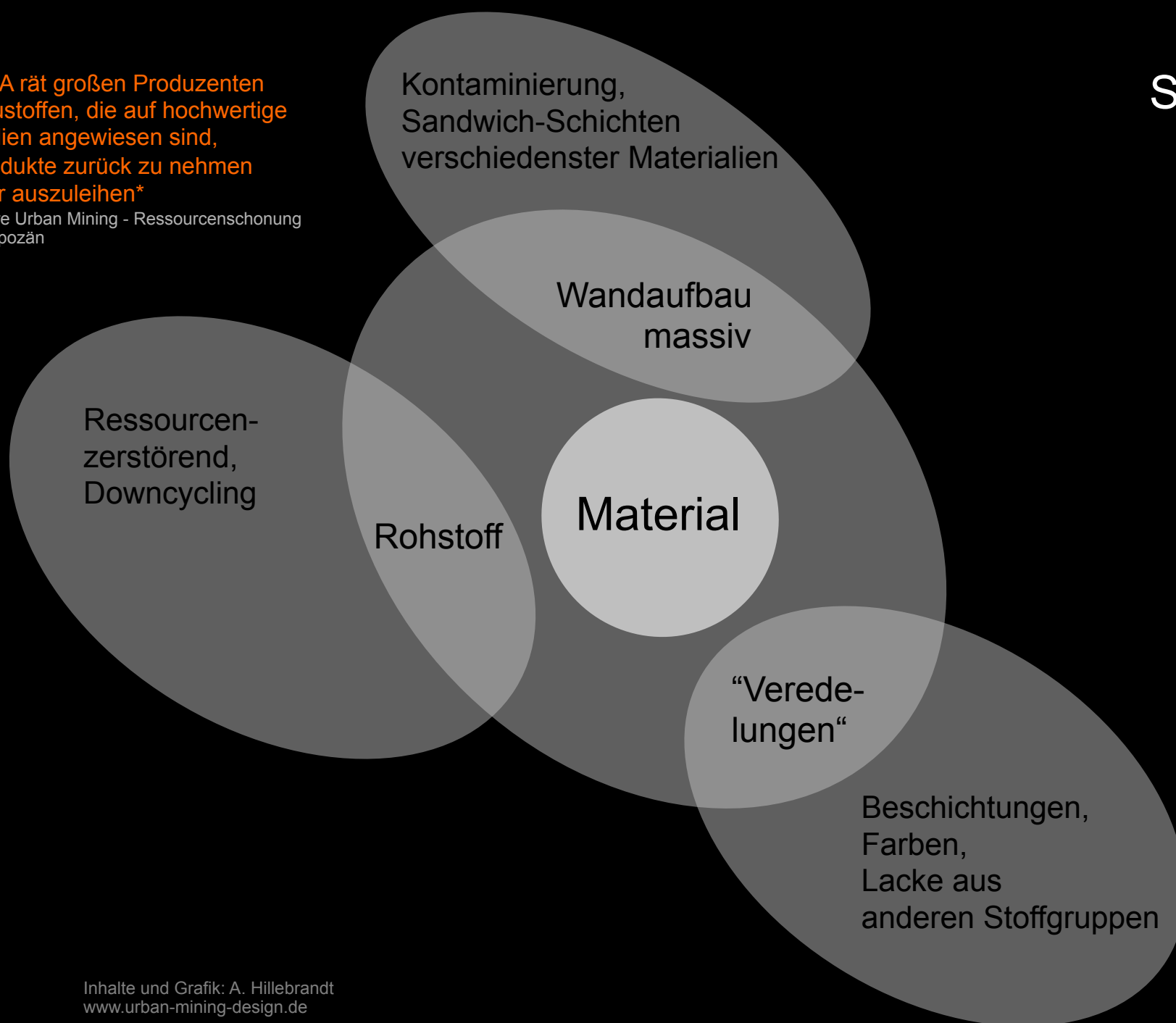


Urban Mining
Design
Wertgewinnung
durch
Rückbau-
freundlichkeit

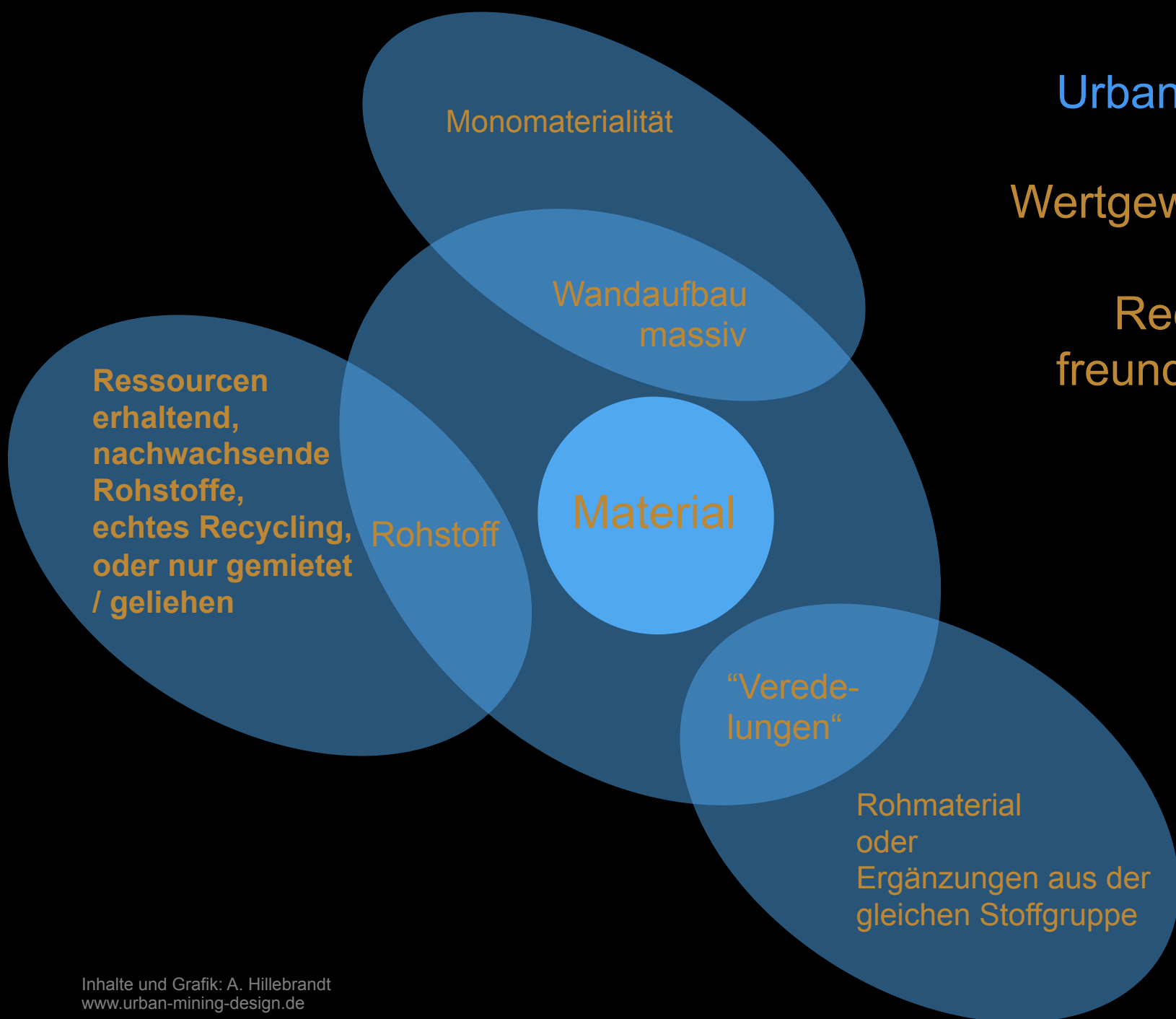


Das UBA rät großen Produzenten von Baustoffen, die auf hochwertige Materialien angewiesen sind, ihre Produkte zurück zu nehmen oder nur auszuleihen*

* Broschüre Urban Mining - Ressourcenschonung im Anthropozän

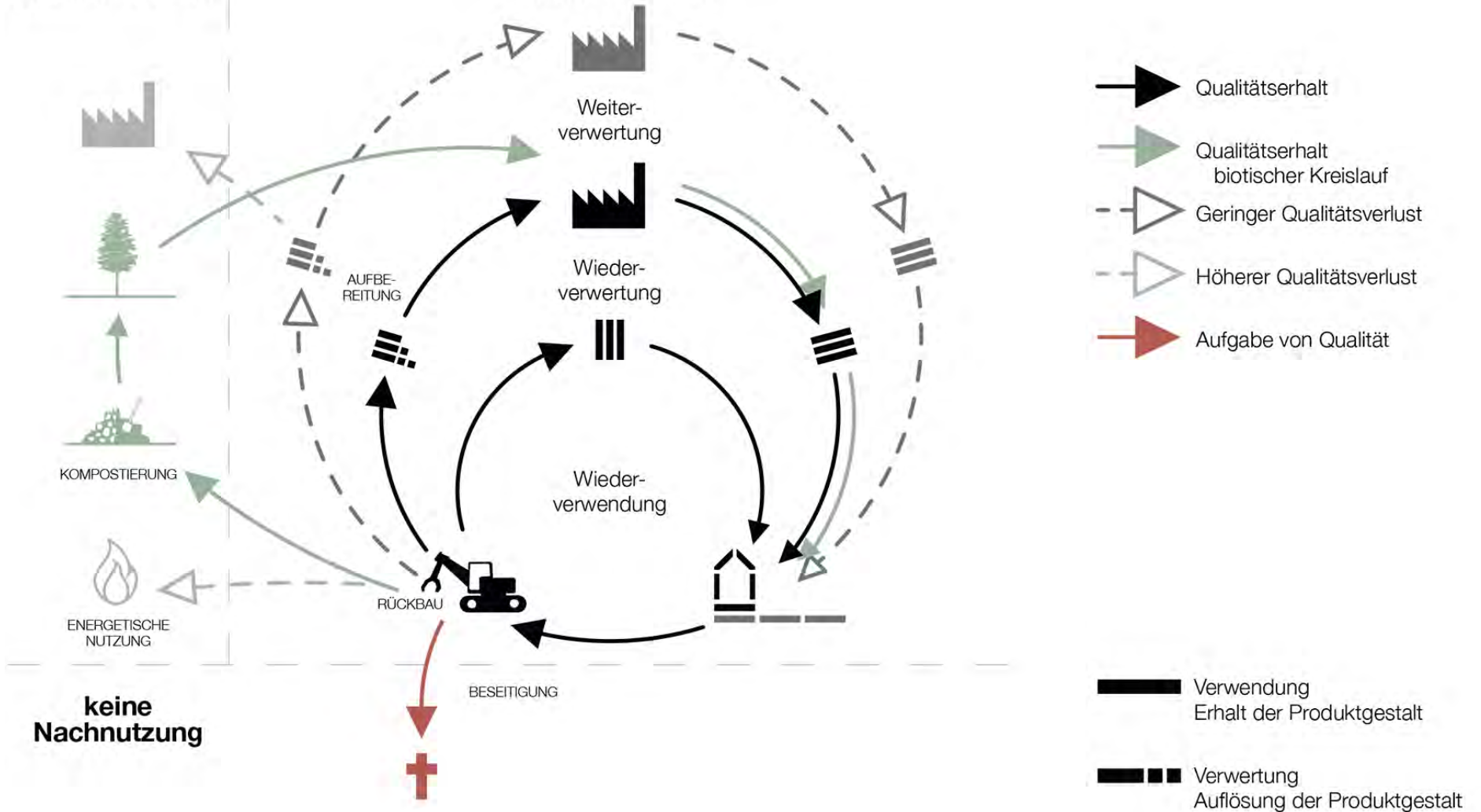


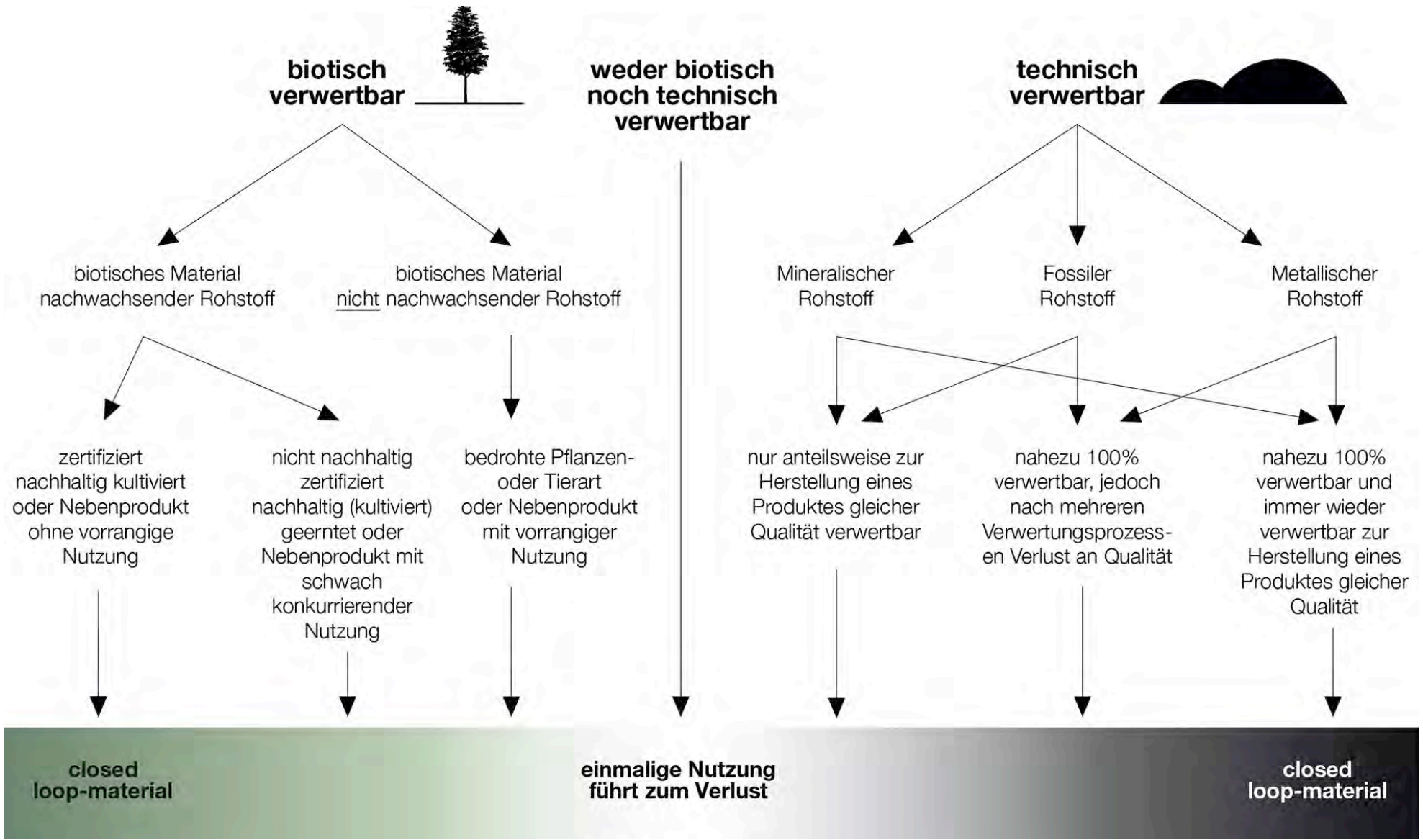
Urban Mining
Design
Wertgewinnung
durch
Recycling-
freundlichkeit



Außerhalb Hochbauwesens

Innerhalb Hochbauwesens

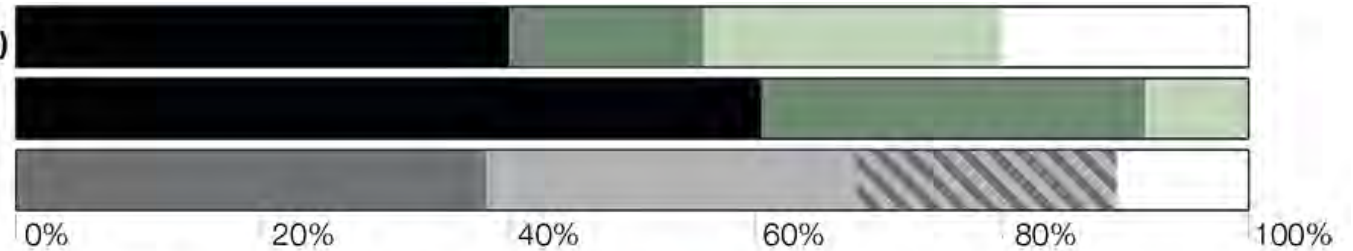




Material-Recycling-Content (MRC)

Material-Loop-Potential (MLP)

End of Life (EoL)



Wiederverwertung/ Recycling auf gleicher Qualitätsstufe



Weiterverwertung, Qualitätsstufe hoch / Downcycling im Bauwesen



Weiterverwertung, Qualitätsstufe niedrig / Downcycling außerhalb des Bauwesen



keine klare Trennung zwischen Qualitätsstufe hoch und niedrig möglich



Neumaterial auf Basis nachwachsender als nachhaltig zertifizierte Rohstoffe



Neumaterial auf Basis nachwachsender Rohstoffe



Neumaterial bzw. Beseitigung oder Verlust



Abbruchanlage
Foto: Daniela Haussmann

Datenquellen: „Erschließung der Ressourceneffizienzpotenziale im Bereich der Kreislaufwirtschaft Bau“, 2016, Endbericht, Prof. Anette Müller Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Zukunft Bauen, Forschung für die Praxis | Band 06 S. 21, 28-31
* gemessen am Gesamteinsatzvolumen an Gesteinskörnungen

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

Weiterverwertung: Downcycling

Wiederverwertung: Recycling



Stahlrecycling
Foto: Christoph Schuhknecht (Bauforum Stahl)

Stahl endet zu
99 % im Recycling
und besteht aktuell aus rund
70% Recyclingstahl

Datenquellen:
http://bauforumstahl.de/upload/publications/EPD_BFS_20130094_IBG1_DE+RC1.pdf
Download: 24.04.2017
<http://bauforumstahl.de/upload/documents/nachhaltigkeit/Sachstandsbericht.pdf>
Download: 02.01.2017



Hochalpen Holzbau in der Schweiz
Foto: TEAMHillebrandt



Peter Zumthor, Kapella Sogn Benedetg, Switzerland
Foto: TEAMHillebrandt

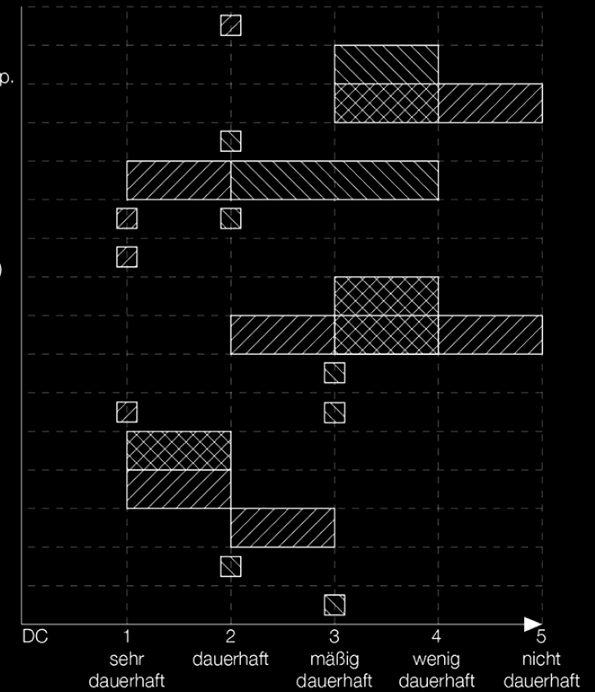
Lebensdauer gespaltener Lärchenschindeln > 50 Jahre
Roh, ohne Oberflächenbeschichtung!



Tragwerk, Fassade, Fensterrahmen:
Dauerhaftes Holz,
roh, ohne Oberflächenbeschichtung!

Baumart

- Blauer Eucalyptus (Galizien, ES)
- Contorta Kiefer+ Seestrandkiefer, europ.
- Douglasie, europ.
- Eibe
- Eiche
- Edelkastanie
- Eucalyptus x trabutii (kultiviert in Italien)
- Lärche, europ.
- Kiefer/Föhre
- Nussbaum
- Riesenlebensbaum (kultiviert in GB)
- Robinie
- Thermoholz (TMT) aus Laubholz*
- Thermoholz (TMT) aus Nadelholz*
- Zeder
- Zerreiche



Anmerkung:

Da kein eindeutiger Nachweis über den Zusammenhang von Rohdichte und Dauerhaftigkeit gegenüber Pilzen besteht, werden die Rohdichten hier nicht aufgeführt.

Laborversuch mit dem Ziel, die Dauerhaftigkeit gegen Pilze zu bestimmen

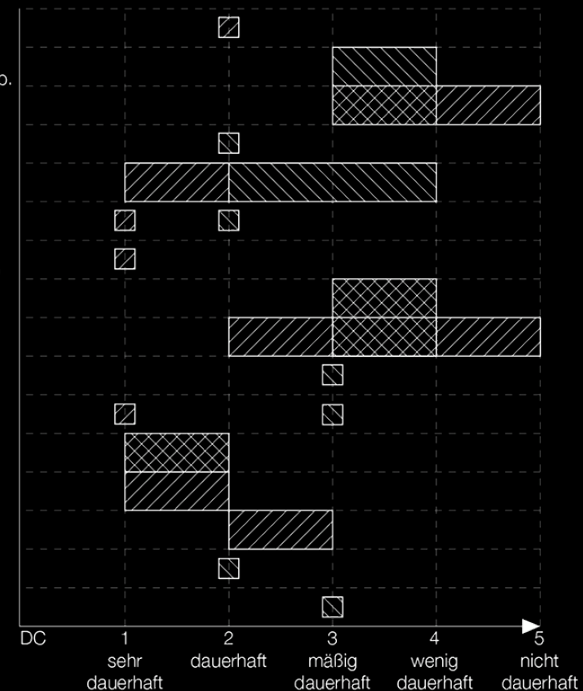
Labor- oder Freilandprüfungen, die einen Einbau in die Erde simulieren



Fassade: Thermoholz roh, ohne Oberflächenbeschichtung!

Baumart

- Blauer Eucalyptus (Galizien, ES)
- Contorta Kiefer+ Seestrandkiefer, europ.
- Douglasie, europ.
- Eibe
- Eiche
- Edelkastanie
- Eucalyptus x trautii (kultiviert in Italien)
- Lärche, europ.
- Kiefer/Föhre
- Nussbaum
- Riesenlebensbaum (kultiviert in GB)
- Robinie
- Thermoholz (TMT) aus Laubholz*
- Thermoholz (TMT) aus Nadelholz*
- Zeder
- Zerreiche



Anmerkung:

Da kein eindeutiger Nachweis über den Zusammenhang von Rohdichte und Dauerhaftigkeit gegenüber Pilzen besteht, werden die Rohdichten hier nicht aufgeführt.

Laborversuch mit dem Ziel, die Dauerhaftigkeit gegen Pilze zu bestimmen

Labor- oder Freilandprüfungen, die einen Einbau in die Erde simulieren

Grafik: A. Hillebrandt, J. Seggewies, Quelle: DIN EN 350:2016-12, Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten (...) gegen biologischen Angriff; Auszug

m.schneider a.hillebrandt architektur: „metallwerkstück“ Bad Laasphe
Foto: Christian Richters



Wetterfester Baustahl: Closed Loop durch Wiederverwertung



Ziegelstein: Closed Loop nur bei Wiederverwendung

Recycling-Ziegelsplitt
Foto: Torfbrand-Klinkerwerk J.B. Kaufmann GmbH



Ziegelstein Weiterverwertung – offener Loop



David Chipperfield Architects, Neues Museum, Berlin
Foto: TEAMHillebrandt

David Chipperfield Architects: Museum Folkwang, Essen
Foto: TEAMHillebrandt



100% Sekundärmaterial

Kupfer

Glas-“Keramik“



Lehm-Platten mit Wandheizung
Foto: Susanne Reichherzer Thermo Natur Agaton

Lehm:
Kompostierungsmöglichkeit in Zukunft

Gips:
Recyclingtechnologie für die Post-Rauchgasentschwefelungs-Ära



Seegras-Dämmung
Foto: NeptuTherm e.K., Forschung und Entwicklung, Karlsruhe



Jute-Dämmung aus alten Kaffeesäcken
Foto: THERMO NATURE GmbH & Co. KG, Susanne Reichherzer

Closed Loop
Dämmung 100% nachwachsend

Seegras: „Sowieso“-Material
Jute: „Upcycling“-Material



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



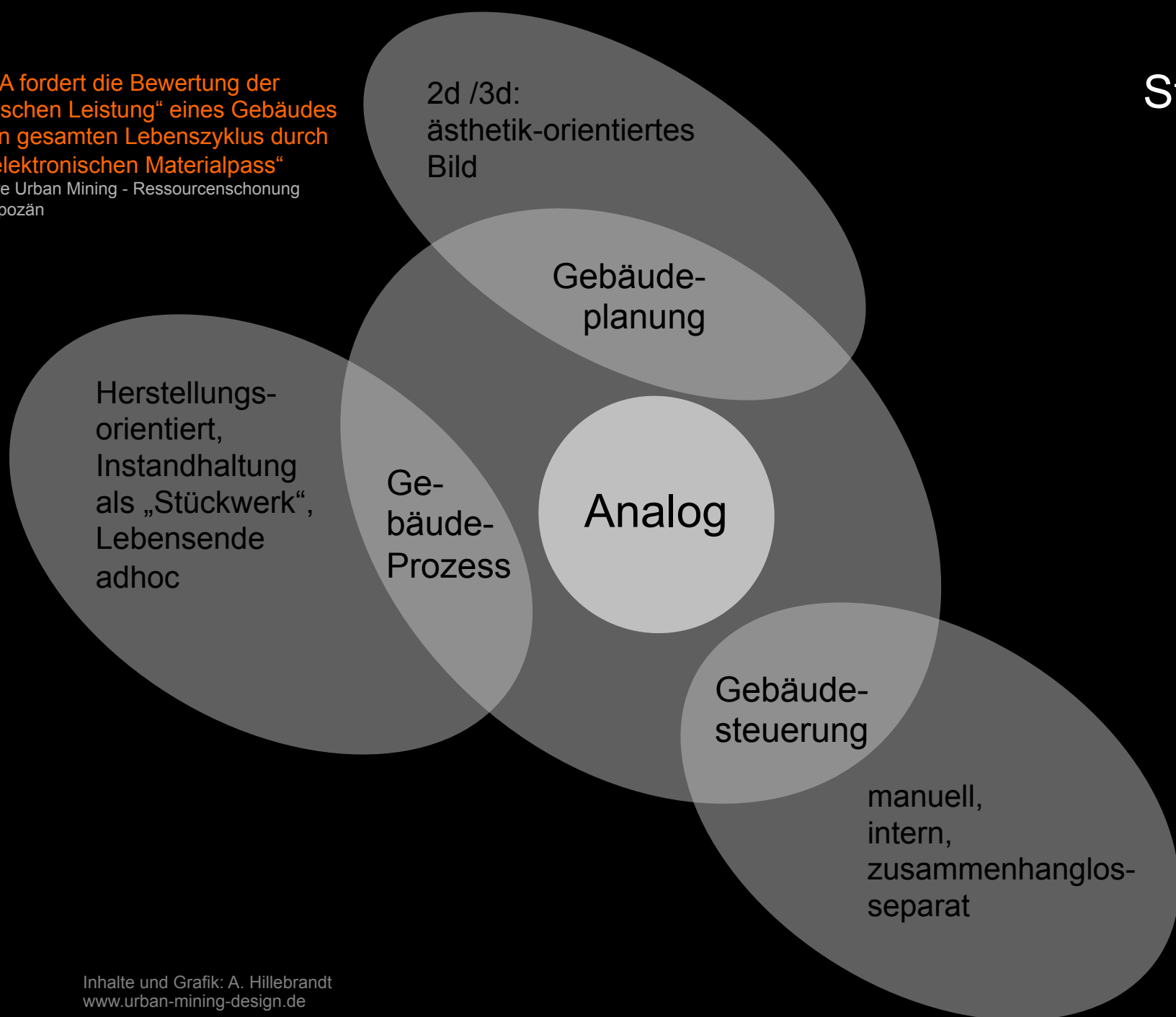
Gussasphaltestrich mit Kupferrohren
Foto: Quiel, Wieland-Werke AG Ulm

Recyclinggarantie durch Herstellerrücknahme

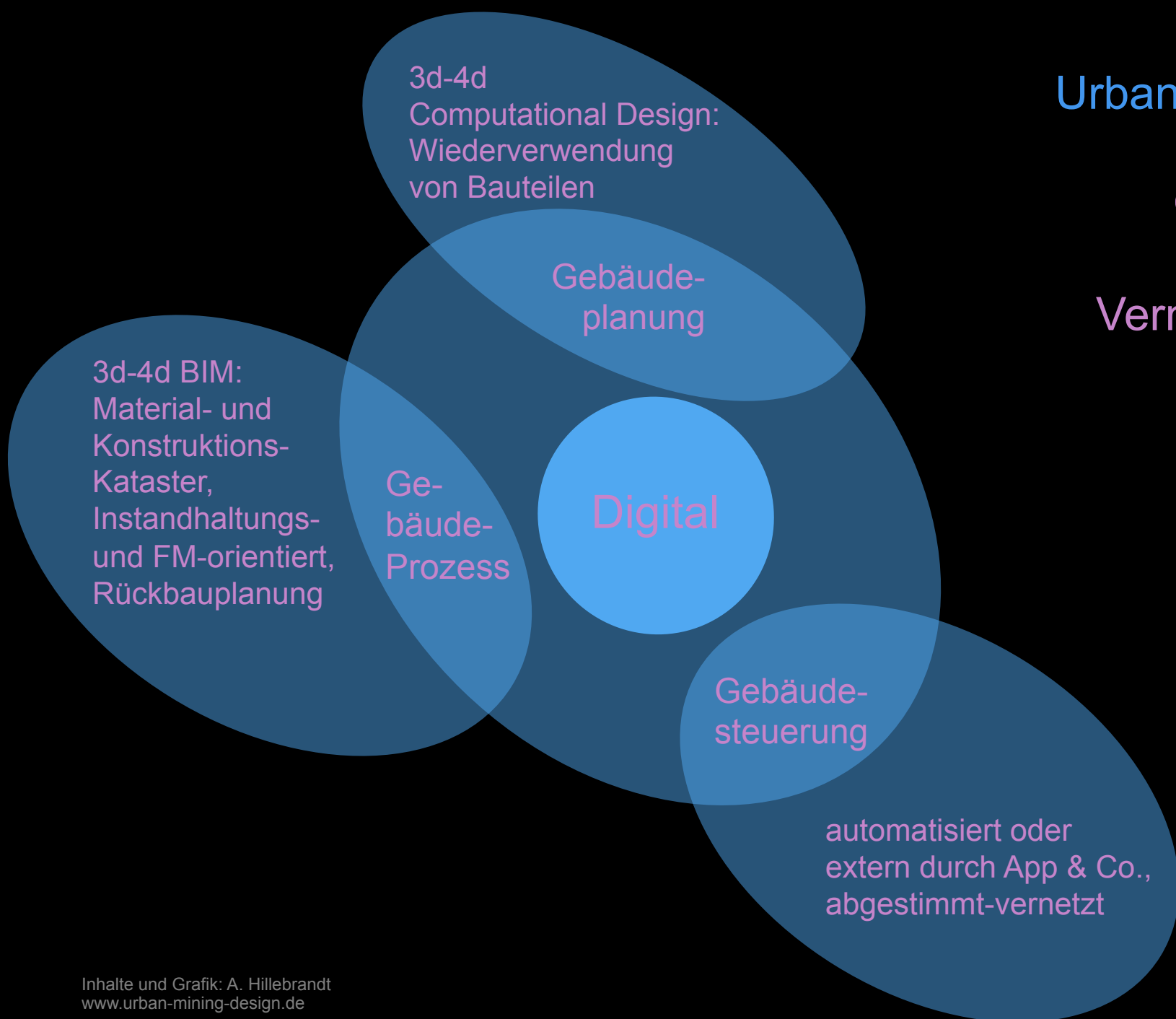
Recyclingwahrscheinlichkeit durch verborgenen Wert

Das UBA fordert die Bewertung der „ökologischen Leistung“ eines Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus durch einen „elektronischen Materialpass“

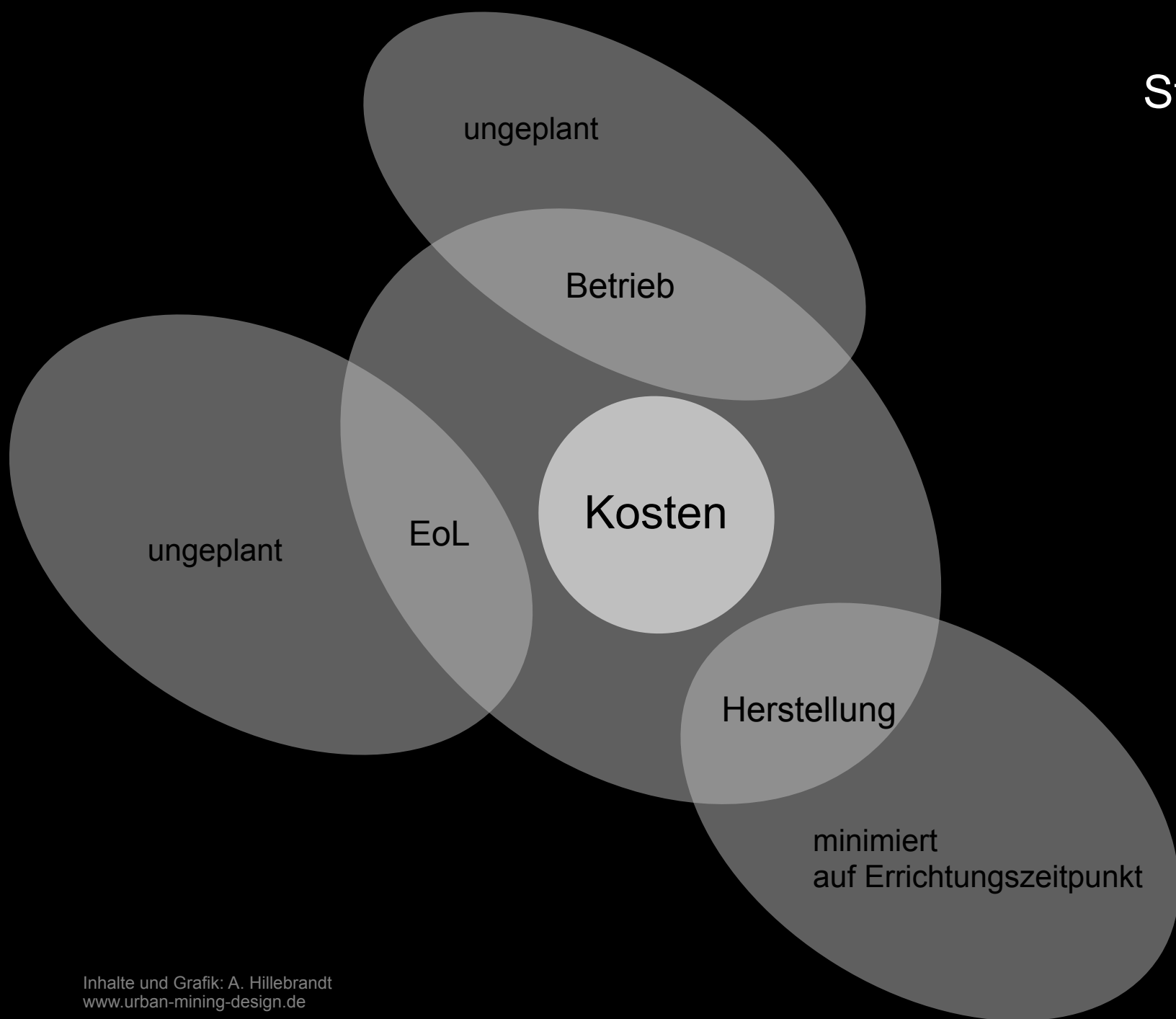
* Broschüre Urban Mining - Ressourcenschonung im Anthropozän



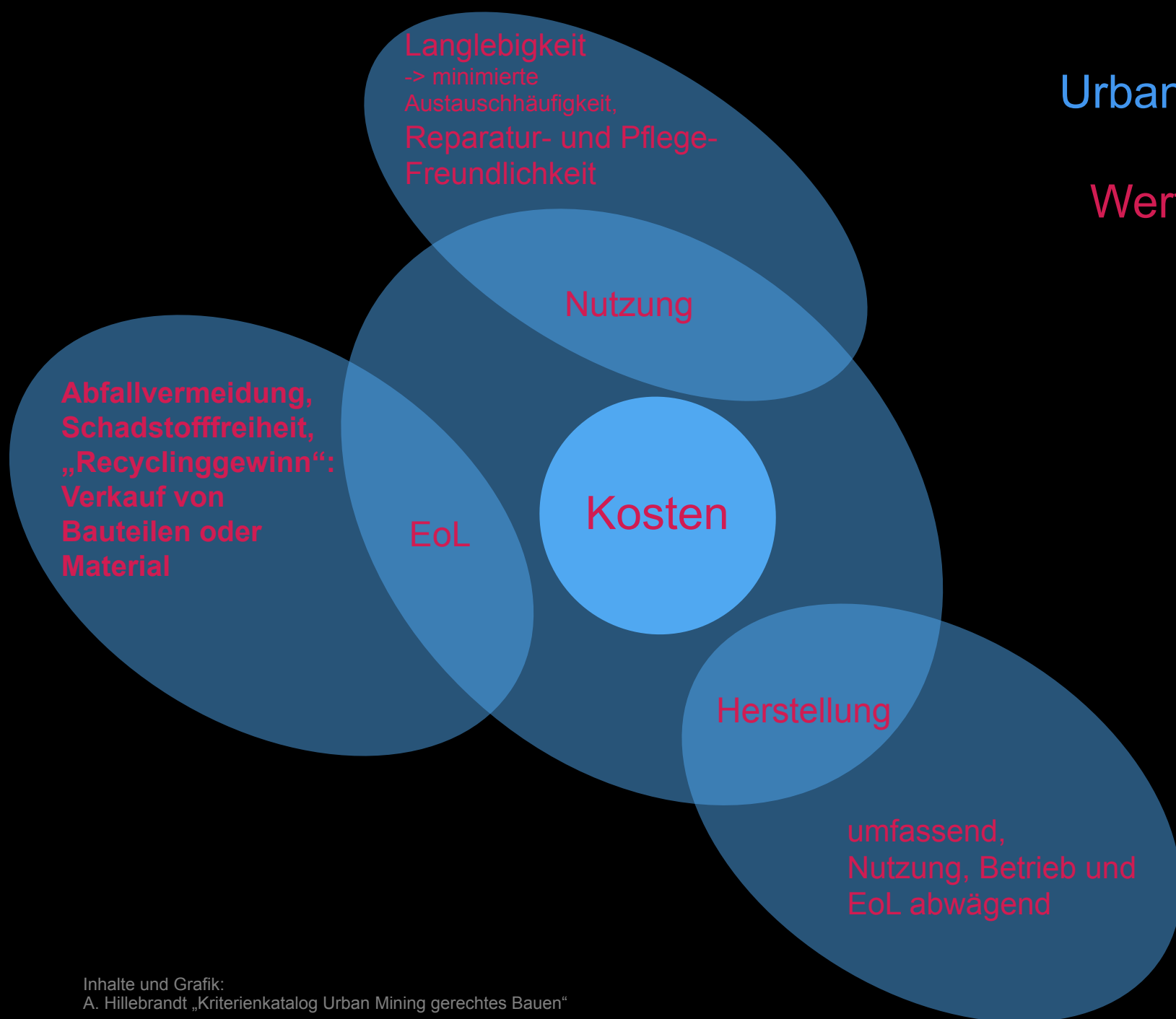
Urban Mining Design Gewinn durch Vernetzung

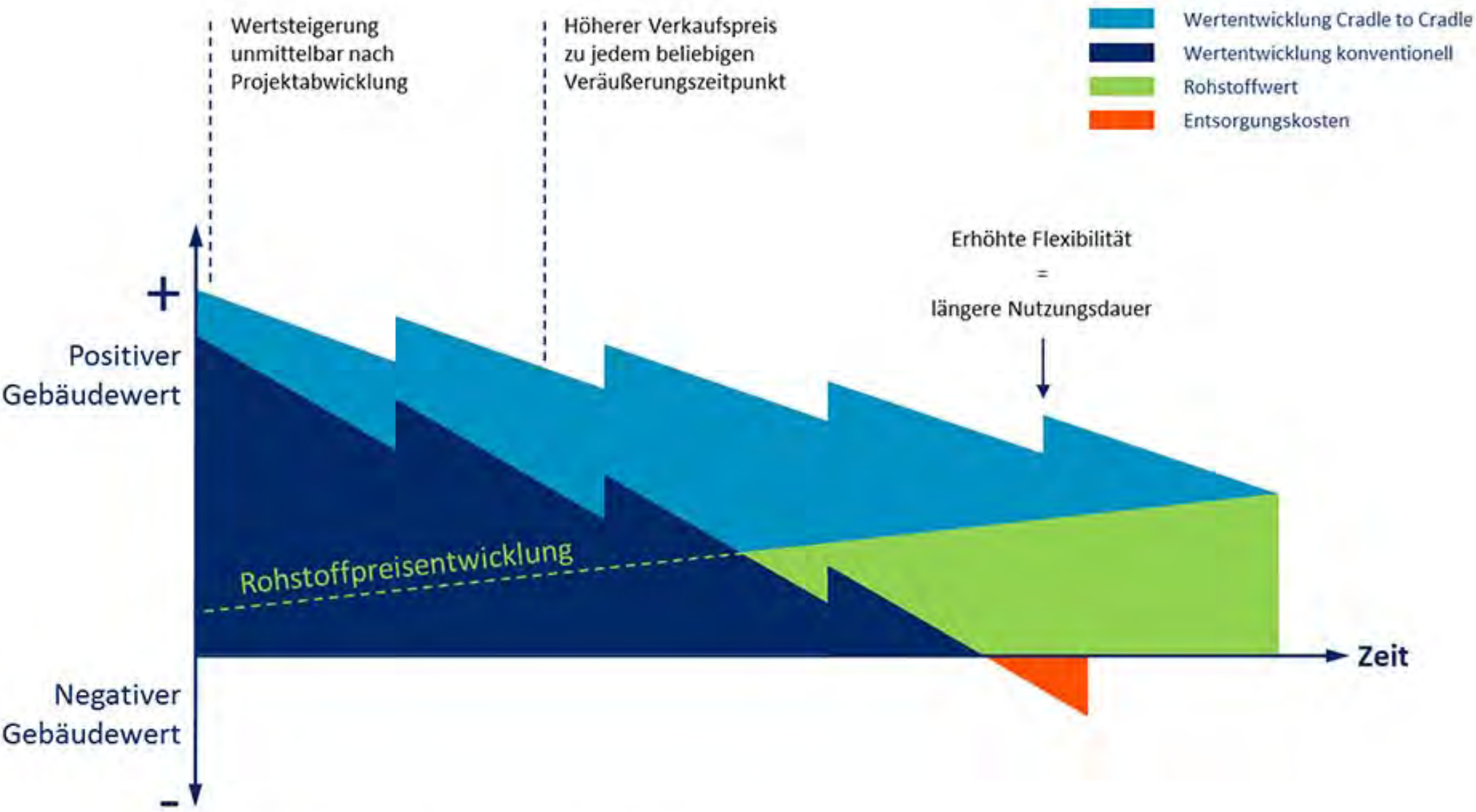


Standard



Urban Mining Design Wertgewinn





Wertentwicklung konventionell/Cradle to Cradle

Brenner/Drees und Sommer: Wertentwicklung konventionell/Cradle to Cradle, Bauwelt 44-45.15



LEBEN
IN DER
MEHRWERT-
PFAND-
FLASCHE !

Bemühungen um einen gemeinsamen europäischen Ansatz zur

Bewertung der Umweltverträglichkeit von Gebäuden

-> Schaffung eines gemeinsamen Rahmens von „Kernindikatoren“

-> „(...) Auswahl zuverlässiger Indikatoren“ aus insgesamt 10 Bereichen:

- Materialeinsatz und graue Umweltauswirkungen
- Haltbarkeit von Baumaterialien
- Konzept für den Rückbau
- Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen
- Wiederverwerteter Anteil in Baumaterialien
- Wiederverwertbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Baumaterialien und Bauprodukten“

EUROPÄISCHE
ZUKUNFT?!

WEGE

ZUM

ZIEL ...

DGNB KRITERIUM TEC1.6

RÜCKBAU- UND RECYCLINGFREUNDLICHKEIT

NUTZUNGSPROFIL

Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude Version 2015

THEMENFELD

Technische Qualität

KRITERIENGRUPPE

Qualität der technischen Ausführung

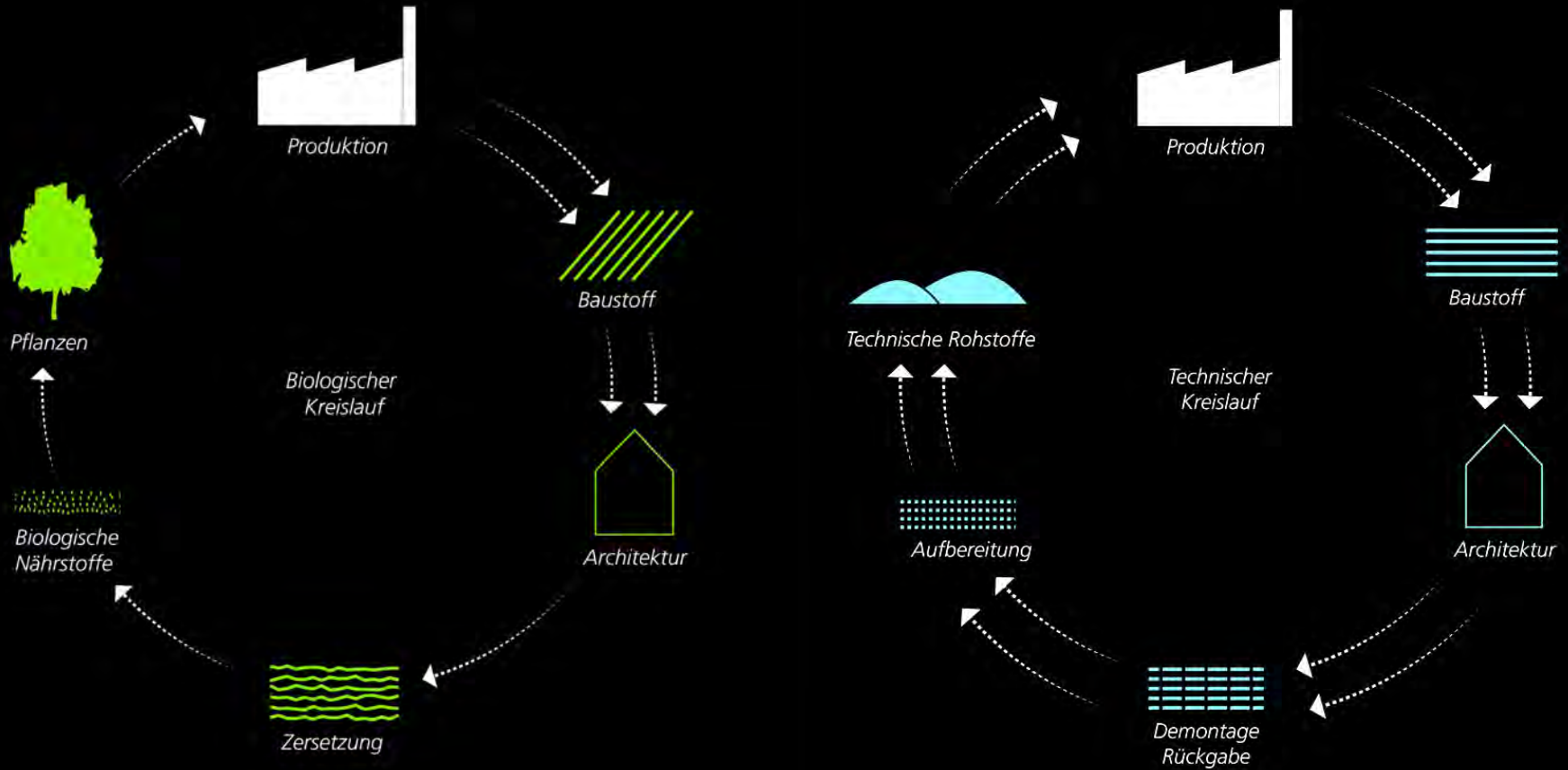
SPEZIFISCHER BEDEUTUNGSFAKTOR

2

ANTEIL AN DER GESAMTBEWERTUNG

4,1 %

„cradle to cradle“



Grafik: A. Hillebrandt-Düllmann+Lüffe
Frei nach Braungart+Mc Donough
„Die nächste industrielle Revolution“

Urban Mining

Wie wir in Zukunft mit unseren Ressourcen umgehen

Urban Mining gerechtes Bauen bedeutet Schutz der natürlichen Rohstoffe unseres Planeten, Boden- und Gewässerschutz, bis hin zur Verbesserung des Mikroklimas der Umgebung und Erhalt der Biodiversität.



Atlas

Recycling

Gebäude als Materialressource

Annette Hillebrandt
Petra Riegler-Floors
Anja Rosen
Johanna Seggewies

Voraus. Erscheinung
Herbst 2018

Edition **DETAIL**

DETAIL ATLAS



Atlas Gebäudeöffnungen
2015. 288 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Hardcover: € 130,-
ISBN 978-3-95553-229-1
E-Book: € 130,-
ISBN 978-3-95553-230-7
Bundle (Buch + E-Book): € 199,95
ISBN 978-3-95553-231-4



Atlas Moderner Betonbau
2013. 272 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Hardcover: € 120,-
ISBN 978-3-920034-95-9
E-Book: € 120,-
ISBN 978-3-95553-112-6
Bundle (Buch + E-Book): € 179,95
ISBN 978-3-95553-126-3



Atlas Moderner Stahlbau
2011. 272 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Hardcover: € 120,-
ISBN 978-3-920034-52-2
E-Book: € 120,-
ISBN 978-3-95553-004-4
Bundle (Buch + E-Book): € 179,95
ISBN 978-3-95553-060-0



Atlas Kunststoffe + Membranen
2010. 296 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Hardcover: € 120,-
ISBN 978-3-920034-41-6
E-Book: € 120,-
ISBN 978-3-95553-003-7
Bundle (Buch + E-Book): € 179,95
ISBN 978-3-95553-059-4



Flachdach Atlas
2010. 208 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Softcover: € 89,90



Ausbau Atlas
2009. 288 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Softcover: € 89,90



Atlas Sanierung
2008. 280 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Softcover: € 89,90



Bemente + Systeme
2008. 240 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Hardcover: € 84,95



Energie Atlas
2007. 280 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Softcover: € 89,90

Neu: mit
aktuellem
Beileger



Glasbau Atlas
2. überarb. und erw. Auflage 2006.
352 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Softcover: € 89,90



Baustoff Atlas
2005. 260 Seiten.
Format 23 x 29,7 cm
Softcover: € 89,90

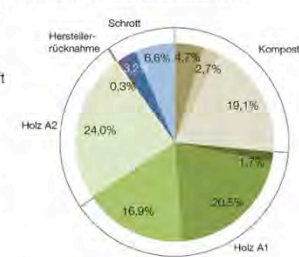


Dach Atlas
Neu überarbeitete, akt. Aufl. 2002.
448 Seiten. Format 23 x 29,7 cm
Softcover: € 89,90

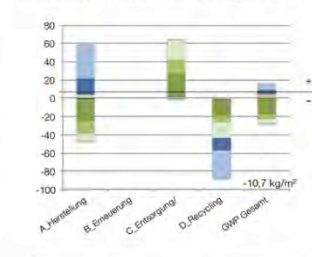
Außenwand

Die Außenwandkonstruktion besteht durch die Wiederverwendung gebrauchter Bauteile. Nahezu 100% der Materialien können in geschlossenen Kreisläufen gehalten werden. Der Rückbauaufwand wird als gering eingestuft (Faktor 0,92). Die Bekleidung aus Aluminium-Wabenplatten hat den größten Anteil am Treibhauspotenzial, jedoch können ca. 80% der CO₂-Emissionen für das Recyclingpotenzial gutgeschrieben werden. Die Wiederverwendung gebrauchter Bauteile wurde aufgrund mangelnder Datenlage in der Ökobilanz nicht berücksichtigt.

Wertstoffe - Anteile nach Massen in %



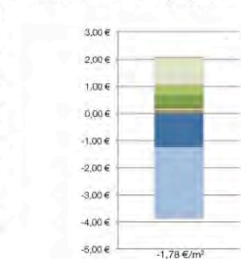
Treibhauspotenzial (GWP) in kg CO₂-äquiv./m²



Legende / Materialien + Massen

Material	[kg/m ²]
textile Wandbespannung, Wollfilz	2,5
Hohlraumdämmung, Hanfvlies	1,5
Vorwandinstallation, Kanthölzer	0,9
Dampfbremse, Kraftpapier	0,2
Beplankung, Schnittholz	5,5
Holzständenwerk, KVH	9,0
Zwischendämmung, Posidonialaser	10,2
Dämmung, Holzweichfaser	12,8
Winddichtungsbahn, PP	0,1
Unterkonstruktion, Aluprofil	1,7
Bekleidung, Aluwabenplatte	3,5

Verwertungs- und Entsorgungskosten in €/m²



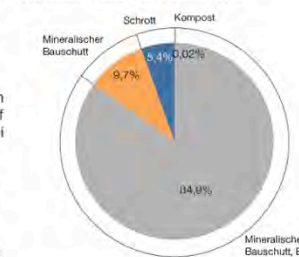
Kreislaufpotenzial



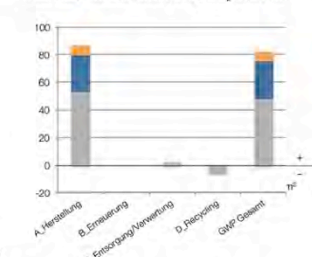
Gründung

qwrtziopüasdfghj kksjdthf cvkdnsn jkksdfjnb-y.ncxv khjgblakdsf atdfasdgksg jkōj kadsfj sakfdj sikt j zwiooa hgafsdower ooihoh skjfsdch a s ioweruio iaosdi ierwuoas öakdfj asdfjsckfj asdfjjsadkfj fasckfj fwolieruj adsjhthf sdhakf hsdckf sdahf sdh asdfjksdj fsdkfj ewiuosioaoudsiouf isdu saduiof isdfsduifsdouf luosduf udsauif sooi iosduf u u9i fdsifudsfudis aisduf dsf siduf sduiof dsuiof asoiduf sdufiouds ff usdsduiof sduiufsdus fsuu uoisdf usdfu iosduf dufo u au uisd fulisodf fusiodfufsduf uöwerösidf dksf a scf asiufdufidisofuidsofu sduoed isoadufiosduf weioruasdoiuof siodfufweruhg aoidifu asioidf I

Wertstoffe - Anteile nach Massen in %



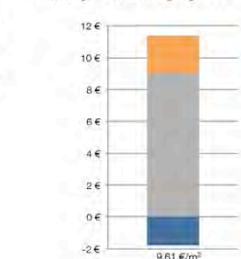
Treibhauspotenzial (GWP) in kg CO₂-äquiv./m²



Legende / Materialien + Massen

Material	[kg/m ²]
Bodenplatte, WU-Beton	564,0
Bodenplatte, Bewehrungsstahl	36,0
Dämmung+Drainage, Schaumglas	64,5
Trennlage, Bändchengewebe	0,1

Verwertungs- und Entsorgungskosten in €/m²



Kreislaufpotenzial



Beispiel 01

Konventionelle Bauweise
 Leichtbeton-Massivbau mit Riemchenklinkerfassade

Rückbaubare Bauweise
 Holz-Massivbau mit Klinkerfassade im Trockenstapelsystem

Kenndaten

Gebäudetyp
Schule

Geschosse
2 + Keller

Bauteile
Flachdach
Loggia
Kellergeschoss

BGF
1.885 m²

BR
12.063 m³

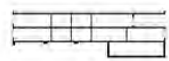
Referenzobjekt
 Gemeinschaftsschule Anna Seghers
 Berlin-Adlershof
 AFF architekten, Berlin
 Berlin, 2010
 DETAIL 2011 7/8, S. 875



EG + 1. OG
M1.1000



UG
M1.1000



Schnitt
M1.1000

Ansicht
M1.1000

Konventionelle Bauweise

Dach
 Kiebsstreifen, Vegetation, Vegetationssubstrat (Porolith), Filtervlies, Wasserspeicherplatte, Faserschutzmatte, Trennlage, Bitumenbahn, EPS- Gefälledämmung, Dampfbremse, Porenbetondeckenelement, Kalkzementputz

Loggiaboden
 Terrassengeländer (Stahl), Betonwerksteinplatte, Sandbett, Kiesschüttung, Bitumenbahn, EPS-Gefälledämmung, Dampfbremse, Porenbetondeckenelement, Kalkzementputz

Decke
 Kunstfaserteppich, Calciumsulfatestrich, Fussbodenheizung, Trennlage, EPS- Trittschalldämmung, Porenbetondeckenelement, Kalkzementputz

Außenwand
 Riemchenklinker, Kalkzementmörtel mit Glasfasereinlage, EPS-Dämmung, Porenbeton, PVC Paneele

Fenster
 Kunststoffrahmen, Isolierverglasung mit Sonnenschutz, Aluminium Fensterbank außen, Betonwerkstein Fensterbank innen, Kalk-Zementputz Laibung

Innenwand
 PVC Paneele, Porenbeton, PVC Paneele

Keller
 Filtervlies, Noppenbahn, XPS-Perimeterdämmung, Bitumenbahn, Porenbeton, PVC Paneele

Gründung
 Kunstfaserteppich, Calciumsulfatestrich, Fussbodenheizung, Trennlage, EPS-Dämmung, Bitumenbahn, Stahlbetonbodenplatte, Bitumenbahn, Sauberkeitsschicht (Magerbeton)



Fassadenschnitt
M1.50

Konventionelle Bauweise	Errichtung	Renovierung (Lebenszyklus 50 Jahre)	Abbruch und Entsorgung (Renovierung)	Abbruch und Entsorgung	Bilanz Gesamt
Dach	127.146 €	77.176 €	17.604 €	57.785 €	279.711 €
Loggiaboden	10.144 €	2.616 €	1.642 €	4.618 €	19.019 €
Decken	109.620 €	69.590 €	11.739 €	39.972 €	230.922 €
Außenwände	165.823 €	122.352 €	57.341 €	68.091 €	414.196 €
Fenster	74.445 €	70.925 €	-13 €	-13 €	145.343 €
Innenwände	100.469 €	65.546 €	5.676 €	14.194 €	185.375 €
Keller	43.678 €	12.429 €	2.356 €	9.331 €	67.794 €
Gründung	112.810 €	64.427 €	12.456 €	78.892 €	268.585 €
Summe	744.135 €	485.062 €	108.800 €	273.449 €	1.611.446 €

11)

Rückbaubare Konstruktion

Dach
 Kiebsstreifen, Vegetationsschicht, Vegetationssubstratschicht (Steinwollfaserfilz), Drainschicht (PE), TPO- Bahn, Korkdämmplatte, Dampfbremse, Brettstapeldecke

Loggiaboden
 Terrassengeländer (Holz), Massivholzdielen, Traghölzer, Bautenschutzmatte, Korkdämmplatte, TPO-Bahn, OSSB Platte, Traghölzer, Brähton Trockenschüttung, Dampfbremse, Brettstapeldecke

Decke
 Linoleumpaneele, Holzfasertrittschalldämmung, Blähton Trockenschüttung, Dampfbremse, Brettstapeldecke

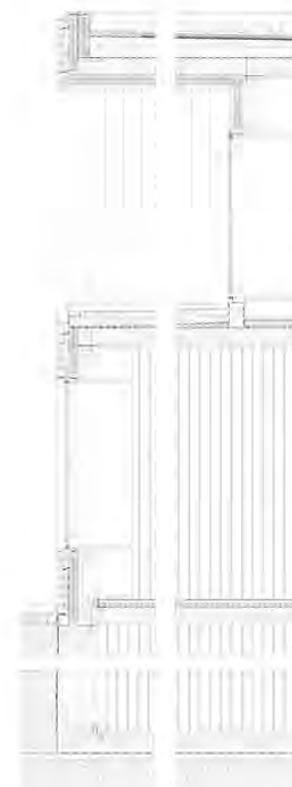
Außenwand
 Klinker (Click-Brick), OSSB- Platte, Schilfröhrendämmung, Kantholz, Massivholzward

Fenster
 Holz- Aluminiumrahmen, Isolierverglasung, Aluminiumfensterbank außen, Massivholzfensterbank innen, Massivholzlaibung

Innenwand
 Holzschalung, Kantholz, OSSB Platte, KVH-Ständer, Holzfaserdämmstoffplatte, OSSB Platte, Kantholz, Holzschalung

Keller
 Geotextil, Schaumglasschotter, Geotextil, PE-Folie, Atmungsvlies, Massivholzward

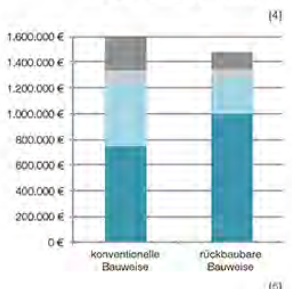
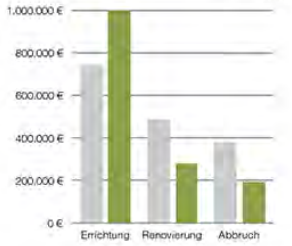
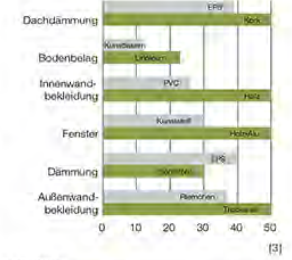
Gründung
 Massivholzdielen, Holzfasertrittschalldämmung, Traghölzer, Brettstapelboden, Atmungsvlies, PE-folie, Sauberkeitsschicht (Sand), Geotextil, Schaumglasschotter, Geotextil



Fassadenschnitt: vgl. Teil C Projekt 00
M1.50

Rückbaubare Bauweise	Errichtung	Renovierung (Lebenszyklus 50 Jahre)	Abbruch und Entsorgung (Renovierung)	Abbruch und Entsorgung	Bilanz Gesamt
Dach	196.734 €	64.653 €	9 €	6.630 €	258.025 €
Loggiaboden	19.666 €	3.614 €	197 €	630 €	24.107 €
Decken	173.097 €	75.830 €	51.870 €	38.895 €	339.692 €
Außenwände	142.887 €	14.766 €	13.520 €	33.085 €	204.258 €
Fenster	65.640 €	0 €	0 €	67 €	65.706 €
Innenwände	71.652 €	0 €	0 €	5.505 €	77.157 €
Keller	81.381 €	33.248 €	290 €	12.725 €	127.643 €
Gründung	253.051 €	89.999 €	785 €	31.500 €	375.335 €
Summe	994.107 €	282.110 €	66.671 €	129.037 €	1.471.924 €

12)



Anmerkungen:
 [1] Kostentabelle - Konventionelle Variante
 [2] Kostentabelle - Rückbaubare Variante
 [3] Grafik - Lebensdauer
 [4] Grafik - Kosten
 [5] Grafik - Bilanz Gesamt
 [6] Grafik - Bilanz Gesamt

RECYCLING-ATLAS

Abbildungen: Hillebrandt, Riegler-Floors, DETAIL-Verlag München

Kostenvergleiche – konventionelle || kreislaufoptimierte Bauweise über den **gesamten** Lebenszyklus

Prof. Annette Hillebrandt



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

m.schneider a.hillebrandt architektur