Fraunhofer IRB Verlag

Felix Heisel | Dirk E. Hebel [Hrsg.]

Urban Mining und kreislaufgerechtes Bauen

Die Stadt als Rohstofflager

https://doi.org/10.51202/9783738805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Felix Heisel | Dirk E. Hebel [Hrsg.]

Urban Mining und kreislaufgerechtes Bauen

Die Stadt als Rohstofflager

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte
Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Felix Heisel | Dirk E. Hebel [Hrsg.]

Urban Mining und kreislaufgerechtes Bauen

Die Stadt als Rohstofflager

Fraunhofer IRB Verlag

https://doi.org/10.51202/9783738805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-7388-0563-5
ISBN (E-Book): 978-3-7388-0564-2

Lektorat: Sigune Meister
Redaktion: Roger Takacs
Umschlaggestaltung: Martin Kjer
Satz & Herstellung: Angelika Schmid
Druck: BELTZ Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza

Alle Rechte vorbehalten.
Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.
Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Cradle to Cradle Certified™ ist ein weltweit anerkannter Standard für sichere und kreislauffähige Produkte.
Das für dieses Buch verwendete Inhaltspapier Munken Print White von Arctic Paper Munkedals wurde mit dem C2C Certified™ Zertifikat auf Bronze Level ausgezeichnet.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2021

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-2500
Telefax +49 711 970-2508
irb@irb.fraunhofer.de
www.baufachinformation.de

https://doi.org/10.51202/9783738805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Danksagung

Unser tiefer Dank gilt zuerst allen Autoren dieses Buchs: Werner Sobek, Walter R. Stahel, Annette Hillebrandt, Kerstin Müller, Emmanuel Cortés, Arne Vande Capelle, Karsten Schlesier, Daniela Schneider, Philippe Block, Peter van Assche, Sabine Rau-Oberhuber, Anse Smeets, Ke Wang, Michał P. Drewniok und Sandra Böhm. Ohne deren Bereitschaft, ihre Überzeugungen, Visionen, Arbeiten, Recherchen und Forschungsergebnisse hier zu präsentieren, wären dieses Buch und der hieraus entstehende Diskurs nicht möglich gewesen. Unser Dank geht zudem an unsere Teams der Cornell University und des Karlsruher Instituts für Technologie KIT: Damun Jawanrudi für seine präzisen Lektoratsrunden, Elena Boermann, Katharina Blümke und Sonja Steenhoff für ihren unermüdlichen Einsatz bei der Bearbeitung von Grafiken, Bildern und dem Glossar sowie Sandra Böhm für ihre Hilfe bei allen Materialfragen.

Wir bedanken uns bei unseren Universitäten – der Cornell University und dem KIT Karlsruhe – sowie deren Fakultäten für Architektur für die motivierende Unterstützung. Ohne diesen Rückenwind wäre die Publikationsarbeit nicht möglich gewesen. Und ein besonderer Dank gilt Sigune Meister und dem Fraunhofer IRB Verlag für ihr Vertrauen und den Beistand auch während der schwierigen Zeiten der COVID-19-Pandemie.

im Februar 2021
Felix Heisel, Dirk E. Hebel

https://doi.org/10.51202/9783738805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Inhalt

1 EINFÜHRUNG 9

Felix Heisel und Dirk E. Hebel
Glossar 16

Werner Sobek
Für mehr Menschen mit weniger Material bauen 23

Walter R. Stahel
Wirtschaften in Kreisläufen 33

2 GESCHLOSSENE KREISLÄUFE IM BAUWESEN 45

Annette Hillebrandt
Kreisläufe schließen 49

Kerstin Müller
Das Lesen und Weiterschreiben der gebauten Umwelt 65

Emmanuel Cortés und Arne Vande Capelle
Urban Mine Incorporation 79

Felix Heisel, Karsten Schlesier und Dirk E. Hebel
Der Mehr.WERT.Pavillon auf der Bundesgartenschau Heilbronn 90

3 SORTENREINHEIT IM BAUWESEN 105

Felix Heisel und Dirk E. Hebel
Die Urban Mining and Recycling (UMAR) Unit 108

Daniela Schneider
Einfach intelligent konstruieren 124

Felix Heisel, Dirk E. Hebel und Philippe Block
No-Waste-Vault 133

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

4 EIN NEUES MATERIALVERSTÄNDNIS 141

Peter van Assche
Kreislaufdenken als neue Systemlogik 144

Felix Heisel und Sabine Rau-Oberhuber
Materialpässe und Materialkataster für die Dokumentation und Planung 157

Anse Smeets, Ke Wang und Michał P. Drewniok
Wiederverwendung von Baustahl 168

Sandra Böhm
Der ästhetische Reiz der urbanen Mine 177

5 ANHANG 201

Quellennachweis 202

Stichwortverzeichnis 205

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte
Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

1 EINFÜHRUNG

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Felix Heisel ist Architekt und forscht an einer systematischen Neugestaltung unserer gebauten Umwelt als Rohstofflager in einem endlosen Kreislauf von Nutzung und Neukonfiguration. Er ist Assistenzprofessor und Direktor des *Circular Construction Lab* an der Cornell University in den USA und (gemeinsam mit Dirk E. Hebel und Karsten Schlesier) Partner der *2hs Architekten und Ingenieur PartGmbB* in Deutschland, einem Büro, das auf die Entwicklung von kreislaufgerechten Prototypologien spezialisiert ist. Felix Heisel wurde für seine Forschung und Bauaktivitäten mehrfach ausgezeichnet. Er ist Autor mehrerer Fachbücher, unter anderem *Cultivated Building Materials: Industrialized Natural Resources for Architecture and Construction; Building from Waste: Recovered Materials in Architecture and Construction; Addis Ababa: A Manifesto on African Progress und Lessons of Informality: Architecture and Urbanism in Emerging Territories – Concepts from Ethiopia.*

Dirk E. Hebel ist Professor für Nachhaltiges Bauen und Dekan der Architekturfakultät des Karlsruher Instituts für Technologie KIT. Zuvor war er als Assistenzprofessor an der ETH Zürich und dem Future Cities Laboratory in Singapur tätig. Zudem war er Gründungsdirektor des Ethiopian Institute of Architecture, Building Construction and City Development in Addis Abeba, Äthiopien. Er erforscht neue Konstruktionsprinzipien und alternative Materialien innerhalb der Bauwirtschaft und ist Partner der *2hs Architekten und Ingenieur PartGmbB* (gemeinsam mit Felix Heisel und Karsten Schlesier). Seine Forschung und Bauaktivitäten wurden vielfach ausgestellt, prämiert und international publiziert. Seine Monographien umfassen unter anderem *Addis Ababa: A Manifesto on African Progress; Cultivated Building Materials; SUDU – The Sustainable Urban Dwelling Unit; Building from Waste: Recovered Materials in Architecture and Construction; Deviations und Cities of Change: Addis Ababa.*

FELIX HEISEL UND DIRK E. HEBEL

Das vorliegende Buch *Urban Mining und kreislaufgerechtes Bauen. Die Stadt als Rohstofflager* stellt die derzeit praktizierte Wegwerfmentalität der Bauwirtschaft infrage: Rohstoffe werden aus etablierten natürlichen Kreisläufen entnommen, verbraucht und anschließend entsorgt, ohne deren Potenzial für eine kontinuierliche Wertschöpfung zu nutzen oder überhaupt zu erkennen.

Durch die Bereitstellung von Gebäuden und Infrastrukturen für eine schnell wachsende Weltbevölkerung mit stetig steigenden materiellen Bedürfnissen und Möglichkeiten wird die globale Bauindustrie aller Voraussicht nach fast ungebremst weiterwachsen: Bis 2030 erwarten Experten einen Anstieg der globalen Investitionen in die Bauwirtschaft um 85 % auf jährlich 17,5 Billionen US-Dollar. [1] Und wenn der Sektor seinen linearen Handlungsansatz beibehält, werden auch der Ressourcenverbrauch und letztendlich die Verschwendung und Zerstörung von Rohstoffen in gleichem Maße weiter zunehmen, mit potenziell katastrophalen Folgen für unsere Umwelt und Wirtschaft. [2] – [4] Seit 1970 hat der globale Abbau von nicht erneuerbaren, abiotischen Rohstoffen, insbesondere von Industrie- und Baumineralien, um 376 % [5] zugenommen. Eine Tendenz, die erwartungsgemäß anhält: von 84 Milliarden Tonnen Material im Jahr 2015 auf 170 bis 184 Milliarden Tonnen im Jahr 2050. [2], [6]

In diesem System werden Materialien im wahrsten Sinne des Wortes konsumiert und verbraucht, anstatt aus biologischen oder technischen Kreisläufen ausgeliehen und anschließend dorthin wieder zurückgegeben zu werden. Dieser nach wie vor dominierende lineare Ansatz hat tiefgreifende Konsequenzen für unseren Planeten. So verändern wir in gravierender Weise bestehende Ökosysteme. Sand, Kupfer, Zink oder Helium werden bald nicht mehr technisch, ökologisch und ökonomisch vertretbar aus natürlichen Quellen zu gewinnen sein, [7] von der bereits heute unbeantworteten ethischen Frage einmal ganz abgesehen. Im Gegensatz zu diesem linearen Konzept der Rohstoffzerstörung

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

stehen Vorstellungen geschlossener, intelligent geplanter und mit Voraussicht entworfener Materialkreisläufe. Es besteht die Chance, neue, innovative und kreislaufgerechte Geschäftsmodelle zu entwickeln, in denen Materie nicht als Verbrauchsgut, sondern als zirkulierende und dadurch regenerative Quelle angesehen wird, und in denen die Nutzung und nicht der Verbrauch oder die Zerstörung von Rohstoffen eine Wertigkeit erhält. Das Buch befasst sich daher vordergründig mit der wichtigen Frage, wie wir in Zeiten einer wachsenden Weltbevölkerung und zunehmender Reservenknappheit die Städte der Zukunft bauen können, ohne unsere natürliche Umwelt weiter auszubeuten und zu zerstören. Hintergründig fordert es jedoch ein neues Gesellschafts- und Wirtschaftsmodell, in dem der Mensch seine Rolle als selbstverständlicher und unterstützender Teil eines größeren Metabolismus innerhalb geschlossener Materialkreisläufe einnimmt.

Allein das Bauwesen ist nach neusten Erhebungen der Europäischen Union für 40 % unserer CO_2- und anderer Treibhausgas-Emissionen, 50 % des Primärenergieverbrauchs, 50 % des Primärrohstoffverbrauchs und mindestens 36 % des Festmüllaufkommens verantwortlich. [8], [9] Hinzu kommt, dass bereits heute 75 % der europäischen Bevölkerung in urbanen Gebieten leben, [10] Tendenz steigend und mit zunehmendem Wohnflächenbedarf pro Person. Nicht von ungefähr erleben wir deshalb einen beginnenden Mentalitätswandel und ein wachsendes Unrechtsempfinden innerhalb unserer Gesellschaft, die ihre Lebensgrundlagen durch Klimawandel, Ressourcenknappheit und die Vermüllung unserer Umwelt bedroht sieht.

Um die sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Folgen des linearen Wirtschaftssystems zu mildern, ist es notwendig, das Konzept einer vollständigen Kreislaufwirtschaft zu etablieren. Eine der bekanntesten Definitionen wurde 2015 von der Ellen MacArthur Foundation [11] vorgestellt und könnte folgendermaßen übersetzt werden: *»Eine Kreislaufwirtschaft ist ein aus seiner Gestaltung heraus sich selbst erholendes und erneuerndes Wirtschaftssystem, das darauf abzielt, jederzeit den höchstmöglichen Nutz- und Geldwert seiner Produkte, Komponenten und Materialien zu erhalten, wobei zwischen technischen und biologischen Kreisläufen unterschieden wird.«*

In dieser Diskussion kommt unserer gebauten Umwelt eine Schlüsselrolle zu: Sie muss sowohl als zukünftiger Rohstofflieferant – als eine neue Mine: die urbane Mine – als auch als Materiallager innerhalb des kreislaufgerechten Bauens betrachtet werden. Bereits 1969 schrieb die amerikanische Stadtplanerin Jane Jacobs in ihrem Buch *The Economy of Cities* ein fast prophetisches Kapitel über die Qualitäten der städtischen Ineffektivität. In Bezug auf die urbane Mine sah das Kapitel die heutige Debatte sehr detailliert voraus: *»Denn in den hochentwickelten Volkswirtschaften der Zukunft ist es wahrscheinlich, dass die Städte zu riesigen, reichen und vielfältigen Rohstoffminen werden. Diese Minen werden sich von den heutigen unterscheiden, weil sie umso reicher werden, je mehr und je länger sie ausgebeutet werden. Im Bergbau gilt das Gesetz der abnehmenden Erträge: Selbst die reichsten Adern sind nach der Ausbeutung für immer verschwunden. Aber in den Städten können die gleichen Materialien immer wieder gewonnen werden. […] Die größten und wohlhabendsten Städte werden auch die opulentesten, die am leichtesten zu bearbeitenden und die unerschöpflichsten Minen sein.«* [12] Diese Behauptung folgte Jacobs' übergreifender Theorie der Importsubstitution (dem Ersetzen der Importe einer Stadt durch die Eigenproduktion) als Strategie für städtisches Wirtschaftswachstum – einer Theorie, die direkt mit einem der Hauptziele der heutigen Debatte über die Kreislaufwirtschaft verknüpft ist, nämlich der Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Leider hat sich die Vision von Jane Jacobs bis heute nicht in die Realität umsetzen lassen, vor allem nicht in der Bauindustrie. Zwar wird seit den 1980er-Jahren an einer steigenden Rückführung von Abfallstoffen in den Stoffkreislauf gearbeitet, doch beziehen sich die Erfolgsnachrichten hier meist auf die Verwertung von Siedlungsabfällen. Immerhin sind beispielsweise in der Europäischen Union seit 2020 zwingende Recyclingraten von 50 % der gesamten Abfallmasse vorgeschrieben (70 %, wenn man Verfüllungsstrategien miteinbezieht), [13] allerdings bleibt auch dieses Verständnis weit hinter den Idealen einer vollständigen Kreislaufwirtschaft zurück. Denn während vorgeschriebene Recyclingraten Abfall nach wie vor als ein Problem beschreiben, dessen es sich durch eine Wiedereinführung in das Wirtschaftssystem zu entledigen gilt, beschrieb Jane Jacobs die vielen positiven Möglichkeiten, die aus der schlichten Rohstoffpräsenz entstehen können. Urban Mining betrachtet in diesem Sinne das menschengemachte Rohstofflager als einen Zwischenzustand, aus dem etwas Neues entstehen kann, [14] und beschreibt alle Aktivitäten und Prozesse der Rückgewinnung von Materialien oder Bauteilen aus Gebäuden, Infrastruktur und Abfall. [15]

Dieser Ansatz stellt eine radikale Abkehr vom derzeit vorherrschenden linearen Wirtschaftsmodell dar und setzt einen gleichermaßen radikalen Paradigmenwechsel in der Bauwirtschaft voraus. Das quantitative Potenzial der bereits bestehenden urbanen Mine als Materiallieferant ist gigantisch. Aktuell baut die europäische Gesellschaft einen volkswirtschaftlichen anthropogenen Bestand von etwa 10 Tonnen pro Kopf und Jahr auf, der zu dem bereits bestehenden Bestand von 400 Tonnen pro Kopf (340 Tonnen in Form von Gütern, Gebäuden und Infrastruktur / 60 Tonnen in Deponien) hinzukommt. [16] Die Bauindustrie ist – aufgrund der Langlebigkeit von Gebäuden und Infrastruktur – für einen großen Prozentsatz dieses Bestands verantwortlich. Die Herausforderung wird darin bestehen, neue Technologien zu entwickeln, um diese Materialien in eine neue Generation qualitativ nachhaltiger, das heißt ökologisch nicht schädlicher, technisch sortenreiner und ökonomisch attraktiver – weil endlos in Kreisläufen nutzbarer – Baumaterialien zu überführen.

So ist der anthropogene Bestand verschiedener Metalle und Mineralien bereits heute über die jeweiligen natürlich vorkommenden Reserven dieser Rohstoffe hinausgewachsen, [17] in Zeiten steigender Rohstoffpreise und volatiler Märkte ein wichtiges Argument für die Entwicklung solcher neuer Urban-Mining-Technologien und -Strategien. [18] Wie in einem herkömmlichen Bergwerk entstehen beim Schürfen von Rohstoffen aus der städtischen Mine allerdings Nebenprodukte minderer Qualität und Materialien, die die oben beschriebenen Kriterien nicht erfüllen. Diese müssen auf dem Weg zu einer kreislaufgerechten Bauwirtschaft temporär ausgeschleust werden – in der Hoffnung, sie in der Zukunft durch neue Entwicklungen wieder in den Stoffkreislauf zurückholen zu können. Dazu zählen eine Unzahl heute gängiger Baumaterialien, die als sogenannte Komposite oder Verbundmaterialien nach heutigem Technologiestand untrennbar aus mehreren Stoffen unterschiedlicher Materialkennwerte bestehen und daher nicht sortenrein zurückgewonnen werden können. Ebenfalls betrifft dies Materialgruppen, die durch synthetische Kleber, Schäume, Beschichtungen, Lackierungen oder andere Behandlungen verunreinigt wurden und nicht ohne starke Qualitätsverluste in den Kreislauf zurückgebracht werden können. Viele dieser Beispiele werden heute deponiert oder verbrannt, was oft einer Zerstörung der Rohstoffe gleichkommt.

Während sich das Urban Mining wie beschrieben mit dem bereits existierenden, herkömmlich geplanten und gebauten Bestand an Gebäuden und Infrastrukturen beschäftigt, blickt das kreislaufgerechte

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Bauen in die Zukunft. Es versteht die gebaute Umwelt als ein Materiallager, nicht lediglich als ein Rohstofflager. Der Unterschied mag marginal erscheinen, ist jedoch signifikant: Im Gegensatz zu einem Bergwerk für die Schürfung von Rohstoffen erlaubt das Materiallager die verlustfreie und werterhaltende, wiederholende Verwendung und Verwertung von Bauteilen, Materialien und Stoffen. Allerdings setzt es gleichzeitig eine entsprechende Handhabung dieser Elemente voraus, was sich unter anderem in der Entwicklung und Anwendung neuer Verbindungstechnologien, dem Entwurf von Rückbauanleitungen und in einem radikal neuen Rollenverständnis aller Akteure in der Bauwirtschaft manifestiert. Die daraus entstehende Definition einer vollständigen Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) greift insofern auch entschieden weiter als das in Deutschland übliche Verständnis des Begriffs als Teil der Abfallwirtschaft.[1] Anstatt darauf abzuzielen, am Ende der Nutzungsphase den Kreislauf zu schließen und dadurch Abfall zu reduzieren, sollte eine Kreislaufwirtschaft die Entstehung von Abfall durch Innovation und Gestaltung bereits am Anfang des Lebenszyklus verhindern. Wir verstehen die Kreislaufwirtschaft insofern als ein sich selbst erholendes und erneuerndes Wirtschaftssystem, dessen Prämisse der Erhalt des höchstmöglichen Nutz- und Geldwertes seiner Materialien und Produkte in geschlossenen Stoffkreisläufen ist.

Aus dieser ökonomischen Perspektive entwickeln sich bereits heute neue Geschäftsfelder, die dazu beitragen, den gängigen linearen Materialumgang zu beenden. So gibt es Firmen, die ihre Produkte nicht mehr verkaufen, sondern nur noch deren Nutzen in Rechnung stellen, um nach Gebrauch das Material (welches sortenrein eingebaut wurde) wieder in den eigenen Produktionsprozess zurückführen zu können. Dabei entwickeln diese Unternehmen neues Know-how und neue Technologien, um diese Ziele auch zu gewährleisten. In einem derartigen Umdenken liegt eine enorme Chance, um letztendlich den Bausektor zu revolutionieren und komplett neue Geschäftsfelder zu erschließen. Die vorab erwähnte Entwicklung neuer Konstruktionsprinzipien versteht sich dabei als Grundlage, um die kreislaufgerechte Entnahme der Rohstoffe auch technisch zu ermöglichen. Ist dieser Zustand einer vollständig kreislaufgerechten Bauwirtschaft erreicht, gilt es, sogenannte Materialpässe zu erstellen und sie mit einem digitalen Katastersystem zu verbinden, damit zukünftige Generationen auch wissen, wo welche Materialien in welcher Menge und wann verfügbar sein werden.

Von all diesen Ansätzen handelt dieses Buch. Alle daran beteiligten Autoren beschäftigen sich in ihren Beiträgen mit der Frage, wie die Vision einer kreislaufgerechten Bauwirtschaft umgesetzt und etabliert werden kann.

Wir hoffen damit zum einen, einen weiteren Grundstein für die so wichtige Auseinandersetzung mit dem aktuell durch die Bauwirtschaft verursachten ökologischen wie gesellschaftlichen Schaden zu legen. Zum anderen – und das ist für uns viel bedeutender – hoffen wir, mit diesem Buch positive Anreize und Denkanstöße zu bewirken, um dem so dringend notwendigen Paradigmenwechsel in der Bauwirtschaft einen Schritt näherzukommen.

1 Walter R. Stahel umschreibt deshalb in seinem Beitrag den Begriff der Circular Economy auf Deutsch mit *Wirtschaften in Kreisläufen*.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Betts, Mike; Robinson, Graham; Burton, Charles; Leonard, Jeremy; Sharda, Amit; Whittington, Toby: Global Construction 2030: A global forecast for the construction industry to 2030. London: Global Construction Perspectives and Oxford Economics, 2015

[2] de Wit, Marc; Hoogzaad, Jelmer; Ramkumar, Shyaam; Friedl, Harald; Douma, Annerieke: The Circularity Gap Report. An Analysis of the Circular State of the Global Economy. London: Circle Economy and shifting paradigms, 2018

[3] Meadows, Dennis; Meadows, Donella; Randers, Jørgen; Behrens, William W.: The Limits to Growth. New York City: Universe Books, 1972

[4] Hebel, Dirk E.; Wisniewska, Marta H.; Heisel, Felix: Building from Waste. Recovered Materials in Architecture and Construction. Berlin: Birkhäuser, 2014

[5] Vienna University of Economics and Business (WU Vienna) – Institute for Ecological Economics (Hrsg.): Global trends of material use. URL: http://www.materialflows.net/global-trends-of-material-use/ [Stand: 17.07.2020]

[6] Ellen MacArthur Foundation (Hrsg.): Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition. Vol. 1. London: Ellen MacArthur Foundation, 2013

[7] Torres, Aurora; Brandt, Jodi; Lear, Kristen; Liu, Jianguo: A Looming Tragedy of the Sand Commons. Science 357 (2017), Nr. 6355, S. 970. https://doi.org/10.1126/science.aao0503. [Stand: 17.07.2020]

[8] Europäische Kommission (Hrsg.): Level(s): Taking Action on the TOTAL Impact of the Construction Sector. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2019

[9] Eurostat: Waste Statistics, 2018. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics#Total_waste_generation [Stand: 07.12.2020]

[10] United Nations Population Division: World Urbanization Prospects, 2018 Revision. URL: https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=EU [Stand: 17.07.2020]

[11] Ellen MacArthur Foundation (Hrsg.): Towards the circular economy. Business rationale for an accelerated transition. Vol. 4. London: Ellen MacArthur Foundation, 2015. S. 2 (*»A circular economy is one that is restorative and regenerative by design and aims to keep products, components, and materials at their highest utility and value at all times, distinguishing between technical and biological cycles.«*)

[12] Jacobs, Jane: The Economy of Cities. New York City: Random House, 1969

[13] Europäische Kommission (Hrsg.): On the Implementation of the Circular Economy Action Plan. Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM. Brüssel: 2019. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52019DC0190 [Stand: 17.07.2020]

[14] Ruby, Ilka; Ruby, Andreas: Mine the City. In: Re-Inventing Construction. Berlin: Ruby Press, 2010, S. 243 – 247

[15] Cossu, Raffaello; Williams, Ian D.: Urban Mining. Concepts, Terminology, Challenges. Waste Management, Urban Mining 45 (2015), S. 1 – 3. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.040 [Stand: 17.07.2020]

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

[16] Scharff, Christoph: Das EU Kreislaufwirtschaftspaket und die Circular Economy Coalition for Europe. In: Thomé-Kozmiensky, Karl J.; Goldmann, Daniel (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, 9. Berlin: TK Verlag, 2016, S. 11 – 26. URL: https://issuu.com/tkverlag/docs/recycling_und_rohstoffe_band_9 [Stand: 17.07.2020]

[17] Nakamura, Takashi; Halada, Kohmei: Potential of Urban Mine. In: Nakamura, Takashi; Halada, Kohmei: Urban Mining Systems, Springer Briefs in Applied Sciences and Technology. Tokyo: Springer Japan, 2015, S. 7 – 29. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55075-4_2 [Stand: 17.07.2020]

[18] Ellen MacArthur Foundation (Hrsg.): Towards the Circular Economy Vol 1. Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Rethink the Future. London: Ellen MacArthur Foundation, 2013

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Glossar

FELIX HEISEL
UND DIRK E. HEBEL

Abfall
engl.: waste
jeder Stoff oder Gegenstand, dessen sich der Besitzer *»entledigt, entledigen will oder entledigen muss,«* [1] wobei diese Handlung sowohl beabsichtigt als auch unbeabsichtigt, unfreiwillig oder zufällig passieren kann und weder der Handelswert noch der Lagerort des Stoffes oder Gegenstandes einen Einfluss auf den Abfallstatus haben

Abfallwirtschaft
engl.: waste management
Gesamtheit der Tätigkeiten, die nach Artikel 4 der Abfallrahmenrichtlinie [2] die Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling, die sonstige Verwertung und die Beseitigung von Abfall umfassen

Zudem handelt es sich bei der Abfallwirtschaft um einen Wirtschaftszweig.

Abiotische Stoffe / Materialien
engl.: abiotic substances / materials
aus dem Altgriechischen: a- und -bios = leblos, ohne Leben
alle Stoffe der Natur, die nicht von Lebewesen gebildet bzw. umgewandelt werden und somit nach heutigem Verständnis und in Anbetracht der sehr langen Reproduktionszeiträume nicht erneuerbar sind, wie zum Beispiel metallische, fossile oder mineralische Materialien

Anthropogenes (Rohstoff-)Lager
engl.: anthropogenic material depot
menschengemachte Lagerstätten von Rohstoffen, welche aus ihren natürlichen Lagerstätten entnommen und zu Infrastrukturen, Gebäuden und Gütern des täglichen Gebrauchs umgewandelt wurden

In dieser Form verbleiben sie oft lange Zeit in der Anthroposphäre und bilden ein Materiallager, das in vielschichtigen Stoffwechselbeziehungen zu seiner Umgebung steht. (nach [3])

Anthropozän
engl.: anthropocene
aus dem Griechischen: anthropos = Mensch und kainos = neu
durch von Menschen verursachte Phänomene wie den Klimawandel, die Versauerung von Ozeanen, Versteppung, Erosion, Schwermetallbelastungen, radioaktive Verstrahlung und Biodiversitätsverlust charakterisierte geologische Epoche, die mit der Durchführung der ersten Atombombentests im Jahre 1945 begann

Die Anthropocene Working Group der International Commission on Stratigraphy empfahl am 21. Mai 2019 die offizielle Einführung des Anthropozän als jüngste geologische Zeitepoche, welche damit das Holozän ablöst. [4]

Anthroposphäre
engl.: anthroposphere
Teil des Erdsystems, welcher den *»gesellschaftlichen, technologischen und kulturellen Wirkungsraum des Menschen«* [3] umfasst

Die Anthroposphäre kann als komplexes System von Energie-, Güter-, Stoff- und Informationsflüssen verstanden werden, welches *»in engem Austausch«* [5] mit den anderen Sphären der Erde steht. Die Anthroposphäre wird auch als Technosphäre bezeichnet.

Biotische Stoffe / Materialien
engl.: biotic materials
alle Stoffe der Natur, die von Lebewesen gebildet bzw. umgewandelt werden und somit nach heutigem Verständnis und in Anbetracht der kurzen Reproduktionszeiträume erneuerbar sind, wie zum Beispiel alle pflanzlichen und tierischen Erzeugnisse

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Cradle to Cradle (C2C)
engl.: cradle to cradle
Zustand einer immer wiederkehrenden Erneuerung

Ein Produkt sollte so intelligent konzipiert sein, dass es am Ende seiner Nutzungsphase nicht zu Abfall wird, sondern durch permanente Umwandlung und ohne Gesundheitsrisiko für Fauna und Flora in immer neuen Kreisläufen aufgeht. Das Prinzip wurde erstmals in den 1980er-Jahren unter anderem von Walter Stahel geprägt und im Folgenden durch das gleichnamige Buch [6] der Autoren Michael Braungart und William McDonough 2002 bekannt (»von der Wiege zur Wiege«, im Gegensatz zum Prinzip »cradle to grave« = von der Wiege zur Bahre).

Deponie
engl.: landfill
Anlage für die Ablagerung von Abfällen oberhalb oder unterhalb der Erdoberfläche, einschließlich betriebsinterner Abfallbeseitigungsanlagen; auf Dauer [> 1 Jahr] angelegte Anlage, die für die vorübergehende Lagerung von Abfall genutzt wird (nach [7])

Ausgenommen sind Anlagen, die auf die Lagerung von Abfällen vor der Verwertung oder Behandlung mit einer begrenzten Dauer von weniger als drei Jahren oder auf die Lagerung von Abfällen vor der Beseitigung mit einer begrenzten Dauer von weniger als einem Jahr ausgelegt sind. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft lassen sich Deponien auch als Zwischenlager aktuell technisch oder ökonomisch noch nicht verwertbarer Rohstoffe verstehen.

Downcycling
engl.: downcycling
Weiterverwendung und Weiterverwertung von gebrauchten Bauteilen oder Baustoffen durch Umwandlung in eine eindeutig weniger wertige Qualität und / oder Nutzungskategorie [8]

Effizienz
engl.: efficiency
eine der drei Leitstrategien der nachhaltigen Entwicklung (neben Konsistenz und Suffizienz), die darauf abzielt, die Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme im Hinblick darauf zu beurteilen, ob sie in der gegebenen Situation eine Verbesserung herbeiführt

Graue Energie
engl.: embodied energy
Energie, die für die Gewinnung und Herstellung von Bauteilen, den Transport von Gütern, Personen und Maschinen sowie das Einbringen und Verarbeiten von Baustoffen und Bauteilen in Konstruktionen aufgebracht wird und folglich in diesen gebunden ist

Auf den ganzen Lebenszyklus bezogen sollten hierzu auch alle energetischen Aufwendungen zählen, die für den Abriss und die Entsorgung bzw. besser den Rückbau und die Wiedereinschleusung notwendig sind.

Grauer Kohlenstoff
engl.: embodied carbon
CO_2-Ausstoß und -Abscheidungen, welche bei der Gewinnung und Herstellung von Bauteilen, dem Transport von Gütern, Personen und Maschinen sowie dem Einbringen und Verarbeiten von Baustoffen und Bauteilen in Konstruktionen entstehen und folglich in diesen gebunden sind

Auf den ganzen Lebenszyklus bezogen sollten hierzu auch alle Werte zählen, die aus dem Abriss und der Entsorgung bzw. besser dem Rückbau und der Wiedereinschleusung resultieren.

Kaskadennutzung
engl.: cascading material use
Mehrfachnutzung von Stoffen über qualitäts- und wertmindernde Stufen, an deren Ende zumeist die Deponierung oder Verbrennung der Stoffe steht

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dies ist häufig der Tatsache geschuldet, dass die vorangehenden Produkte nicht kreislaufgerecht konzipiert wurden und somit eine Wiederverwendung oder -verwertung unter gleichbleibender Qualität und Wertigkeit nicht möglich ist.

Konsistenz
engl.: consistency
eine der drei Leitstrategien für nachhaltige Entwicklung (neben Effizienz und Suffizienz), die darauf abzielt, Stoffe und Leistungen natürlicher Kreisläufe zu nutzen, ohne diese dabei negativ zu beeinflussen oder gar zu zerstören

Kreislaufgerechtigkeit
engl.: circularity
Fähigkeit von Materialien, Produkten oder Konstruktionen, nach einer Nutzungsphase ohne Qualitäts- und Wertverlust oder Gefährdung von Fauna und Flora wieder in geschlossenen Kreisläufen aufzugehen

Kreislaufgerecht konzipierte Produkte antizipieren kommende Kreisläufe und richten ihre Komposition danach aus.

Kreislaufwirtschaft
engl.: circular economy
ein sich selbst erholendes und erneuerndes Wirtschaftssystem, dessen Prämisse der Erhalt des höchstmöglichen Nutz- und Geldwertes seiner Materialien und Produkte in geschlossenen Stoffkreisläufen ist

Das in Deutschland durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz übliche Verständnis der Kreislaufwirtschaft als Teil der Abfallwirtschaft greift unserer Meinung nach entschieden zu kurz: Anstatt darauf abzuzielen, am Ende der Nutzungsphase den Kreislauf zu schließen und dadurch Abfall zu reduzieren, sollte eine Kreislaufwirtschaft die Entstehung von Abfall durch Innovation und Gestaltung bereits am Anfang des Lebenszyklus verhindern. Im Gegensatz hierzu steht die Linearwirtschaft, in der der überwiegende Teil der eingesetzten Rohstoffe nach der ersten, meist einmaligen Nutzungsphase verbrannt oder deponiert wird.

Kumulierter Energieaufwand (KEA)
engl.: cumulative energy input
Summe des *»primärenergetisch bewerteten Aufwands, der im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Beseitigung«* eines Produkts oder einer Dienstleistung entsteht bzw. *»diesem ursächlich zugewiesen werden kann. […].*

Der KEA beschreibt die Summe aus dem kumulierten Energieverbrauch (KEV) und dem kumulierten nicht energetischen (stofflichen) Aufwand.« [9]

Landfill Mining
engl.: landfill mining
Rückgewinnung von Rohstoffen aus Deponien mit dem Ziel der Wiedereingliederung in den Stoffkreislauf.

Lebenszykluskosten
engl.: life cycle costs (LCC)
die Kosten eines Produkts oder einer Dienstleistung über dessen / deren gesamte Lebensdauer betrachtet.

Die ISO 15 686-5 untergliedert die Lebenszykluskosten von Gebäuden in Kosten für die Beschaffung und Herstellung, den Betrieb, die Instandhaltung und die Entsorgung / Verwertung.

Materialpass / Bauwerksdokumentation
engl.: materials passport
ein digitales Inventar aller in einem Gebäude verbauten Materialien, Komponenten und Produkte mit detaillierten Informationen über deren Mengen, Qualitäten, Behandlungen, Abmessungen, Positionen und Nutzungsgeschichte

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Materialpässe sollten zudem weitere für die Kreislaufwirtschaft relevante Aspekte, wie die Toxizität von Materialien oder einen Rückbauplan, beinhalten.

Nutzungsphase

engl.: use phase

zeitlicher Abschnitt im Lebenszyklus eines Produkts oder Gutes, welcher nach der Herstellungsphase und vor der Entsorgung / Verwertung / Aufbereitung liegt

Ökobilanz

engl.: life cycle assessment (LCA)

Verfahren zur Erfassung und Bewertung »umweltrelevanter Vorgänge«

»Ursprünglich vor allem zur Bewertung von Produkten entwickelt, wird sie heute auch bei Verfahren, Dienstleistungen und Verhaltensweisen angewendet.« [10]

Post-Consumer-Abfall

engl.: post-consumer waste

Stoffe, die nach einer Nutzungsphase von Produkten und Gütern beim Endverbraucher (Konsumenten) entstehen

Pre-Consumer-Abfall

engl.: pre-consumer waste

Stoffe, die bereits im Produktionsprozess von Materialien und Produkten oder während der Weiterverarbeitung von Halbzeugen entstehen, bevor diese den Endkunden erreichen

Hierzu zählen Produktionsreste oder Baustellenverschnitte.

Primärrohstoff

engl.: primary raw material

Rohstoff, der aus natürlichen Reserv*en* gewonnen wurde

Recycling

engl.: recycling

Definition deutsches Kreislaufwirtschaftsgesetz: *»jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.«* [2]

Es handelt sich insofern um einen Überbegriff für die Verwertung, wobei die Begriffe *Wiederverwertung* und *Weiterverwertung* präziser über stoffliche und funktionale Veränderungen Auskunft geben. Der englische Begriff *recycling* entspricht zudem auch dem deutschen *Wiederverwerten*, was in beiden Sprachen zu Unklarheiten in der Begriffsdefinition führt.

Reichweite (statische)

engl.: reserve-to-production ratio

Verhältnis der Reserven zur weltweiten Jahresförderung

Das Ergebnis ist eine theoretische Größe, die angibt, wie viele Jahre ein Rohstoff bei gleichbleibendem Verbrauch und fixen Reserven noch reichen wird.

Reserve

engl.: reserve

Menge eines bereits erschlossenen Rohstoffs, die mit den derzeit verfügbaren technischen Möglichkeiten wirtschaftlich gewonnen werden kann

Reserve und Ressource gemeinsam entsprechen den Gesamtressourcen.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Ressource
engl.: resource
bereits entdeckte Rohstoffmengen, die sich aber noch nicht gewinnbringend fördern lassen

Dazu zählen auch die Vorkommen, die nach heutigen geologischen Erkenntnissen vorhanden sein müssen oder noch entstehen werden. Ressource und Reserve gemeinsam entsprechen den Gesamtressourcen. Im übertragenen Sinne werden auch immaterielle Güter wie z. B. Dienstleistungen, Wissen oder Arbeit als Ressource bezeichnet.

Sekundärrohstoff
engl.: secondary raw material
Rohstoffe, die aus anthropogenen Reserven gewonnen wurden, also in der Regel bereits mindestens für die Dauer einer Nutzungsphase im Einsatz waren

Sharing / Performance Economy
engl.: sharing / performance economy
Wirtschaftssystem, das auf die bessere Ausnutzung von Rohstoffen und Produkten abzielt, indem deren Nutzung von mehreren Akteuren geteilt und dadurch intensiviert wird

Dabei basiert die *Sharing Economy* auf einem peer-to-peer organisierten Geschäftsmodell, wohingegen die *Performance Economy* oder das *Product as Service* neue unternehmerische Geschäftsmodelle beschreiben.

Sortenreinheit
engl.: pure-fraction / mono-material
Zusammensetzung von Stoffen innerhalb einer Gruppe mit gleichen Werkstoffeigenschaften

Sortenreine Materialien liegen insofern in ihrer ursprünglichen Grundkonfiguration vor. Sie sind nicht gemischt, legiert, beschichtet oder mit einem weiteren Material unterschiedlicher Werkstoffeigenschaften verbunden.

Stoffliche Verwertung
engl.: recycling and other recovery
weitere Nutzung der stofflichen Eigenschaften von Produkten und Gütern

Ziel ist es, die thermische Verwertung oder Deponierung zu vermeiden. Dabei unterscheidet man zwischen einer werkstofflichen Verwertung (ohne Aufspaltung in chemische Bestandteile) und einer rohstofflichen Verwertung (mit Aufspaltung in chemische Bestandteile).

Stoffstrommanagement
engl.: material (substance) flow management
ökologische und ökonomische Einflussnahme auf Stoffströme (Gewinnung, Verschiebung, Umwandlung, Wiederverwendung, Wiederverwertung), um eine effiziente Nutzung von Rohstoffen zu erzielen

Generell zielt das Stoffstrommanagement auf die Senkung des Materialdurchsatzes durch wirtschaftliches Handeln und die Schonung natürlicher Vorkommen ab. Es propagiert zudem die Nutzung energetischer Potenziale und die Verringerung und den Ersatz ökologisch bedenklicher Stoffe.

Suffizienz
engl.: sufficiency
eine der drei Leitstrategien für nachhaltige Entwicklung (neben Effizienz und Konsistenz), die darauf abzielt, einen möglichst geringen Rohstoff- und Energieverbrauch durch kluge Beschränkung, Begrenzung oder Verzicht zu erreichen

Thermische Behandlung
engl.: incineration
Verbrennung von Abfällen mit dem primären Ziel der Beseitigung

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Thermische Verwertung
engl.: energy recovery
Verbrennung von Abfällen mit dem primären Ziel der Energieproduktion und insofern der Reduktion des Einsatzes von (hauptsächlich fossilen) Primärrohstoffen

Upcycling
engl.: upcycling
Weiterverwendung und Weiterverwertung von gebrauchten Bauteilen oder Baustoffen durch Umwandlung in eine eindeutig höherwertigere Qualität und / oder Nutzungskategorie [8]

Urban Mining
engl.: urban mining
Rückgewinnung von verwend- oder verwertbaren Baumaterialien und Bauteilen aus der gebauten Umwelt, welche nicht kreislaufgerecht konzipiert und errichtet wurden

Die Analogie zum Bergbau ist hier treffend, da der physische und energetische Aufwand der Rückgewinnung von Rohstoffen immens und weiterhin problematisch ist. Dies beruht auf der Tatsache, dass die Rohstoffe nicht sortenrein und reversibel geplant vorliegen und dadurch im Prozess unerwünschte und zum Teil toxische Nebenprodukte und Verluste entstehen. Urban Mining adressiert daher lediglich (noch) nicht kreislaufgerecht konzipierten Reserven und wird von den Herausgebern im Kontext dieses Buchs als Übergangszustand hin zu einer vollständigen Kreislaufwirtschaft angesehen, in der das Prinzip Urban Mining nicht mehr notwendig ist und letztendlich obsolet wird.

Weiterverwendung
engl.: repurposing / adaptive re-use
Verwendung eines Materials oder Bauteils unter Beibehaltung seiner stofflichen Komposition (Zusammensetzung) und seiner Gestalt (Physiognomie) Jedoch ändert sich seine ursprüngliche Funktion (Nutzungskategorie). Zwischen Wertminderung oder -steigerung durch die neue Nutzungskategorie wird begrifflich nicht unterschieden. Bei einer Weiterverwendung von Gebäuden spricht man von Umnutzung.

Weiterverwertung
engl.: reprocessing
Verwertung eines Materials in einer weiteren Nutzungsphase unter Auflösung seiner stofflichen Komposition (Zusammensetzung) und Gestalt (Physiognomie)

Hierdurch entstehen andere Werkstoffe oder Produkte mit anderen Eigenschaften und neuen Anwendungen (Nutzungskategorien). Zwischen Wertminderung oder -steigerung durch die neue Nutzungskategorie wird begrifflich nicht unterschieden.

Wiederverwendung
engl.: re-use
Verwendung eines Materials oder Bauteils in einer weiteren Nutzungsphase unter Beibehaltung seiner stofflichen Komposition (Zusammensetzung) und seiner Gestalt (Physiognomie) sowie seiner ursprünglichen Funktion (Nutzungskategorie)

Wiederverwertung
engl.: recycling / reutilization
Verwertung eines Materials in einer weiteren Nutzungsphase unter Beibehaltung seiner stofflichen Komposition (Zusammensetzung) bei gleichzeitiger Änderung seiner Gestalt (Physiognomie)

Oftmals bleibt die Funktion des Baustoffs bestehen (Nutzungskategorie). Der Begriff Wiederverwertung wird oft (unscharf) sinngleich mit Recycling verwendet.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG), § 3 Abs. 1

[2] Europäische Kommission (Hrsg.): Guidance on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98/EC on waste. Brüssel, 2012

[3] Umweltbundesamt (Hrsg.): Das anthropogene Lager als Sekundärrohstoffquelle. Berlin: 2016. URL: https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/abfallwirtschaft/urban-mining/das-anthropogene-lager#das-anthropogene-lager-als-sekundarrohstoffquelle [Stand: 17.07.2020]

[4] Anthropocene Working Group: Results of the Binding Vote by AWG. Subcommission on Quaternary Stratigraphy, 2019. URL: http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/ [Stand: 17.07.2020]

[5] Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften, PG-NET: Das Lernportal zur Einführung in die physische Geographie: Anthroposphäre. URL: https://www.geo.fu-berlin.de/v/pg-net/glossar/anthroposphaere.html [Stand: 17.07.2020]

[6] Braungart, Michael; McDonough, William: Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things. New York City: North Point Press, 2002

[7] Rat der Europäischen Union (Hrsg.): Richtlinie 1999/31/EG DES RATES vom 26. April 1999 über Abfalldeponien. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:01999L0031-20111213&qid=1502367950691&from=EN [Stand: 17.07.2020]

[8] Kay, Thornton: Salvo in Germany. Salvo Monthly (1994), Nr. 23, S. 11–14

[9] Verein Deutscher Ingenieure (VDI): Richtlinie 4600 Kumulierter Energieaufwand (KEA) – Begriffe, Berechnungsmethoden. Düsseldorf: VDI, 2012, S. 6

[10] Umweltbundesamt (Hrsg.): Ökobilanz. Berlin: 2018. URL: https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/oekobilanz [Stand: 17.07.2020]

Für die in diesem Glossar aufgeführten Begriffsdefinitionen wurden weiterhin die folgenden Quellen herangezogen und kombiniert:

- Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies, Johanna K.: Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource. München: Edition Detail, 2018
- Kanzian, Barbara: Altmetalle Kranner 2020. Urban Mining Glossar. URL: https://urbanmining.at/glossar [Stand: 17.07.2020]
- Stockhammer, Daniel: Upcycling. Reuse and Repurposing as a Design Principle in Architecture. Zürich: Triest Verlag, 2020
- Umweltbundesamt (Hrsg.): Urban Mining. Ressourcenschonung im Anthropozän. Berlin: 2017, S. 10

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Für mehr Menschen mit weniger Material bauen[2]

WERNER SOBEK

Werner Sobek ist ein deutscher Architekt und Ingenieur. Er ist Gründer des Instituts für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) der Universität Stuttgart sowie der Werner Sobek AG, eines weltweit tätigen Planungsbüros im Bauwesen.

Eine der Überschriften, die über unseren Forschungen und praktischen Arbeiten stehen, heißt *»Build for more with less«* oder, anders ausgedrückt, für mehr Menschen mit weniger Material bauen. Dieses Anliegen wurzelt natürlich in dem Bereich, der meinen akademischen Werdegang geprägt hat: dem Leichtbau. Als Schüler von Frei Otto und Jörg Schlaich habe ich mich viele Jahre mit der Frage beschäftigt, wie man leichter bauen kann. Der Leichtbau war das große Faszinosum am Anfang meiner Karriere. Wer den Leichtbau beherrscht, der beherrscht im Grunde genommen die gesamte Welt der Konstruktionen. In der Königsdisziplin Leichtbau arbeitet man nur noch im Nichtlinearen, um das Minimum zu finden. Man muss alles perfekt beherrschen, von der Lastannahme über die Dimensionierung und die relevanten Materialkenngrößen bis hin zu vielen anderen Parametern. Man erklimmt die einzelnen Stufen – und am Ende beherrscht man die Klaviatur der Materialminimierung perfekt. Bei mir setzte dann aber ziemlich schnell das Nachdenken darüber ein, was wir eigentlich mit den Verbundmaterialien machen, mit denen Leichtbau lange Zeit (und bei vielen immer noch) assoziiert wurde, wenn das Ende des Lebens dieser Bauteile gekommen ist. Ein Beispiel hierfür sind Kohlefaserverbundsysteme in Rennwagen oder Flugzeugen. Ich habe Mitte der 1980er-Jahre begonnen, mich mit diesen Fragen zu beschäftigen – und wurde im Laufe der Jahre immer nachdenklicher.

Zu dieser Zeit gab es eine Initiative der Bundesregierung, um die Recyclingquote im Automobilwesen zu erhöhen. Schließlich wurde die Rücknahmeverpflichtung für Automobile eingeführt, woraufhin die Autoindustrie sofort ihren Untergang verkündete. Erstaunlicherweise ging es dann aber doch. Ich dachte mir damals: »Wenn es im Automobilwesen geht, müsste es sich doch auch im Bauwesen realisieren lassen!« Als ich versuchte, mir ein Bild von der Recyclingquote im bundesdeutschen Bauschaffen zu machen, stieß ich aber immer wieder auf neue Schwierigkeiten. Wenn ich einen Kollegen nach seiner Recyclingquote fragte, war die Antwort mit schöner Regelmäßigkeit: »Aber ich

2 Dieser Text ist eine überarbeitete Mitschrift des Vortrags von Werner Sobek beim Symposium *take.build.repeat.* am KIT Karlsruhe, gehalten am 09.11.2018 an der KIT Fakultät für Architektur.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

baue doch für die Ewigkeit! Meine Architektur/mein Engineering ist so gut – was soll ich hier recyceln?« Die Zahlen, die andere mir nannten, lagen zwischen 2 % und 100 %. Manche sprachen vom thermischen Recycling, andere von geschlossenen Kreisläufen – Klarheit gab es aber nirgends. 1992 habe ich begonnen, eine Vorlesungsreihe über recyclinggerechte Architektur zu halten. Viele hielten mich damals für verrückt.

Bei meinen Recherchen musste ich immer wieder feststellen, dass viele der Daten, auf denen allgemeine Annahmen und Aussagen beruhen, nur sehr schwer (wenn überhaupt) zu verifizieren bzw. widersprüchlich und unvollständig waren – sowohl auf nationaler wie auf internationaler Ebene.

Während wir versuchten, Licht in das Dunkel der Aussagen über Recycling im Bauwesen zu bringen, wurde in der öffentlichen Diskussion die Energieeffizienz der bestimmende Faktor. Ich habe mich hierbei immer gefragt: »Warum sollen die Menschen energieeffizient sein, wenn die Sonne 10 000-mal mehr Energie auf die Erde einstrahlt, als die Menschheit für alle Funktionalitäten benötigt?« Hinzu kommen ja auch noch andere erneuerbare Energiequellen wie Geothermie und Gezeiten bzw. Wellen.

Eigentlich haben wir doch gar kein Energieproblem, sondern ein Emissionsproblem. Die beiden sind zurzeit noch miteinander gekoppelt, weil wir seit über 150 Jahren Energie in großem Maßstab durch das Verbrennen fossiler Energieträger gewinnen (und dadurch Emissionen erzeugen, die zur Erderwärmung führen). Darin liegt doch das eigentliche Problem! Und hiergegen helfen auch alle bisherigen Energieeinsparverordnungen nur sehr bedingt. Wenn man dank einer (meist auf Erdölbasis erzeugten) Wärmedämmung am Haus statt einhundert Einheiten Heizöl am Ende nur noch zwanzig Einheiten Heizöl innerhalb einer bestimmten Zeitspanne verbrennt, ist das zwar erfreulich, man verbrennt aber immer noch Heizöl! Das aber ist der falsche Weg! Wir brauchen keine Energieeinsparverordnung, sondern ein Emissionsverhinderungsgesetz! Warum sprechen wir nicht Klartext? Warum sprechen wir nicht einfach von Emissionseffizienz oder Emissionseffektivität? Und warum ersetzen wir die (mit allen Anhängen und Regelungen und auslegenden Erläuterungen) fast 500 Seiten lange Energieeinsparverordnung nicht einfach durch einen einzigen Satz: Es ist fortan verboten, beim Betreiben unserer gebauten Umwelt gasförmige Abfälle zu erzeugen. Damit wäre das richtige Ziel klar formuliert und wir würden, nebenbei gesagt, damit auch das größte Forschungsprogramm der Geschichte initiieren.

Es geht darum, klar zu sprechen. Wenn die grundlegenden Annahmen und Begrifflichkeiten nicht korrekt benannt werden, kommt man in keinem Diskurs zu einem sinnvollen Ergebnis. Und nebenbei öffnet man natürlich denjenigen, die Halbwissen bewirtschaften (in der Politik nennen wir sie Populisten) Tür und Tor. Als Architekten und Ingenieure haben wir eine sehr große Verantwortung. Dieser Verantwortung müssen wir uns stellen. Wir müssen beispielsweise fragen: »Was ist eigentlich die Korrelation zwischen Mobilität und Immobilität, also zwischen dem sich Bewegen und dem Haus? Wie gehen wir mit dem Trend zur Verstädterung um?« Man kann zwar sagen, dass hohe Häuser mit möglichst wenig Individualverkehr hierfür die beste Lösung sind – man muss das dann aber auch wissenschaftlich mit Fakten unterlegen. Wie viel mehr (oder weniger) an Material benötigt man, um ein Haus mit 100 Stockwerken zu bauen anstatt 100 Häuser mit je nur einem Stockwerk? Das weiß niemand! Man kennt vielleicht eine wesentliche Dimensionierungskenngröße für Hochhäuser, nämlich die Windbelastung. Als Faustregel für die Dimensionierung zur Abtragung der Windbelastung gilt: doppelt so hoch, viermal so viel Materialbedarf. Ist es unter diesen Vorzeichen besser,

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

hoch und dicht zu bauen oder flach und breit ausgedehnt? Letzteres mit einem Individualverkehr, der keine Abgase emittiert? Diese Korrelationen müssen wir zuerst ermitteln und dann diskutieren. Wo brauchen wir viel Material, wo brauchen wir viel Bewegungsenergie – und wo bekommen wir diese Energie her? Bei den verwendeten Materialien müssen wir fragen: »Steht dieses Material auch künftig in hinreichender Menge zur Verfügung? Wie gewinnt man es – und wie führt man es wieder in technische oder biologische Kreisläufe zurück?«

Ein vernünftiges und würdiges Leben zu ermöglichen – das muss unser Ziel sein. Was sind die Parameter hierfür? In Europa steht das Bauwesen für mehr als 50 % des Primärmaterialverbrauchs. 36 % des Müllaufkommens werden durch das Bauwesen induziert. Und das Bauwesen steht für mehr als 50 % des Primärenergieverbrauchs und 40 % der Treibhausgasemissionen. [1], [2] Diese Zahlen zeigen, was für eine große Hebelwirkung Veränderungen im Bauwesen haben können – und das bei einem Bauwesen, das sich auf einem relativ niedrigen technologischen Niveau befindet. Dies ist nicht zuletzt vor dem Hintergrund der noch vor uns liegenden demographischen Entwicklungen sehr wichtig.

Was sind wesentliche Zahlen dieser Entwicklung? Wie groß ist die aktuelle Weltbevölkerung? Wie viele Menschen wurden dieses Jahr schon geboren, wie viele Menschen sind bislang gestorben – was ist also der Nettozuwachs der Weltbevölkerung pro Sekunde? Momentan liegt dieser Zuwachs bei 2,6 Menschen pro Sekunde. Dies ist die alles prägende Zahl: 2,6! Aber was bedeutet das für den künftigen Bedarf an Baustoffen und für deren Reichweite? Zur Reichweite einzelner Materialien gibt es nur sehr unklare Aussagen, oft wird nicht einmal zwischen statischer und dynamischer Reichweite unterschieden. Klar ist aber, dass viele Materialen nicht beliebig lange verfügbar sein können und dass wir schon jetzt dringend nach alternativen Herangehensweisen suchen müssen.

Um noch einmal auf den soeben erwähnten Nettozuwachs der Weltbevölkerung zurückzukommen: Wenn wir den 2,6 Menschen, die pro Sekunde zusätzlich die Welt betreten, einen bundesdeutschen Baustandard geben wollten, was bedeutet das eigentlich? Wir haben berechnet, dass der durchschnittliche deutsche Bürger 490 Tonnen Baustoffe besitzt. Ganz grob gesagt, entfällt dabei die eine Hälfte auf die Infrastruktur, die andere Hälfte auf den Hochbau. [3] Jeder besitzt mehr Straßenfläche als Wohnraum. Wenn man alle deutschen Straßen aneinanderreihen würde, könnte man dieses Konstrukt 15-mal um den Äquator wickeln. Wenn wir also allen neuen Erdenbürgern diesen Standard angedeihen lassen wollen, müssen wir – Tag und Nacht, sieben Tage in der Woche – 1 300 Tonnen Baustoffe pro Sekunde herstellen. Natürlich kann man auch einen niedrigeren Standard ansetzen, zum Beispiel den durchschnittlichen Wert industrialisierter Länder, also 335 Tonnen pro Einwohner. Selbst dann müssen wir pro Sekunde aber immer noch 870 Tonnen herstellen. Reduziert man den Standard für neue Erdenbürger noch weiter, nämlich auf den Durchschnittswert für Erdenbürger von 115 Tonnen, dann müssen wir zwar nur noch 300 Tonnen pro Sekunde herstellen – aber selbst diese 300 Tonnen bedeuten bei einer Verwendung herkömmlicher Baustoffe, die in herkömmlicher Weise hergestellt worden sind, derart umfassende CO_2-Emissionen, dass sich das Pariser Klimaschutzziel damit nicht einhalten lassen wird.

Bei vielen Materialien zeichnen sich schon heute deutliche Verknappungen bei der Verfügbarkeit ab. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist Sand. Laut dem berühmten Film über Sandraub, *Sand Wars,* [4] gibt es 3 000 mehr oder weniger illegale Sandschiffe, die den Strand an den Malediven, den Seychellen oder in Marokko abtragen, um in Singapur oder im

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 1 *Die Stuttgarter Glasschale wurde ohne jegliche metallischen Verbindungselemente realisiert. Im Hintergrund ist das Institutsgebäude des ILEK zu sehen.*

Mittleren Osten Beton herstellen zu können. Insbesondere im Mittleren Osten gibt es zwar genügend Sand – dessen Körner sind durch Windverwehungen und Rollbewegungen allerdings rund geworden, und mit runden Sandkörnern kann man keinen Beton herstellen, der eine hinreichende Festigkeit aufweist.

Selbst wenn man diese Materialien hätte, müssten man fragen: »Was machen wir damit?« Allzu oft wird Sondermüll erzeugt, wie z. B. bei der Herstellung der Außenwand eines typischen schwäbischen Einfamilienhauses. Dort findet man bestimmt 25 verschiedene Baustoffe, die aus Gewährleistungsgründen so fest miteinander verbunden sind, dass sie nie wieder sortenrein voneinander getrennt werden können. Die Worte, die dort verwendet werden, sind natürlich nobel: Primer, Putzträger, Deckschichten, fungizide Anstriche, insektizide Ausstattungen. Nicht nur in der Kombination miteinander sind diese Dinge aber alles andere als nobel; sie sind oft biotoxisch und letztlich nichts anderes als Sondermüll. Wir bauen aber trotzdem so weiter wie bisher und erzeugen dabei jeden Tag hunderttausende Kubikmeter Sondermüll.

Neben den Fragen des Materialverbrauchs müssen wir auch die Frage stellen, wie viel Energie wir eigentlich für die Herstellung unserer Häuser aufwenden. Wir versuchen zwar mehr schlecht als recht, den Energieverbrauch während der Nutzungsphase zu verringern – über den Energieverbrauch bei der Erstellung eines Gebäudes wird bislang aber praktisch überhaupt nicht gesprochen. Wenn

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

wir den Gesamtenergiebedarf eines Hauses von der Herstellung des Zements bis zum Abriss und zum Recycling betrachten und diese Summe als 100 % beziffern, dann beläuft sich die heute zur Herstellung eines Gebäudes benötigte Energie auf bis zu 55 %. Eine Verringerung des Energiebedarfs in der Nutzungsphase ist zwar nicht falsch – aber die Hebelwirkung wäre x-fach größer, wenn wir bei der Herstellung des Hauses substanzielle Einsparungen an Material erreichen würden. In diesem Zusammenhang möchte ich auf die von mir so benannte Schadensakkumulations-Hypothese aufmerksam machen. Die dahinterstehende Frage lautet: »Was ist eigentlich für die globale Erderwärmung schlimmer – wenn man heute 30 Tonnen CO_2 emittiert oder wenn man über 30 Jahre jeweils eine Tonne jährlich emittiert?« Interessanterweise gibt es keinen linearen Zusammenhang zwischen beiden Zahlen. Und das ist von großer Bedeutung für unser Bauschaffen.

Viele denken, dass das Heil im Verzicht auf Technik liegt. Bis zu einem Meter dicke Außenwände sind eine jetzt propagierte Lösung. Was die meisten dabei vergessen, ist: Bei der Herstellung einer einen Meter dicken Ziegelwand werden so viele Emissionen erzeugt, dass diese über die Lebensdauer des Gebäudes kaum durch Einsparungen im Betrieb kompensiert werden können.

Ähnlich enttäuschende Ergebnisse liefert die Betrachtung der bisher erzielten Energieeinsparungen. Während sich der Energieverbrauch bei Neubauten in den vergangenen 40 Jahren fast halbiert hat, hat sich die durchschnittliche Wohnfläche verdoppelt. Der tatsächliche Primärenergieverbrauch pro Person ist also trotz aller Bemühungen seit 40 Jahren konstant. Dies ist nicht zuletzt einer der Gründe dafür, dass es Deutschland seit Jahren nicht gelingt, die CO_2-Emissionen zu reduzieren.

Wenn man das bisher Gesagte zusammenfasst, dann kommt man zu zwei ganz einfachen Überschriften. Die erste lautet »Für mehr Menschen mit weniger Material bauen«. Die zweite »Vollständig und schnellstmöglich auf fossilbasierte Energie verzichten«. Wenn wir diese beiden Überschriften beherzigen, dann ist ein großer Teil der vor uns liegenden Probleme zumindest in Ansätzen gelöst. So einfach wäre das: ein Gesetz, das nur aus zwei Paragraphen besteht, die zudem jeder versteht.

Viele fragen sich jetzt vielleicht: »Wie soll man das denn umsetzen?« Ein kleiner Einblick in die Arbeiten, die ich mit meinen tollen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in meinen Büros und an der Universität am ILEK durchführe, soll bei der Beantwortung dieser Frage helfen. Wir versuchen, unseren Beitrag zur Dämpfung des Problems zu leisten. Hierzu gehören Dinge wie die dünnste Glasschale der Welt: 8,50 m Spannweite, 1 cm Dicke. Das Verhältnis von Dicke zu Spannweite beträgt also 1 zu 850. Das ist ungefähr ein Dreißigstel des Wertes, den ein Hühnerei erreicht. Diese Glasschale steht seit 15 Jahren vor dem Institut und ist dort Wind und Wetter ausgesetzt. Das ist absolut vertrauenserweckend und robust. Heute wissen wir, dass wir die Schale noch mit wesentlich geringerer Wandstärke bauen könnten. Das ist schon fast Bauen mit nichts. Und trotzdem sind die Art der Lagerung und die Geometrie dieser Schale noch lange nicht optimal, weil sie unten auf einem Titanzugring aufliegt. Ein kurzer Exkurs in die Materialkunde: Warum Titan und nicht Edelstahl oder anderes? Ganz einfach deshalb, weil Titan den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie Glas hat. Das heißt, es gibt weder bei Erwärmung noch bei Abkühlung Probleme, wenn die Glasscheiben punktuell gelagert sind. Wir haben in der Schale ein inhomogenes Spannungsfeld, können aber mit dem Material Glas nicht darauf reagieren, weil wir die Dicke des Materials herstellungsbedingt nicht beliebig variieren können.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Mit Beton kann man diese Variation vornehmen. Wir haben uns deshalb gefragt, wie eine solche Schale idealerweise aussehen müsste – und wie man sie herstellen kann. Hierfür haben wir ein Verfahren entwickelt, mit dem man räumlich gekrümmte Bauteile auf einer gefrorenen Sandschalung herstellen kann. Mit dieser voll recycelbaren Schalung lassen sich Porositäten im Bauteilinneren so gestalten, dass die verbleibenden Wandungen kraftflussoptimiert – und damit auch materialminimiert – sind. Mit dieser Technik haben wir zum Beispiel den berühmten Rosenstein-Pavillon gebaut: eine Betonschale mit einem Eigengewicht von 25 Kilogramm pro Quadratmeter – bei immerhin 6 Metern Spannweite. Die normale Wohnzimmerdecke eines schwäbischen Einfamilienhauses wiegt zwischen 500 und 600 Kilogramm pro Quadratmeter. Die hier angewandten Optimierungsmaßnahmen führen typischerweise zu einem Erscheinungsbild mit inhärenter Logik, das die meisten Menschen automatisch als schön empfinden. Das Herausarbeiten dieser den Dingen innewohnenden Eigenschönheit ist eine ganz besondere Qualität des Leichtbaus.

ABB. 2 *Der Rosenstein-Pavillon ist ein Beitrag zur Materialeinsparung im Bauwesen: Das poröse Schalentragwerk ist um 40 % leichter als eine massive Schale gleicher Tragfähigkeit.*

Natürlich können wir nicht alle Menschen in doppelt gekrümmten Kuppelschalen wohnen lassen – nicht zuletzt, da die Leute in der Regel lieber auf einer horizontalen als auf einer gekrümmten Fläche laufen. Was können wir tun, um einen optimierten Innenraum mit einer möglichst effizienten Funktionsfläche zu verbinden? Die Lösung liegt in der Gradierung unserer Baustoffe.

Wenn man den Querschnitt eines Knochens betrachtet, sieht man Bereiche mit hoher Dichte und Bereiche mit niedriger Dichte. Ganz offensichtlich hat die Natur hier auch das Prinzip der Optimierung des Innenraums angewandt. Was können wir daraus lernen? Offensichtlich ist es sinnvoll, einen massiven Körper innen so mit Hohlkörpern zu bestücken, dass die Verteilung dieser Hohlkörper dem Kraftfluss angepasst ist. Wir haben deshalb untersucht, wie wir die Bauteilinnenräume optimieren können, ohne dass dies sichtbar ist bzw. ohne dass die Funktionsfläche beeinträchtigt wird. Wie berechnet man die optimale Größe und Verteilung der Hohlräume – und wie stellt man sie her? Wir sind heute in der Lage, Betonhohlkugeln mit einem Durchmesser von 10 mm bis 250 mm Durchmesser herzustellen, die direkt in die Schalung eingelegt werden können. Hiermit lassen sich hochkomplizierte Formen erzeugen, die nicht nur

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

wunderschön sind, sondern auch ultraleicht – und dazu noch voll weiterverwertbar, da aus einem einzigen Werkstoff hergestellt.

Mit dieser Technik können wir schon heute Geschossdecken herstellen, die hinsichtlich Durchbiegung und Lastabtrag die gleiche Leistungsfähigkeit wie herkömmliche Deckensysteme aufweisen – aber mit der Hälfte des Materials auskommen. Wenn man diese Technik auf ein 200 Meter hohes Wohngebäude anwendet, das normalerweise 160 000 Tonnen wiegen würde, lassen sich – bei gleicher Leistung – mehr als 80 000 Tonnen Beton einsparen. Das sollte uns zu denken geben.

ABB. 3 *Das viergeschossige Gebäude befindet sich auf einem steilen Grundstück am Rande des Stuttgarter Talkessels. Es wurde als vollkommen recycelbares, im Betrieb emissionsfreies Nullheizenergie-Gebäude entworfen.*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

▲ ***ABB. 4*** *Ziel des Experimentalbaus* B10 *war es, aufzuzeigen, wie innovative Materialien, Konstruktionen und Technologien unsere gebaute Umwelt nachhaltig verbessern können. Dank eines ausgeklügelten Energiekonzepts und einer selbstlernenden Gebäudesteuerung erzeugt das Gebäude das Doppelte seines Energiebedarfs selbst aus nachhaltigen Quellen.*

ABB. 5 *Die* Urban Mining and Recycling (UMAR) Unit *von Werner Sobek mit Dirk E. Hebel und Felix Heisel ist in großen Teilen aus Rezyklaten gebaut und kann vollständig und rückstandsfrei in technische und biologische Kreisläufe zurückgeführt werden.*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Frage, was eigentlich mit all den Materialien passiert, die beim Rückbau eines Gebäudes anfallen. Ich habe Ende der 1990er-Jahre im Selbstversuch das erste voll recycelbare Haus gebaut, das nicht wie eine Lehmhütte oder wie ein Holzhaus aussieht. *R128* ist materialminimal. Es wiegt 15 % dessen, was ein Haus gleicher Größe in konventioneller Bauweise wiegen würde. Möglich wird dies durch ein radikal vereinfachtes Baukonzept. Keine Leitungen unter Putz, keine angeklebte Wärmedämmung etc. In sehr vielem ein Verstoß gegen bundesdeutsche Konventionen und Vorschriften des Bauens.

Aber: In so einem Verstoß lebt es sich fulminant. Ich selbst möchte überhaupt nicht mehr anders leben als in solchen Verstößen gegen das Althergebrachte. Das Haus lässt sich innerhalb kürzester Zeit auseinandernehmen. Es gibt nur zwei verschiedene Schraubentypen. Alles andere ist gesteckt, geklippt oder von Magneten gehalten. Diese Prinzipien haben wir auch auf andere Gebäude angewandt und hierbei mit neuen Materialien experimentiert und die Nutzung nachhaltiger Energiequellen immer weiter verbessert. Ein weiterer Meilenstein war zum Beispiel *F87*, das erste Haus, das nicht nur voll recycelbar ist, sondern das auch 170 % der Energie, die es benötigt, selbst aus nachhaltigen Quellen gewinnt. Es ist übrigens auch das erste Haus der Welt, das mit einem Elektroauto kommuniziert, um die Gewinnung, Speicherung und Nutzung von nachhaltiger Energie in Haus und Auto möglichst gut aufeinander abzustimmen.

Mit *B10* in Stuttgart haben wir das erste Haus der Welt entwickelt, das Energieverbrauch und -erzeugung mit seinen Nachbargebäuden abstimmt (und selbstverständlich auch mit den zugehörigen Elektrofahrzeugen). 200 % der Energie, die das Haus über das Jahr benötigt, werden vom Haus selbst erzeugt. Natürlich aus nachhaltigen Quellen. Alle unsere Häuser haben keinen Schornstein mehr, sie emittieren nichts. Dann sind wir noch weiter gegangen und haben zusammen mit Dirk E. Hebel und Felix Heisel ein Haus realisiert, das in großen Teilen aus Rezyklaten gebaut ist und das garantiert vollständig und rückstandsfrei in technische bzw. biologische Kreisläufe zurückgeführt werden kann: die *Urban Mining and Recycling (UMAR) Unit* an der Empa in Dübendorf. Die Fassadenverkleidung besteht aus Kupferblechen unterschiedlicher Farbe, die wir aus unterschiedlichen Abbruchsituationen eingesammelt haben. Im Innenraum finden sich wiederverwertete ebenso wie wiederverwendete Materialien, wie zum Beispiel geleaste Türklinken. Die Innenverkleidung des Badezimmers wiederum besteht aus wiederverwerteten Schneidebrettchen aus HDPE, wasserdicht und formschön.

Bei unseren Forschungen sind wir immer mehr zu der Überzeugung gelangt, dass solche hochqualitativen Häuser nicht mehr vor Ort herstellbar sind, weil die Akkuratesse, die man benötigt, um die Silikonfuge zu verhindern, auf der Baustelle gar nicht zu erreichen ist. Wir haben uns deshalb immer stärker dem industriellen Bauen zugewandt, teils in Form von Modulbauweise, teils in Form von Elementbauweisen. Hierdurch sind signifikante Qualitätssteigerungen bei gleichzeitig deutlichen Kostensenkungen möglich. Dabei ist es natürlich erforderlich, dass beispielsweise sämtliche Leitungen dreidimensional vorgeplant werden müssen, sodass Leitungslängen minimiert und leichte Zugänglichkeit und Austauschbarkeit gewährleistet werden können. Wenn man dies nur für ein Gebäude leistet, ist es natürlich relativ teuer. Nutzt man diese Entwicklungen aber für eine serielle Fertigung, ergeben sich signifikante Einsparpotenziale. So können wir in Zukunft konsequent niedrigpreisige Wohngebäude für jedermann erstellen: ohne den Preis für das Grundstück deutlich unter 2 000 Euro pro Quadratmeter Erstellungskosten. Kostengünstig, schnell, qualitativ gut – sowie emissionsfrei und voll recycelbar. Liegt hier nicht die Zukunft?

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Europäische Kommission (Hrsg.): Level(s): Taking Action on the TOTAL Impact of the Construction Sector. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2019

[2] Eurostat: Waste Statistics, 2018. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics#Total_waste_generation [Stand: 07.12.2020]

[3] Sobek, Werner: Ultra-lightweight construction. International Journal of Space Structures 31 (2016), Nr. 1, S. 74 – 80

[4] Delestrac, Denis: Sand Wars (2013), Film, PBS International

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Wirtschaften in Kreisläufen

Eine Begriffsklärung für den Bausektor

Walter R. Stahel hat an der ETH Zürich Architektur studiert, war am Battelle Institut in Genf Projektleiter für angewandte Wirtschaftsforschung und ist seit den 1980er-Jahren gleichzeitig als Gründer-Direktor des Instituts für Produktdauer-Forschung und in der Risikomanagement-Forschung der Genfer Vereinigung tätig.

WALTER R. STAHEL

Eine Bewirtschaftung des Bestandes im Sinne von dessen Werterhaltung über lange Zeiträume hinweg ist das Ziel eines Wirtschaftens in Kreisläufen (WinK). [1] – [4] Mit dem Ziel der Abfallvermeidung betrifft das WinK insofern hauptsächlich Güterbestände und nicht Güterproduktion – oder anders ausgedrückt (Material-)Seen und nicht Flüsse. Historisch gesehen durchlief die Entwicklung des WinK drei Stadien, die weiterhin nebeneinander bestehen: natürliche Stoffkreisläufe, menschengemachte Materialströme sowie ein gesamtgesellschaftliches Nachhaltigkeitsverständnis.

Die Natur baut auf dem Grundprinzip des Kreislaufes auf. Güter, die aus natürlichen Materialen bestehen, zerfallen an ihrem Lebensende, ohne der Natur zu schaden, und werden zu Nährstoffen für Bakterien, Insekten oder Würmer. Wir Menschen sind Teil dieses natürlichen Kreislaufes und lebten lange innerhalb dieses gegebenen Rahmens, bis die industrielle Revolution die Grenzen des Wirtschaftens über die in der Natur auftretenden Stoffe hinaus ausweitete.

Das Anthropozän stellt die zweite Entwicklungsstufe des WinK dar. Wissenschaftliche Entdeckungen auf den Gebieten der Energie, Chemie und Metallurgie offenbarten der Menschheit ungeahnte neue Möglichkeiten. Allerdings kennt die Natur die von Menschenhand geschaffenen neuen Materialien nicht, weshalb sie die Verantwortung ihres Erfinders über den gesamten Lebenszyklus hinweg erfordern. Darin besteht die Grundlage eines industriellen WinK, das von Wirtschaftlichkeit, Innovation und Wettbewerbsfähigkeit geprägt wird.

Ein ausgereiftes industrielles WinK, das immaterielle Faktoren und unsichtbare Ressourcen mit einschließt, stellt die dritte Entwicklungsstufe dar. Es baut auf einem gesamtheitlichen Verständnis der Gesellschaft im Sinne der Nachhaltigkeit auf und umfasst Fragen der Haftung, Ethik und Verhaltenssoziologie. Hierzu zählt ebenfalls eine Buchführung aller unsichtbaren Ressourcen, die in industriell gefertigten Gütern enthalten sind. Neue Geschäftsmodelle, wie zum Beispiel eine geteilte Nutzung, können Eigentum und Haftung vermischen und verlangen ein kulturell geprägtes Verantwortungsgefühl.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kreisläufe in der Natur

Die Natur ist eine materielle Welt ohne Zielsetzung, ohne zeitliche oder monetäre Zwänge, ohne Eigentümer und ohne Abfall. Die meisten Objekte aus Naturmaterialien wie beispielsweise Holz, Wolle oder Leder zerfallen mit der Zeit und werden zum Ausgangspunkt neuer Kreisläufe. Dabei ist die Dauer der Nutzung zunächst nicht relevant. Objekte können sehr lange bestehen, wenn sie beispielsweise regelmäßig instand gehalten werden. Die Grenze vieler natürlicher Kreisläufe ist ihre Absorptionsfähigkeit, denn hohe Konzentrationen von Fremdstoffen können die Natur überfordern.

Naturprodukte sind Einweggüter aus nachwachsenden oder erneuerbaren Ressourcen in einem biologischen Kreislauf. Die Natur nutzt Kohlenstoff als einen ihrer wichtigsten Baustoffe innerhalb dieses Kreislaufs. Pflanzen entnehmen der Atmosphäre CO_2 für ihr Wachstum und binden es in ihrer Struktur. Verfault die Pflanze, wird sie verbrannt oder anderweitig zersetzt, entweicht das CO_2 zurück in die Atmosphäre und der Kreislauf beginnt von vorne.

Anorganische Stoffe wie Stein, Eisen, Kohle und Metalle hingegen sind inert. Diese Ressourcen sind nicht in einem biologischen Kreislauf erneuerbar und bilden daher zusammen mit den Gütern, in denen sie verbaut sind, einen technischen Kreislauf.

Im Bannkreis von Nachhaltigkeit und WinK verlangt eine weitere erneuerbare Ressource – die menschliche Arbeit – besondere Aufmerksamkeit, da es ohne Menschen weder eine Wirtschaft noch eine Gesellschaft gäbe. Der Mensch stellt dabei eine erneuerbare Ressource im biologischen Kreislauf dar; die einzige, die durch Erziehung und Ausbildung bedeutend an Qualität gewinnen kann. Da diese bei Nichtnutzung rasch verloren geht, ist der Verwendung von menschlicher Arbeit innerhalb des WinK Priorität vor allen anderen Ressourcen einzuräumen.

Sorge tragen als Ursprung des industriellen WinK

Frühe Gesellschaften waren geprägt von Wiederverwendung, Reparatur und Anpassung an das Vorhandene, um zu überleben. Menschen lebten in Symbiose mit der Natur, ernteten lokale, natürliche Ressourcen und litten regelmäßig unter ihrem Mangel. Als Verantwortlicher für den Bergbau in Dresden erkannte Hans Carl von Carlowitz [5] im Jahre 1713, dass eine Knappheit an Bauholz eine Gefahr für den örtlichen Erzabbau und damit den Reichtum Sachsens darstellte. Er erklärte folglich den Erhalt der Wälder als von prioritärer Bedeutung für den Bergbau und die Wirtschaft. In Zukunft durften nur noch so viele Bäume gefällt werden, wie auch nachwuchsen. Diese politische Strategie der Erhaltung des Bestandes benannte er in seiner Sylvicultura Oeconomica folgendermaßen: *»[...] dass es eine kontinuierliche, beständige und nachhaltende Nutzung gebe/weil es eine unentbehrliche Sache ist/ohne welche das Land in seinem Esse nicht bleiben mag.«* [1]

Preußische Junker übernahmen später dieses Prinzip, welches sowohl die Erhaltung der Wälder als Kapital als auch der Zinsen (Tiere, Pflanzen, Humusbildung) zum Ziel hatte, und nannten es nachhaltige Forstwirtschaft. Diese Junker waren um die Umwelt besorgte Kapitalisten, da die Wälder ihr Einkommen und Vermögen verkörperten.

Frühe Infrastrukturbauten wie zum Beispiel die römischen Aquädukte der Antike oder die Stadtbefestigungen des Mittelalters überlebten lange Zeiträume dadurch, dass Reparatur und Instandhaltung durch spätere Generationen aus Eigennutz erfolgten, da ihr Nutzen für die Gesellschaft offensichtlich war. Politische Bauten wie Burgen und

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kathedralen hingegen wurden bei einem Wechsel der politischen Bedingungen oft aufgegeben und Natursteine und Holz als willkommenes Baumaterial für Neubauten wiederverwendet.

Ein Sorgetragen für das Naturkapital war somit von Anfang an der gemeinsame Nenner von Nachhaltigkeit und WinK. Die Ausweitung der Idee auf den Menschen sowie menschengemachte kulturelle und finanzielle Bestände und Kapitale war letztlich eine logische Folge der wirtschaftlichen Entwicklung.

Die industrielle Revolution als Befreiung von der Abhängigkeit von der Natur

Die industrielle Revolution ermöglichte es dem Menschen, anorganische Ressourcen wie Kohle und Eisen besser zu nutzen. Dampfmaschinen waren kräftiger als Pferde und eröffneten neue Anwendungen wie Eisenbahnen, Traktoren und Hebezeuge. Die Industrialisierung erforderte eine Normierung von Massen, Materialien und Prozessen und damit eine Zusammenarbeit von verschiedenen Handwerkern und Gewerken. Dieser Zusammenschluss führte zu örtlichen Industriekonzentrationen, die zum einen eine Kaskadennutzung von Abwärme, Abfällen und Wasser erlaubten – des einen Abfall ist des anderen Ressource – und zum anderen neue Wissenschaftszweige wie die Industrial Ecology begründeten. Es bleibt anzumerken, dass die Kaskadennutzung von Abfallprodukten zwar die Ressourcenproduktivität innerhalb der linearen Fertigung erhöht, aber nicht als Teil eines WinK verstanden werden kann, da Wärme, Wasser und viele andere Stoffe dadurch dennoch verloren gehen. Eine Ausnahme stellt die Nutzung von Wasser in geschlossenen industriellen Kreisläufen dar.

Kreisläufe im Anthropozän

Die lineare Fertigungswirtschaft ermöglichte es vielen Industrieländern, das Ur-WinK und die damit verbundene Knappheit von Infrastruktur, Wohnen und Kleidung zu überwinden. Aber erst der wissenschaftliche Fortschritt innerhalb der durch den Menschen geprägten letzten 70 Jahre, das sogenannte Anthropozän, eröffnete den Zugang zu synthetischen Materialien, deren funktionale Eigenschaften natürlichen Ressourcen weit überlegen sind. Voraussetzung für die Ablösung einer Kreislauf-Gesellschaft aus Knappheit durch eine Bestandsbewirtschaftung in einem WinK ist ein ausreichender Bestand an Infrastruktur, Schulen, Krankenhäusern, Wohnbauten und Gebrauchsgütern. Auf der anderen Seite kann in der freien Marktwirtschaft eine ungebremste, auf Wachstum bedachte Politik in Verbindung mit einer linearen Fertigungswirtschaft zu einer Überflussgesellschaft führen.

Der Beginn des Anthropozäns

Die Entwicklung der Atombombe in den 1940er-Jahren zeigte sinnbildlich, dass Wissenschaftler die Natur an Leistung überbieten können – ein Licht heller als tausend Sonnen. Der menschengemachten Energie folgten menschengemachte synthetische Materialien mit übernatürlichen Eigenschaften. Der wissenschaftliche Fortschritt auf den Gebieten der Energie, Metallurgie und Chemie eröffnete eine ungeahnte Vielfalt an Anwendungen und, dank der globalen Massenfertigung, gleichzeitig eine Senkung der Kosten ihrer Anwendung.

Aber Politik und Gesellschaft übersahen viele Jahre lang, dass sich diese neuen Materialien an ihrem Lebensende grundsätzlich von natürlichen Stoffen unterscheiden. Menschengemachte Materialien sind der Natur unbekannt und daher für sie »unverdaulich«. Das bedeutet, dass der Mensch, als Her-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

steller, die alleinige und volle Verantwortung für synthetische Materialien und die daraus gefertigten Güter trägt. Die Tatsache, dass jeglicher Abfall menschengemacht ist, bedeutet auch, dass man Abfall neu definieren muss: als Güter und Stoffe ohne positiven Wert und ohne haftenden Besitzer (aber mit einem bekannten Hersteller).

Bei der globalen Massenfertigung von synthetischen Materialien und Gütern werden größere Mengen an Ressourcen – Wasser, fossile Brennstoffe und Elektrizität – benötigt als bei der handwerklichen Herstellung von Gütern aus natürlichen Materialien. Die Spuren dieser Ressourcen sind nach deren Aufwendung in der Produktion permanent und unsichtbar in den Gütern (als sogenannte graue Energie) enthalten, werden heute aber nur selten gemessen oder bei Entscheidungen maßgeblich berücksichtigt.

Der ungeschriebene Gesellschaftsvertrag eines ausgereiften WinK

Die lineare Fertigungswirtschaft hat über die Zeit zu einer Gesellschaft des Überflusses, des Abfalls und einer potenziellen Ressourcenknappheit geführt, wobei das Abfallmanagement anderen überlassen wird. Ein neues WinK des Überflusses hat das Potenzial, die negativen Seiten der linearen Fertigungswirtschaft zu überwinden, hängt aber vor allem von der Motivation des Menschen als Individuum und der Motivation und Haftung der Akteure ab: Eigentümer / Nutzer von Gütern sollten ihre Besitztümer pflegen und darauf verzichten, sich Ersatzgüter für die gleiche Funktion anzuschaffen, die mit ausschmückenden Argumenten wie schöner, größer, schneller, grüner oder sicherer beworben werden.

Wirtschaftliche Akteure sollten auf die heute übliche Fertigungsoptimierung hin zum Verkaufspunkt zugunsten einer intelligenten Bewirtschaftung der Bestände an Infrastruktur, Gütern und Bauten über die gesamte mögliche Lebensdauer verzichten. Damit verbunden ist ein Wechsel in Marketing und Verkauf, von raschen Modewechseln zu einer Fokussierung auf die Funktion.

Politikern sollte das Abwägen zwischen Erhalt und Ersatz von Bauten durch eine Buchhaltung der unsichtbaren Ressourcen erleichtert werden. Dies erfordert eine Erfassung aller im Zusammenhang mit einem Gebäude aufgewendeten Ressourcen über dessen gesamten Lebenszyklus im Sinne einer Life Cycle Inventory Analysis (LCIA).

Die Zielsetzung eines industriellen WinK ist es, Reichtum zu bewahren, ohne der Umwelt zu schaden: Durch die Verlängerung der Nutzungsdauer von Gütern entstehen keine CO_2-Emissionen und kein Abfall; die Rückgewinnung und der erneute Einsatz von reinen Molekülen vermindern die Ausbeutung der Natur und die damit verbundenen Beeinträchtigungen der Umwelt.

ABB. 1 zeigt die Struktur eines solchen ausgereiften industriellen WinK wie oben beschrieben. In ihren makroökonomischen Studien haben die schwedischen Forscher Anders Wijkman und Kristian Sandberg [6] schon 2017 für mehrere EU-Mitgliedstaaten gezeigt, dass der Übergang zu einem derartigen WinK die Anzahl der Arbeitsplätze erhöhen und CO_2-Emissionen um 66 Prozent vermindern kann.

Ein ausgereiftes industrielles WinK, das den Wert und Nutzen von Güterbeständen erhält, beginnt am Verkaufspunkt, in dem Moment, an dem Eigentum und Haftung für Güter vom Hersteller an den Nutzer übergehen, und bietet zahlreiche Chancen in den Sektoren R und D.

Der Sektor R verlängert die Nutzungsdauer von Gütern durch deren Wiederverwendung, Reparatur, Wiederaufbereitung, Umprogrammierung oder

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

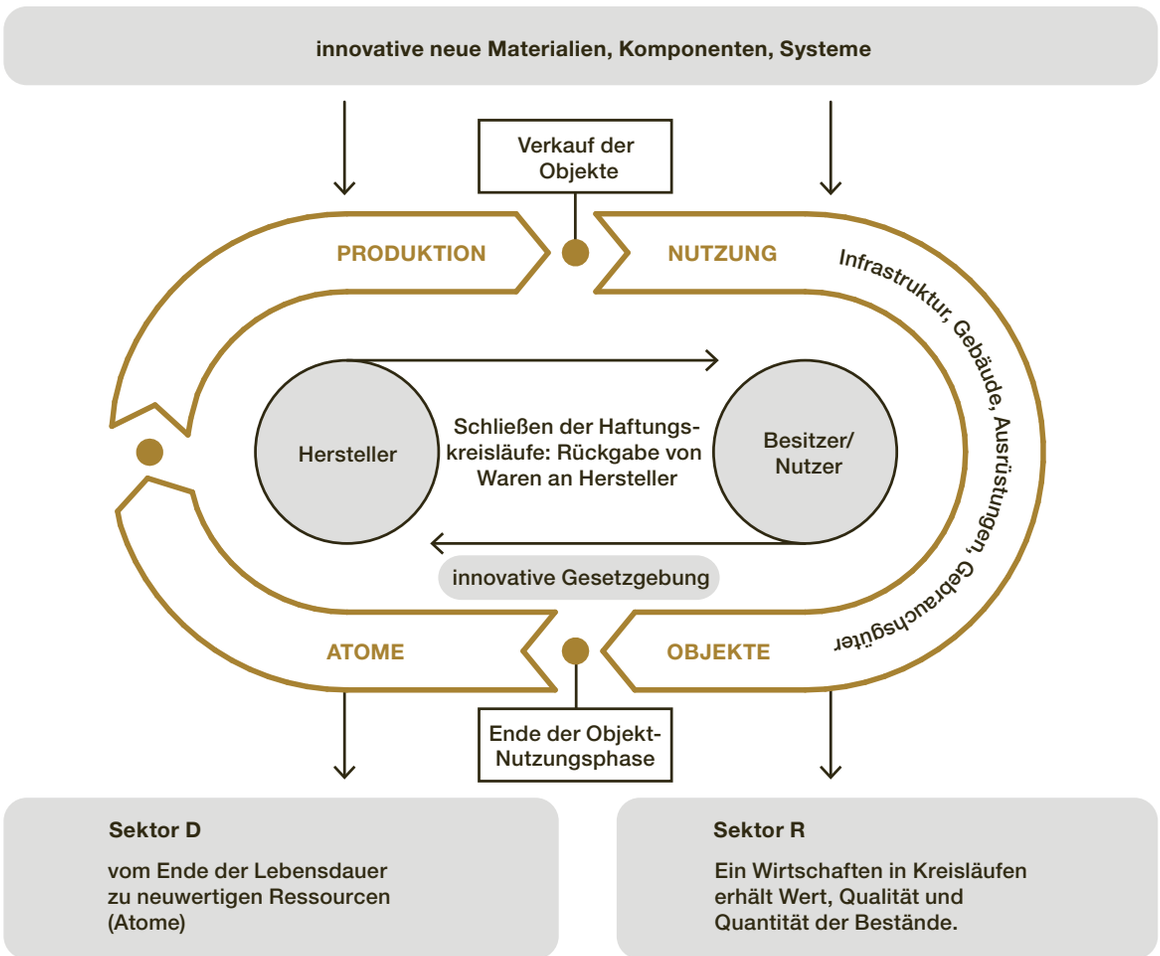


ABB. 1 *Die Struktur eines ausgereiften industriellen WinK*

technisches Hochrüsten (re-use, repair, remanufacture, reprogram or upgrade) in örtlichen oder regionalen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Dabei sind die Entscheidungsträger die Eigentümer / Nutzer der Objekte und nicht deren Hersteller, und die angewandten technischen Prozesse und Werkzeuge unterscheiden sich von denen der Herstellung. Ein typisches Beispiel ist das weltweit erste elektrische Flugzeug: Ein 60 Jahre altes Wasserflugzeug des Typs DeHavilland DHC-2 Beaver wurde von seinem Eigentümer, der Harbour Air in Vancouver, mechanisch aufgearbeitet und gleichzeitig mit einem Elektroantrieb ausgestattet, wobei modernste australische MagniX Elektromotoren und Batterien verwendet wurden. Harbour Air Vancouver betreibt 16 Wasserflugzeuge und will die erste emissionsfreie Fluglinie der Welt werden.

Die folgenden Gründe beschreiben, wieso der Sektor R der nachhaltigste Teil eines WinK ist:

- Wirtschaftlich interessant: Der Preis von aufgearbeiteten Massengütern wie Verbrennungsmotoren liegt 40 bis 50 Prozent tiefer als der von entsprechenden Neugütern. Die Einsparung beim Aufarbeiten von technischen Systemen wie Zügen und Flugzeugen kann sogar mehr als 80 Prozent betragen.
- Umweltbedingt wünschenswert: R-Dienstleistungen bewahren die in den Gütern enthaltenen unsichtbaren Ressourcen, vor allem das bei der Fertigung emittierte CO_2 und das verbrauchte Wasser. Zudem sind nur wenige Neuressourcen notwendig, es entsteht kaum Abfall, Transportwege sind in der Regel kurz und es werden

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

weder Werbung noch außergewöhnliche Verpackungen benötigt.
- Sozial verträglich: R-Dienstleistungen sind arbeitsintensiv und werden am besten dort ausgeführt, wo sich auch die Kunden und ihre Gebrauchsgüter befinden. Sie setzen erfahrene Facharbeiter ein, insbesondere mit Fähigkeiten und Kenntnissen altbewährter Technologien. Dies schafft ein Verantwortungsgefühl bei Eigentümern / Nutzern für ihre Güter.
- Modern: R-Dienstleistungen sind Teil des allgemeinen Trends einer intelligenten Dezentralisierung in Fertigung und Nutzung im 21. Jahrhundert: 3-D-Druck, Mikrobrauereien, -bäckereien oder -wasserkraftwerke, die Nutzung von Sonnenenergie durch Photovoltaik und Urban Farming.

Der Sektor D hat die Rückgewinnung von reinen Molekülen und Atomen aus Altgütern und synthetischen Materialien des Anthropozäns durch eine Depolymerisation von Kunststoffen, Entlinkung von Metalllegierungen sowie den Rückbau von Infrastruktur- und Hochbauten (depolymerization, delinking, deconstruction) zum Ziel. Die Entscheidungsträger des Sektors D sind jene Unternehmen, die die Altgüter besitzen. In der Teppichherstellung wird zum Beispiel bereits seit Jahrzehnten die Depolymerisation von Nylon aus Altteppichen zur Wiederverwendung in der Neuproduktion eingesetzt. In Kunststoffverpackungen werden maschinenlesbare Tracer eingebaut, damit die Unternehmen diese zurückerhalten und wiederverwenden können. In Europa werden die ersten Wasser- und Atomkraftwerke demontiert und in vielen Ländern wachsen örtliche Märkte für Gebrauchtteile des Innenausbaus wie Küchen, Türen, Fenster und sanitäre Einrichtungen. Einzelne Baufirmen haben begonnen, die Wiederverwendung von Rückbauelementen für den Einbau in Neubauten zu planen.

Die Performance-Wirtschaft

Die Performance-Wirtschaft ist das nachhaltigste Geschäftsmodell des industriellen WinK. Unternehmen, die anstatt ihrer Produkte lediglich deren Nutzen oder Leistung verkaufen, bleiben dabei die Eigentümer der Güter, Materialien und eingeschlossenen Ressourcen und haften für alle Risiken und Abfälle, die daraus entstehen. [7] Diese Unternehmen haben deshalb ein großes finanzielles Interesse an Schadenverhütung und Abfallvermeidung und gewinnen im Austausch eine langfristige Ressourcensicherheit: Die Güter von heute sind die Ressourcen von morgen zu den Preisen von gestern.

Die Performance-Wirtschaft fördert die Entwicklung innovativer Betriebs- und Instandhaltungsmethoden in der Güternutzung auf Systemebene – Hotels, Fahr- und Flugzeuge, Textil-Leasing – und schafft sich damit entscheidende Vorteile bei Wettbewerbsfähigkeit und Gewinnchancen. Bereits Aristoteles hatte erkannt, dass wahrer Reichtum im Nutzen und nicht im Eigentum der Güter liegt.

Der Erfolg der Performance-Wirtschaft ist letztlich auch stark von kulturellen Faktoren abhängig – von einem kollektiven Sorgetragen für alle Elemente. Denn die Vermietung, Ausleihe und geteilte Nutzung von Gütern enthält eine Versuchung zum Risiko (moral hazard). Die doppelte Anonymität von Eigentümer und Nutzer verführt zu Nachlässigkeit und Missbrauch. So musste ein anfangs sehr erfolgreiches, französisches Startup für Autovermietung 2019 aufgeben, weil Nutzer in den kleinen elektrischen Fahrzeugen Abfälle hinterließen und Unfälle nicht meldeten, bis sich die Autos schließlich in einem unvermietbaren Zustand befanden. Bei Mietwagen mit Rückgabekontrolle besteht dieses Risiko weniger.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die immateriellen Faktoren und unsichtbaren Ressourcen eines ausgereiften industriellen WinK

Immaterielle Aspekte und ganzheitliche Betrachtungen fanden im von industriellen Anwendungen des wissenschaftlichen Fortschritts getriebenen Anthropozän wenig Beachtung. Faktoren außerhalb der materiellen Welt wurden im frühen industriellen WinK oft vernachlässigt. Ein ausgereiftes WinK hingegen analysiert und integriert immaterielle Faktoren, wie zum Beispiel die Haftungsfrage. Selbst 25 Jahre nach der Katastrophe im russischen Atomkraftwerk bei Tschernobyl mussten im deutschen Bundesland Bayern zahlreiche Wildschweine, die in der Jagdsaison 2019 erlegt wurden, verbrannt werden, da die Radioaktivität ihres Fleisches für den Verzehr zu hoch war.

Kunststoffe sind ein menschengemachtes Material mit außergewöhnlichen Eigenschaften, können allerdings auch katastrophale Auswirkungen auf die Umwelt haben, wenn sie unsachgemäß behandelt werden. Kunststoffabfall in den Ozeanen wird entweder durch menschliche Nachlässigkeit (Flaschen, Container, Fischernetze) oder den technischen Fortschritt verursacht (Mikroplastik verursacht durch Reifenabrieb, smarte Textilien und Kosmetik). Die dritte Entwicklungsstufe – ein ausgereiftes industrielles WinK – integriert derartige vergessene, immaterielle Faktoren durch

- die Einführung einer vollen Herstellerhaftung für menschengemachte Materialien und die daraus gefertigten Objekte,
- die Integration der Anforderungen einer digitalen Wirtschaft, die die von Nutzern materieller Geräte geschaffenen nicht materiellen Daten nutzt und entsprechend honoriert,
- eine Buchhaltung der in der Güterfertigung von der Mine zum Verkaufspunkt verbrauchten Ressourcen, wie Wasser- und Energieverbrauch sowie CO_2-Emissionen, die unsichtbar in den Gütern gespeichert und enthalten sind, solange die Nutzung der Bestände durch den Sektor R verlängert wird.

Die Herstellung von synthetischen Materialien, die der Natur unbekannt sind, bedingt eine Verantwortung der Menschen. Abfälle aus vom Menschen geschaffenem Material sollten daher als Moleküle und Objekte ohne positiven Wert und ohne haftenden Verursacher / Eigentümer definiert werden. [4] Dadurch erhält die Politik zwei neue Werkzeuge der Abfallvermeidung: zum einen die Einführung einer Wertigkeit zum Beispiel durch ein Pfand oder vorgezogene Entsorgungsgebühren am Verkaufspunkt und zum anderen die Definition des Herstellers als letztlich haftenden Verursacher / Eigentümer. Während der Wertansatz zu verbesserten Sammelsystemen führen kann, schafft der letztere Ansatz starke Anreize für Hersteller, ihre Geschäftsmodelle insofern zu verändern, dass keine lebenslange offene Haftung besteht, da diese unter anderem Investoren abschreckt.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig anzumerken, dass die digitale Wirtschaft und das Internet der Dinge die Grenzen zwischen Eigentum, Erfinder, Kontrolle und Haftung verwischen. Gesetzgeber werden dadurch behindert, dass global tätigen Firmen keine internationalen Gesetze und Vereinbarungen gegenüberstehen.

Wirtschaften in Kreisläufen im Bausektor

Dem Bausektor steht eine Vielzahl von Angriffspunkten offen, um die Chancen eines WinK im Sinne einer Erhaltung der größten Nutzung (Performance) mit dem geringsten Verbrauch an nicht erneuerbaren Ressourcen über die längste Zeit-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

spanne hinweg zu nutzen. In der Tragstruktur eines Gebäudes stecken 75 % des ursprünglichen Energie-, Material- und Wasseraufwands sowie 25 % des Arbeitsinputs als unsichtbare (graue) Ressourcen. [5] Beim Ersatz aller nicht tragenden Elemente eines Bauwerks bleiben somit 75 % der grauen Energie und des grauen Wassers erhalten und 75 % des ursprünglichen Arbeitsinputs werden neu geschaffen. Renovationen und Ertüchtigungen ersetzen insofern Energieaufwand durch Arbeitskraft.

Die Umnutzung bestehender Infrastrukturen birgt ökonomische Juwelen: Eine alte UDSSR-Bohrplattform in Sibirien wurde zur Sea-Launch-Plattform für Raketenstarts umgebaut. Die Vorhangfassade eines Verwaltungsgebäudes in Vevey musste aus Energieeffizienzgründen ausgetauscht werden. Die alte Fassade wurde nach Bosnien transportiert, um dort eine günstige, aber hochwertige Reparatur von im Krieg zerstörten Schulbauten zu ermöglichen.

Eine Nutzungsdauerverlängerung der technischen Ausrüstung und des Innenausbaus eines Gebäudes, welche kurzlebiger sind als die Tragstruktur, ist heute in vielen Ländern schon die Norm, ebenso wie ein energetisches Hochrüsten durch einen Ersatz der Fenster. Das Rocky Mountain Institute hat 2010 alle 6 514 Fenster des Empire State Buildings in New York vor Ort aufgearbeitet und zu sogenannten *super windows* mit erheblich besseren Isolationswerten und einem verbesserten Nutzerkomfort hochgerüstet.

Infrastrukturbauten können durch technische Nachrüstungen an neue Anforderungen angepasst werden. So wurde beispielsweise die Tragfähigkeit von Schweizer Eisenbahnbrücken durch zusätzliche Stahlträger – oder im Falle von historischen Holzbrücken durch Holzwerkstoffe – erhöht.

Die Effizienz der Instandhaltung kann durch neue Methoden gesteigert werden. Die traditionelle Renovierung von verputzen Fassaden zum Beispiel erfordert ein Baugerüst und ist oft mit Staubentwicklung verbunden. Eine ostdeutsche Firma hat ein Gerät mit einem Teleskoparm entwickelt, das Fassadenrenovierungen ohne Gerüst und ohne Staubentwicklung ermöglicht.

Auch die Entmaterialisierung ist ein vernachlässigter Ansatz auf dem Weg zu weniger Bauabfällen. Beispiele sind aufblasbare wiederverwendbare Strukturen (Sporthallen), Leichtbaustrukturen, wie die Tragwerkschalen aus 8 cm dickem Stahlbeton des Schweizer Ingenieurs Heinz Isler, oder innovative Ziegelsteine mit einem hohen Isolationsquotienten dank minimalen Kältebrücken.

Weitere bauspezifische Ansätze sind ein intelligentes Nutzungsmanagement des Bestands an Infrastrukturen und Bauten im Sinne des Sektors R, die vermehrte Verwendung von kreislauffähigem Baumaterial wie Holz und Metall, eine bessere Berücksichtigung der Soziologie des Menschen als Nutzer, die Geschäftsmodelle des Verkaufs der Nutzung von Material und Objekten sowie eine konsequente Buchhaltung der unsichtbaren verbauten Ressourcen.

Infrastrukturen und Bauten sind langlebige Produkte, deren Funktion durch ein intelligentes Nutzungsmanagement über längere Zeiträume erhalten werden kann. Dieses Ziel wird durch innovative, preiswerte Wartungs- und Instandhaltungsmethoden, ein technisches Risikomanagement beim Bau und eine periodische Qualitätskontrolle im Betrieb sowie das Einbeziehen von Nutzungsflexibilität in der Planung erleichtert. Langlebigkeit schreit nach Risikomanagement in der Planung. Dazu gehören das Beachten des Offensichtlichen (Stabilität der Fundamente, Gefahr von Überschwemmungen), Komponentenstandardisierung und das Ermöglichen künftiger Hochrüstoptionen für technische Ausrüstungen.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Der Sektor D des WinK schreit nach Innovation im Bereich des Rückbaus von Infrastrukturbauten, wie Atom- und Wasserkraftwerken, sowie Hochhäusern. Das ANA Intercontinental Hotel in Tokyo war das erste Hochhaus, bei dessen Rückbau nicht nur Ausbaukomponenten und Materialien, sondern auch die graue Energie durch die Aktivierung des kinetischen Potenzials zurückgewonnen wurden. Dank eines »Turbans« wurden zudem Staub- und Lärmemissionen weitgehend vermieden.

Kreislauffähige Baumaterialien

Holz, Aluminium oder Stahl sind Beispiele für komplett kreislauffähige Baumaterialien: Bei allen ist eine Wiederverwendung eingebauter Elemente möglich und die Materialien produzieren bei richtigem Einsatz keinen Abfall. Holz ist Teil des Naturkreislaufs, Stahlträger und Aluminiumkonstruktionen können eingeschmolzen und die Moleküle wiederverwendet werden, solange Standardlegierungen verwendet und diese dokumentiert wurden.

Es gibt etliche Beispiele für die Verwendung von Holz oder Metall im Baubereich. Frankreich hat in den 1930er-Jahren zum Beispiel vorgefertigte faltbare Häuser aus Aluminium nach Französisch-Afrika exportiert. Holz wird regelmäßig für Sportstadien verwendet, wie zum Beispiel 1991 für den Superior Dome der Northern Michigan University in Marquette, Michigan; das Büro Zaha Hadid Architects hat 2019 die Baugenehmigung für die Überdachung eines Football Stadiums in Gloucestershire, England, mit einer reinen Holzkonstruktion erhalten. ARUPs Circular Building, das 2016 in London vorgestellt wurde, besteht aus einer modularen Konstruktion mit standardisierten, wiederverwendbaren Holzelementen.

Auch Hochbauten werden in zunehmendem Maße wieder in Holz gebaut. Das 53 Meter hohe Brock Commons der University of British Columbia in Vancouver wurde 2019 als höchstes Holzgebäude der Welt eröffnet – noch höhere sind im Bau.

Es wird erwartet, dass in Zukunft tragende Elemente aus Holz und Metall solchen aus bewehrtem Beton vorgezogen werden. Altbeton, der zum Beispiel nur als Kiesersatz weiterverwertet und nicht in Form von Fertigteilen wiederverwendet wird, entspricht nicht den Zielen eines WinK, da weder das im Beton gespeicherte graue Wasser noch die graue Energie des Zements oder die begehrte Ressource Sand zurückgewonnen werden können.

Der Verkauf der Nutzung von Materialien und Gebäuden

Geschäftsmodelle für den Verkauf der Nutzung durch Miete und Betriebsleasing sind heute für Investitionsgüter weit verbreitet, aber noch nicht für Materialien. Büros und Wohnungen, Fahr- und Flugzeuge, Baukräne und zahlreiche weitere Güter können gemietet werden. Im Fall von Taxis, Hotels, Kleidern und neuerdings von Pharmazeutika wird durch eine Geld-zurück-Garantie bei Unzufriedenheit zunehmend sogar eine garantierte Nutzung verkauft. Private Finance Initiatives haben die langfristige Finanzierung von Infrastrukturprojekten wie dem Channel Tunnel oder dem Viadukt von Millau in Frankreich erlaubt. Bei Letzterem handelt es sich um einen 2001 unterzeichneten Vertrag mit einer Laufzeit von 78 Jahren, der sowohl Design, Finanzierung, Bau und Instandhaltung der Brücke bis 2079 als auch einen Wartungsvertrag bis 2121 umfasst. Das Geschäftsmodell Pay-Per-Lux eines Leuchtenherstellers sieht vor, Lichtintensität anstatt Lichtquellen für Bürogebäude und Flughäfen zu einem Fixpreis zu verkaufen. Dabei wird auch Einfluss auf die Architektur eines Gebäudes genommen, damit Sonnenlicht möglichst effizient genutzt werden kann.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Das Geschäftsmodell des Verkaufs der Nutzung von Materialien existiert heute vor allem im Bereich des Chemical Leasing. Ein Einsatz im Bauwesen könnte die Finanzierung von Bauten revolutionieren, da nur kleinere Initialfinanzierungen nötig wären. Hersteller verleasen oder vermieten die zum Bau notwendigen Materialien und Komponenten über einen längeren Zeitraum an die Bauherren. Die Bauherren vermieten ihrerseits Räume an Nutzer und bezahlen mit der Miete die Leasinggebühren der Hersteller.

Ein Leasingmodell für Material wurde auch im Bergbau angedacht. Nationalstaaten, die im Besitz des Bergregals sind, beauftragen Unternehmen mit der Ausbeutung der Erzlager als Dienstleistung. Die Staaten behalten aber das Eigentum an den Atomen und Molekülen und vermieten diese an Güterhersteller, die ihre Güter an Unternehmen oder Privatpersonen vermieten. Da jeder Miete bezahlen muss, bis er das Produkt oder Material an seinen Eigentümer zurückgegeben hat, würde kaum Abfall entstehen. Güter und Material würden in Kreisläufen genutzt und die Nationalstaaten am Anfang der Kette hätten ein gleichmäßiges Einkommen und damit voraussehbare Budgets und wirtschaftliche wie politische Stabilität. [6]

Zusammenfassung

Ein WinK hat zum Ziel, kommenden Generationen ein Erbe an Beständen von Natur, Kultur, Gütern und Finanzen mit einem dauerhaft positiven Wert zu hinterlassen. Dies bedeutet einen Abschied von der heutigen Fokussierung auf die lineare Fertigungswirtschaft, die nur den Materialdurchfluss von der Mine bis zum Verkaufspunkt optimiert, und den Beginn eines zirkulären Wirtschaftssystems.

Die Wege dorthin sind wissenschaftliche Forschung auf folgenden Gebieten: Bioökonomie in Symbiose mit der Natur, kreislauffähige Materialien in Energie, Chemie und Metallurgie, Soziologie des Menschen als Nutzer und Geschäftsmodelle wie der Verkauf der Nutzung von Ressourcen und Gütern.

Dafür ist ein Umdenken in Richtung einer auf die Ressource Mensch bezogenen Wirtschaft, einer Buchhaltung der unsichtbaren Ressourcen, nationaler Gesetzgebungen und internationaler Abkommen, die die gesellschaftliche Bedeutung eines WinK erkennen und fördern, erforderlich.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Börlin, Max; Stahel, Walter R.: Wirtschaftliche Strategie der Dauerhaftigkeit – Betrachtungen über die Verlängerung der Lebensdauer von Produkten als Beitrag zur Vermeidung von Abfällen. Bankverein-Heft Nr. 32, Nov. 1987, 78 p.

[2] Stahel, Walter R.: Vermeidung von Abfällen im Bereich der Produkte: Vertiefungsstudie zur Langlebigkeit und zum Materialrecycling. Schlussbericht. Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg. UM – 11 – Juli 1991. Heft 11 Luft-Boden-Abfall.

[3] Stahel, Walter R.: Strategie des dauerhaften Bauens (Kosten der Prävention versus Reparatur; ECUP ratio, specific energy cost). In: Energie- und Schadstoffbilanzen im Bauwesen, Beiträge zur Tagung vom 07.03.91 an der ETH Zürich, S. 83 – 96.

[4] Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg, Stuttgart; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.); Stahel, Walter R.: Intelligente Produktionsweisen und Nutzungskonzepte – Handbuch Abfall 1 – Allg. Kreislauf- und Rückstandswirtschaft, Band 1 und 2 (Handbuch von Beispielen einer höheren Ressourcen-Effizienz durch längere bzw. intensivere Nutzung von Gütern und Systemen). Karlsruhe, 1995

[5] von Carlowitz, Hans Carl: Sylvicultura Oeconomica. Leipzig: Verlag Kessel, 1713

[6] Wijkman, Anders; Skanberg, Kristian: The Circular Economy and Benefits for Society. URL: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/the-circular-economy-and-benefits-for-society-fifrnlessw.pdf [Stand: 17.07.2020]

[7] Stahel, Walter R.: The Performance Economy. 2. Aufl. Houndmills: Palgrave-Macmillan, 2010

[8] Stahel, Walter R.: The Circular Economy. A User's Guide. Abingdon: Routledge, 2019

[9] Stahel, Walter R.; Reday, Geneviève: Jobs for Tomorrow. The Potential for Substituting Manpower for Energy. New York City: Vantage Press, 1981

[10] Hagan, Andrew J.; Tost, Michael; Inderwildi, Oliver R.; Hitch, Michael; Moser, Peter: The license to mine. Making resource wealth work for those who need it most. URL: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101418 [Stand: 17.07.2020]

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte
Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

2 GESCHLOSSENE KREISLÄUFE IM BAUWESEN

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

FELIX HEISEL UND DIRK E. HEBEL

Den Grundsätzen der Thermodynamik folgend, sind geschlossene Systeme stofflich von ihrer Umgebung getrennt, energetisch stehen sie jedoch in einem ständigen Austausch. Der Planet Erde ist so ein geschlossenes System, bei dem zwar Energie in Form von Strahlung mit dem Rest des uns umgebenden Weltraums ausgetauscht wird, jedoch keine Materie die Systemgrenzen überschreitet (wenn man von vereinzelten Meteoriten, die auf die Erde treffen, und Satelliten, die diese verlassen, einmal absieht). Innerhalb dieses geschlossenen Systems basieren viele der für uns essenziellen Prozesse auf dem Prinzip geschlossener Kreisläufe. Stoffe durchwandern hierbei die verschiedenen Sphären der Erde – Hydrosphäre, Lithosphäre, Biosphäre und Atmosphäre – und ändern dabei durch verschiedenste Umwandlungsprozesse ihre Zusammensetzung und Aggregatszustände. Das präsenteste Beispiel einer solchen Zustandsänderung ist sicherlich Wasser, das auch in Form von Eis oder Dampf auftreten kann. All diesen Kreisläufen gemein ist die Tatsache, dass dabei kein Material verloren geht, sondern lediglich Energie zu- oder abgeführt wird. Mit der Einführung neuer Herstellungs- und Umwandlungsprozesse sowie der Erfindung von Abfall als unbrauchbare Materie und damit Endpunkt einer linearen Materialnutzung in der Anthroposphäre ändert sich die Kreislauffähigkeit vieler Stoffe jedoch zusehends.

Um den Paradigmenwechsel von einem linearen Wirtschaftssystem zu einer vollständigen Kreislaufwirtschaft im Bauwesen zu vollziehen, ist daher die Schließung der Materialströme in Kreisläufen eine Grundvoraussetzung. Dabei gilt es zu bedenken, dass je nach Materialart, -einsatz und -zustand sehr unterschiedliche Kreisläufe und somit verschiedene Prozesse zur Rückführung der Rohstoffe in das Wirtschaftssystem zur Verfügung stehen können, wobei sowohl zwischen biologischem und technischem Kreislauf, Veränderungen in Form und / oder Funktion als auch dem abfallrechtlichen Status der Materialien unterschieden wird.

Die deutsche Sprache ist bei der Beschreibung von Prozessen zur Rückführung von gebrauchten Materialien und Produkten in den Stoffkreislauf sehr präzise. Durch die Kombination der Begriffe »Wieder- / Weiter-« und »Verwendung / Verwertung« lässt sich im Deutschen sehr klar zwischen verschiedenen funktionalen und stofflichen Behandlungen von Produkten und Materialien differenzieren. Der Verein der Deutschen Ingenieure veröffentlichte bereits 1993 die VDI-Richtlinie 2243 mit dem Titel *Recyclingorientierte Produktentwicklung,* worin diese Begriffspaare klar definiert wurden. [1]

Prinzipiell beziehen sich die Begriffe »Wieder-« und »Weiter-« auf den Erhalt oder die Veränderung der ursprünglichen Funktion des Materials oder Produkts. Das Begriffspaar »Verwendung« und »Verwertung« bezieht sich auf den Erhalt oder die Veränderung der Gestalt des Materials oder Produkts. Die nachfolgende *TAB. 1* erweitert das Grundverständnis der VDI-Richtlinie und erläutert die unterschiedlichen Prozesse am Beispiel von Behälterglas.

Über die rein sprachliche Klarheit hinaus hat diese Unterteilung aber vor allem rechtliche wie wirtschaftliche Konsequenzen und regelt die Zuständigkeiten für Materialien und Produkte innerhalb der Prozesse. Die wohl wichtigste Unterscheidung leitet sich dabei aus dem Abfallrecht ab. Die 2008 verabschiedete Abfallrahmenrichtlinie der Europäischen Union definiert Abfall als jeden *»Stoff oder Gegenstand, dessen sich der Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss«,* [2] wobei diese Handlung sowohl beabsichtigt als auch unbeabsichtigt erfolgen kann und der Handelswert des Stoffes keinen Einfluss auf den Abfallstatus ausübt. Abfall ist insofern also keine qualitative

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

	-Verwendung	-Verwertung	Definition
Wieder-	mehrmalige Verwendung einer (Pfand-)Flasche *engl. re-use*	Herstellung von neuen Glasflaschen aus Altglas *engl. recycling*	Produkt erfüllt dieselbe Funktion
Weiter-	Nutzung von Senfgläsern als Trinkgläser *engl. repurposing*	Einsatz von Altglas als Streugut *engl. reprocessing*	Produkt erfüllt eine andere Funktion
Definition	Produktgestalt bleibt erhalten	Produktgestalt wird aufgelöst	

TAB. 1 *Begriffserläuterungen und -beziehungen im Stoffkreislauf am Beispiel von Behälterglas (basierend auf VDI 2243)*

Bewertung eines Materials, sondern lediglich eine Aussage über dessen (undefinierten) Besitzstatus. Umso erstaunlicher ist die rechtliche Bedeutung der Bezeichnung für den Stoffkreislauf von Materialien. Denn Artikel 4 der Abfallrahmenrichtlinie führt die wohlbekannte fünfstufige Hierarchie von Abfallbewirtschaftungsmaßnahmen in folgender Reihenfolge ein: (1) Vermeidung, (2) Vorbereitung zur Wiederverwendung, (3) Recycling, (4) sonstige Verwertung und (5) Beseitigung. [2]

Technisch gesehen handelt es sich bei Stufe 1 – der Vermeidung – jedoch nicht um eine Maßnahme der Abfallwirtschaft, da sowohl die quantitative als auch die qualitative Abfallvermeidung Stoffe oder Gegenstände betrifft, bevor sie rechtlich zu Abfall werden. Diese wichtige Unterscheidung gilt auch für die Wiederverwendung, definiert als *»jedes Verfahren, bei dem Produkte oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, für denselben Zweck, für den sie konzipiert wurden, wiederverwendet werden.«* [2] Entsprechende abfallrechtliche Verpflichtungen gelten daher in diesem Falle nicht.

Anders sieht es hingegen bei den Stufen 2 bis 4 – der Verwertung – aus, deren gemeinsames Ziel es ist, die Verwendung von Primärrohstoffen durch den nützlichen Einsatz von vormaligen Abfallstoffen zu reduzieren. Im Detail wird die Verwertung in drei Unterkategorien unterteilt: Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling und sonstige Verwertung. Während die Vorbereitung zur Wiederverwendung einen direkten Wiedereinsatz der Materialien durch Kontroll-, Reinigungs- oder Reparaturvorgänge [2] ermöglicht, definiert sich das Recycling als *»jedes Verwertungsverfahren, bei dem Abfallstoffe in Produkte, Materialien oder Stoffe wiederaufbereitet werden, sei es für den ursprünglichen oder für andere Zwecke.«* [2] Dazu gehören physikalische, chemische oder biologische Behandlungen der (nach VDI) Wieder- und Weiterverwertung – mit einer wichtigen Ausnahme: Verfahren, bei denen Materialien für Brennstoffe oder Verfüllungstätigkeiten wiederaufbereitet werden, gelten nicht

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

als Teil des Recyclings, sondern stellen die sogenannte sonstige Verwertung dar – solange der Hauptzweck der Behandlung nach wie vor der Ersatz anderer Materialien und nicht die Beseitigung (Stufe 5) von Abfällen ist.

In allen Fällen der Abfallbehandlung ist es wichtig, dass ein Material oder Produkt durch die Verwertung einen *End-of-Waste-Status* (EoW-Status) erreicht und damit den Geltungsbereich der Abfallgesetzgebung verlässt, bevor es seinen nächsten Nutzungszyklus beginnt. Denn bei der Handhabung von Abfällen müssen strenge Auflagen erfüllt werden und beauftragte Unternehmen entsprechende Lizenzen vorweisen. Insofern ist es vor allem im Sinne einer einfachen Wieder- und Weiterverwendung essenziell, den Abfallstatus zu vermeiden.

Im Hinblick auf den Paradigmenwechsel hin zu einer vollständigen Kreislaufwirtschaft bekommt dieser Aspekt einen viel größeren Maßstab: Im kreislaufgerechten Bauen verstehen wir die gebaute Umwelt als Materiallager für zukünftige Bauten – ein Lager, das sowohl den Nutz- als auch den Handelswert der eingesetzten Materialien zu jeder Zeit sicherstellt. Als Nebeneffekt verschwinden dadurch gleichzeitig auch die Gründe, sich dieser Stoffe entledigen zu wollen oder zu müssen (Abfalldefinition), und es treten auf diese Weise eine Vielzahl neuer Akteure auf dem Gebiet des Rückbaus in Erscheinung. Design for Disassembly, Produkte als Dienstleistung oder eine erweitere Produzentenhaftung sind Modelle, die unter anderem in diese Richtung gehen.

Die Beiträge in den folgenden Kapiteln zeigen eine faszinierende Bandbreite an geschlossenen Kreisläufen im Bauwesen auf – von der direkten Wiederverwendung von Gebäudeteilen über die Weiterverwendung von Bauteilen bis hin zu einer hochwertigen Wieder- und Weiterverwertung von Materialien und Komponenten. Die Vielfältigkeit der Lösungen macht Mut und zeigt, dass die technischen Möglichkeiten oft bereits vorhanden sind.

Literatur

[1] Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.): VDI 2243. Recyclingorientierte Produktentwicklung / Recycling-oriented product development. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2002

[2] Europäische Kommission (Hrsg.): 2008/98/EC. Waste Framework Directive. Brüssel, 2012

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kreisläufe schließen

Urban-Mining-Design, Urban-Mining-Index und Urban-Loop-Design

Annette Hillebrandt ist seit 1995 selbstständig tätige Architektin, seit 2001 Professorin, aktuell für Baukonstruktion, Entwurf, Materialkunde an der Universität Wuppertal mit dem Forschungsschwerpunkt *Kreislaufpotenziale im Hochbau*. Für ihre Bauten erhielt sie zahlreiche Auszeichnungen und ihr Engagement für die Circular Economy wurde mit dem *Urban Mining Award* und dem *Hans Sauer Award* ausgezeichnet.

ANNETTE HILLEBRANDT

»*Bauen bedeutet Zerstörung.*« Dieser vor Jahrzehnten formulierte Satz geht auf den Schweizer Architekten Luigi Snozzi zurück und ist in Anbetracht des Zustands der Welt so aktuell wie nie. [1] Doch das Bauen ist für den Menschen unabdingbar. Das Bedürfnis nach Witterungsschutz wird zu den physiologischen Grundbedürfnissen des Menschen gezählt und seiner Befriedigung damit derselbe Stellenwert eingeräumt wie der Befriedigung der Bedürfnisse nach Luft, Wasser oder Nahrung, vgl. Bedürfnishierarchie nach Abraham Maslow. [2]

Aktuell allerdings bestimmen in einem nie dagewesenen Umfang nicht mehr Grundbedürfnisse, sondern Individualbedürfnisse und Selbstverwirklichung das Bauen sowohl in den sogenannten Schwellen- als auch in den hoch entwickelten Ländern. Eine Selbstverwirklichung auf Kosten der eigenen Lebensgrundlage: ein widersinniges Verhalten, das in der Natur einzigartig ist und ein Ausmaß entwickelt, das den Fortbestand der Menschheit bedroht.

Die Menschheit verbraucht aktuell das 1,75-Fache der durch die natürlichen Ökosysteme zur Verfügung gestellten Ressourcen. Diese Tendenz steigt seit Beginn der Statistik in den 1970er-Jahren nahezu durchgehend, lediglich abgebremst durch globale Wirtschaftskrisen. [3]

Gleichzeitig schwindet die Reichweite der anorganischen Ressourcen, wie zum Beispiel von Metallen – also die Zeitspanne in Jahren, für die bei dem prognostizierten Verbrauch die weltweit bekannten und wirtschaftlich förderbaren Vorkommen eines nichterneuerbaren Rohstoffs noch zur Verfügung stehen. Eine Studie des Clausthaler Umwelttechnik-Instituts (CUTEC) aus dem Jahre 2016 über die im Bauwesen relevante und als kritisch eingeschätzte Verfügbarkeit von Reserven und Ressourcen von Zink und Kupfer vermittelt dies eindrucksvoll. [4]

Dem gegenüber steht die Knappheit von Abfalldeponieraum. Einerseits ist diese Tatsache das Ergebnis einer Verschwendung von Materialien sowie fehlender Nachnutzungspotenziale: seit Jahren sind mehr als die Hälfte des deutschen Abfallaufkommens dem Bausektor zuzuschreiben – eine Tendenz

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

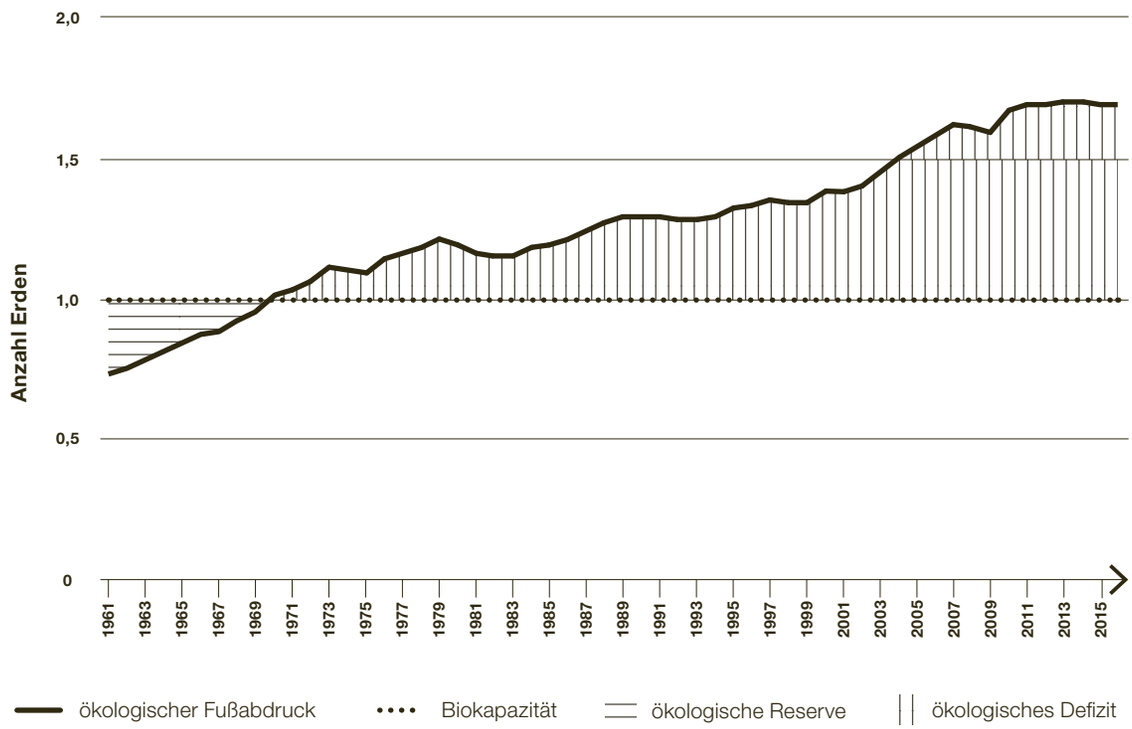


ABB. 1 *Entwicklung des ökologischen Fußabdrucks der Weltbevölkerung in Anzahl Erden*

die im Mittel zudem stetig ansteigt. [5] Andererseits ist Deponieraum – wie Rohstoffknappheit auch – ein in Zukunft nicht zu unterschätzender finanzieller Faktor bei der Beseitigung von Abfällen. Laut EU-Abfallrecht soll die Abfallentsorgung auf Deponien bis zum Jahr 2030 nur noch für höchstens zehn Prozent aller Abfälle zur Verfügung stehen, da sie besonders schädlich für unser Ökosystem und Klima ist. [6]

Von den weltweiten CO_2-Emissionen können fast 40 % Gebäuden und Konstruktionen zugeschrieben werden. [7] Den Verbrauch von Wasser betreffend, lassen sich so leicht keine belastbaren Zahlen finden, da das Bauen vielfältige Einflüsse auf Wasserverbrauch und -verschmutzung hat. Bauen versiegelt Flächen und kontaminiert und verbraucht Wasser entlang der gesamten Prozesskette der Herstellung von Bauprodukten und im Betrieb von Gebäuden.

So gern wir es ignorieren würden – unser Bauen bedeutet Zerstörung und belastet die Welt mit viel zu großem Ressourcenverbrauch, viel zu hohem Abfallaufkommen und weitreichenden Verunreinigungen.

Bauen in den Grenzen des Wachstums

»Bauen bedeutet Zerstörung – zerstöre mit Verstand« so fordert Snozzi weiter. [1] Wie gehen wir also in Zukunft damit um, dass das Bauen in

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Konkurrenz zu den natürlichen Kreislaufsystemen steht? Energetisch gesehen ist die Erde ein offenes System, gespeist von der Sonne. Die Ressourcen Luft, Wasser und Boden hingegen sind begrenzt und auf unseren Respekt und unseren Schutz ihrer Kreisläufe angewiesen. Wie können alle am Bauen Beteiligten die Intelligenz beweisen, die erforderlich ist, unsere eigenen Lebensgrundlagen zu erhalten?

Dazu werden drei verschiedene Strategietypen diskutiert [8]:

- **Effizienz-Strategien** setzen auf eine Erhöhung der Produktivität unserer Ressourcen und konkret auf eine **Verbesserung**. Derartige Strategien haben längst Einzug in das Bauen gefunden, zum Beispiel in Form der Energieeinsparverordnung (EnEV). Die Problematik liegt darin, dass Verbesserungen häufig durch sogenannte Reboundeffekte konterkariert werden oder durch andere allgemeine Entwicklungen erfolglos bleiben. Ein gutes Beispiel dafür ist der Energieverbrauch von Wohngebäuden pro Person, der zwar durch die Effizienzsteigerung von wärmegedämmten Häusern verbessert wird, insgesamt aber wirkungslos bleibt, da die Wohnfläche pro Person in Deutschland nach dem Krieg stetig gestiegen ist. [9]
- **Suffizienz-Strategien** basieren auf der Minderung des Verbrauchs unserer Ressourcen und versuchen, den **Verzicht** auf verschwenderische Lebensgewohnheiten zu etablieren. Das größte Umsetzungshindernis dieser Strategie ist, dass dem Menschen kein Schwarmverhalten eingeschrieben ist und dass die Bereitschaft des persönlichen Teilens zugunsten der Gemeinschaft nur wenigen, weitblickenden Menschen zu eigen ist.
- **Konsistenz-Strategien** liegt zugrunde, dass alle anthropogenen Stoff- und Energieströme mit denen der Natur in Einklang gebracht werden müssen – menschliche Bedürfnisse also langfristig nicht auf Kosten der Umwelt befriedigt werden dürfen. Die Bedürfnisse von Mensch und Umwelt müssen als **Gesamtheit**, als untrennbar betrachtet werden. Dies impliziert ein weitreichendes Verständnis der Welt und das schwierige Bestreben, natürliche Gleichgewichte zu erhalten.

Snozzi forderte: »*Wenn einer nicht fähig ist, gute Architektur zu machen, darf er nicht zerstören. Das ist ein ethisch-moralisches Problem.*« [1] Mittlerweile ist es allerdings in erster Linie ein Überlebensproblem! Und gesamtheitlich gedacht, dürfte das Prädikat »gute Architektur« in Zukunft nur noch solchen Gebäuden verliehen werden, die die natürlichen Kreisläufe respektieren und stützen und zirkulär ausgelegt sind.

Um der Zerstörung unserer Welt durch das Bauen zu begegnen und das unreflektierte »Weiter-so« auszuschließen, entwickeln die Herangehensweisen *Urban-Mining-Design* und *Urban-Loop-Design* Handlungsempfehlungen auf Basis der zwei wirksameren Strategietypen Suffizienz und Konsistenz.

Urban-Mining-Design (UMD)

Um die Rohstoffe unseres Planeten zu schützen, gilt es, das bestehende anthropogene Lager zu erschließen und Rohstoffe zurückzugewinnen. Urban-Mining-gerechtes Bauen[3] versteht unsere gesamte gebaute Umgebung als ein von Menschen angelegtes Rohstoffzwischenlager. In die Zukunft blickend gilt es insofern, ein Design für Urban Mining zu entwickeln und zu etablieren.

3 Anmerkung der Herausgeber: Die im vorliegenden Beitrag verwendete Definition von *Urban Mining* weicht von der im Rest dieses Buches angewandten Definition des Begriffs ab (siehe *S. 21*). In allen anderen Textpassagen des Buches bezieht sich der Begriff *Urban Mining* lediglich auf Materialreserven, welche nicht für eine Wiederverwendung oder -verwertung optimiert wurden. Der Begriff *Urban-Mining-gerecht* in dem vorliegenden Kapitel ist damit gleichbedeutend mit dem Begriff *kreislaufgerecht* im Rest des Buches zu verstehen.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die im 2018 erschienenen *Atlas Recycling* [10] vorgestellte Strategie *Urban-Mining-Design* ist mittlerweile präzisiert worden: Die Themengebiete mit direktem Bezug auf die Kreislauffähigkeit der Konstruktion wurden von den Bestrebungen, generelle Architekturkreisläufe zu schließen, abgekoppelt. Letztere werden im Folgenden als *Urban-Loop-Design (ULD)* näher beschrieben. Die Möglichkeit der Bemessung des Kreislaufpotenzials von Konstruktionen [11] – ebenfalls im *Atlas Recycling* in ihrer Methodik vorab beschrieben – ist als *Urban-Mining-Index (UMI)* mittlerweile anwendungsreif.

Wiederverwendung: Suffizienz

Wiederverwendung ist der Königsweg zu Ressourcenschonung und Abfallvermeidung. [12] Das Konzept der Suffizienz findet auf im Maßstab sehr unterschiedlichen Ebenen Eingang in die UMD-Strategie:

Die größte Wirkung hat sicherlich die Weiter- und Umnutzung von Gebäuden anstatt eines Abrisses und anschließenden Neubaus. Durch den Erhalt des Rohbaus wird auch ein Großteil der ursprünglichen Herstellungskosten, der grauen Energie und der Masse der Baustoffe erhalten.

Auf der Ebene des Gebäudestandorts bzw. des Bauplatzes sollte der Ansporn beispielsweise sein, auch kontaminierten Erdaushub – der recht häufig bei der Nachnutzung von Brachen anfällt –, auf der Baustelle selbst zu behandeln und weiterzuverwenden, ohne dass er den Ort verlässt.

Auf der Ebene von Materialwahl und Detail kann es bedeuten, verwendete Materialien sichtbar zu lassen, also auf Verkleidungen und Oberflächenüberzüge zu verzichten.

In die Bewertung des *Urban-Mining-Designs* von Gebäuden fließt daher grundsätzlich positiv ein, wenn auf Bauteilschichten gänzlich verzichtet wird, zum Beispiel ein Verzicht auf Deckenputz oder eine abgehängte Decke zugunsten der sichtbaren Materialoberfläche.

Auch in der erneuten Wiederverwendung ganzer Bauteile (z. B. alter Ziegelsteine oder Holzdielenböden) liegt eine direkte Ressourcenschonung und Abfallvermeidung. Allerdings besteht hier erst dann die Aussicht auf einen relevanten Marktanteil, wenn auch für die direkte Wiederverwendung ein politisch gewollter, unterstützender Rahmen geschaffen wird.

Wiederverwertung: Konsistenz

Die entscheidenden Parameter für ein in die Zukunft gedachtes Urban Mining sind Rückbaufähigkeit der Konstruktion und Kreislauffähigkeit der Baustoffe. Die Konstruktionen müssen voneinander trennbar sein, um sie schnell und wirtschaftlich demontieren zu können. Verbindungen wie das Klemmen, Kletten, Klipsen, Einhängen oder loses Auflegen müssen den Vorzug bekommen vor dem zurzeit allerorts üblichen Kleben. Die sortenreine Rückgewinnung (ohne Anhaftungen anderer Materialien) ist der Schlüssel zu einer wirtschaftlichen Wiederverwertung. Systeme (z. B. Putzsysteme) sind nur positiv zu bewerten, wenn ihre einzelnen Komponenten den gleichen Lebensweg nehmen. Ein Beispiel wäre eine Lehmbauplatte mit Hanfarmierung, bei der am Lebensende die gemeinsame Kompostierung / Vererdung von Lehm und Hanf möglich ist. Dies gelingt nur, wenn alle Teile eines Systems derselben Stoffgruppe angehören. Derzeit ist es kaum wirtschaftlich möglich – und damit unwahrscheinlich –, Gemische der verschiedenen Stoffgruppen, »nachwachsend-organisch«, »endlich-fossil« (erdölbasiert), »endlich-metallisch« und »endlich-mineralisch«, zu separieren und entsprechend hochwertig wiederzuverwerten.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

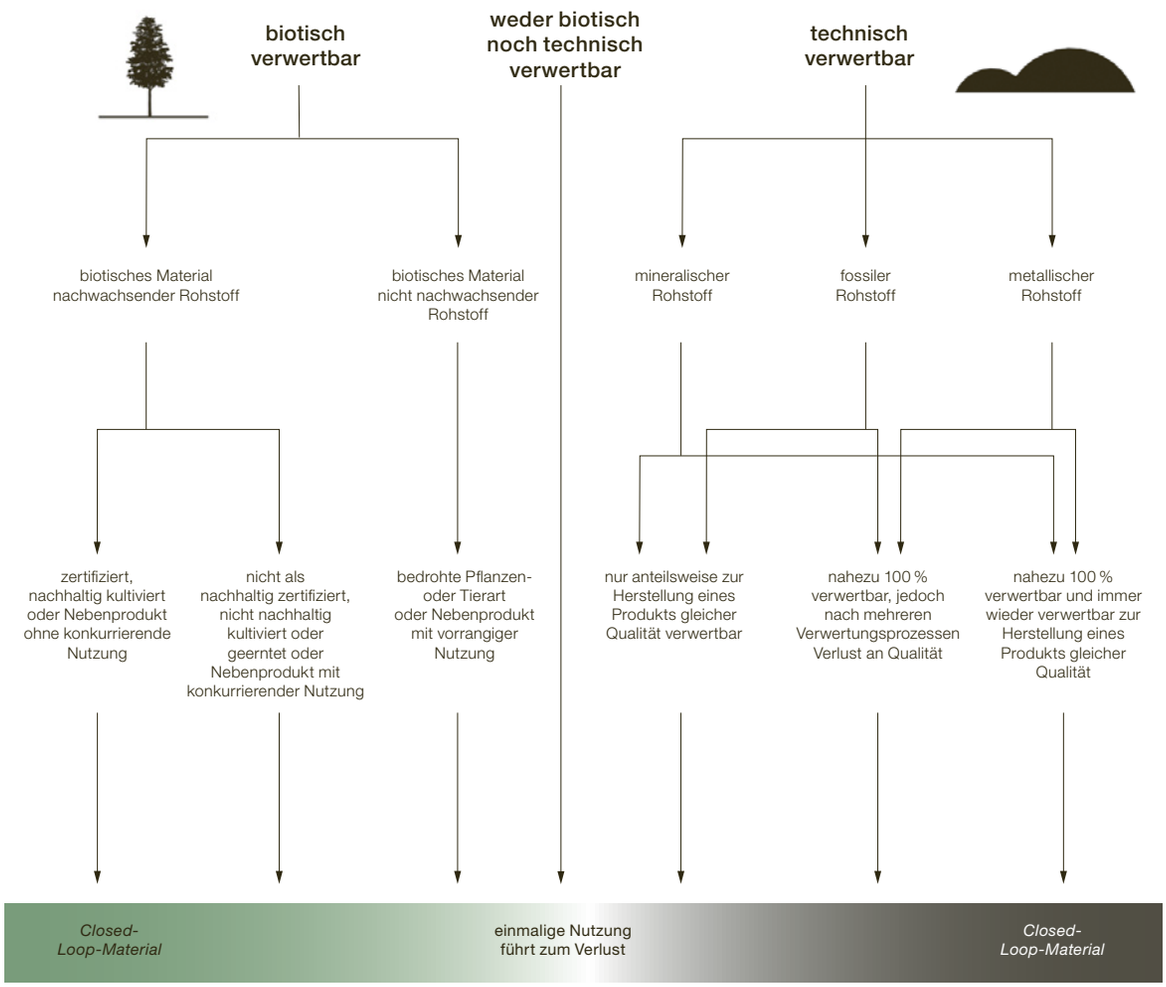


ABB. 2 *Recyclingpotenziale verschiedener Materialien [14]*

Kompositbaustoffe unterliegen derselben Problematik. Hier liegt die Produktverantwortung direkt beim Hersteller, der das Design veranlasst hat. Von einem zu Ende gedachten Produkt kann nur dann ausgegangen werden, wenn die Produktverantwortung für den gesamten Lebensweg einschließlich des Lebensendes vom Hersteller übernommen wird. Das heißt, dass dieser seine Produkte entweder nur vermietet und regelmäßig austauscht oder nach Kauf und Gebrauch kostenfrei zurücknimmt. Dazu fehlt jedoch bislang die politische Umsetzung der im Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) formulierten Forderung nach Herstellerrücknahme und Pfandsystemen. [13]

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Unterscheidung von Wieder- und Weiterverwertung ist eine Grundvoraussetzung für das Urban-Mining-gerechte Bauen. Von einer echten Wiederverwertung kann nur gesprochen werden, wenn der Verwertungskreislauf nahezu geschlossen ist und weder Qualitäts- noch Masseverluste auftreten. Leider werden die Begriffe Wiederverwertung und noch häufiger Recycling aktuell in Produktbewerbungen, aber auch in offiziellen Quellen, noch undifferenziert verwendet und der Qualitätsunterschied zwischen Re- und Downcycling zugunsten positiver Firmendarstellungen und optimistischer Statistiken ignoriert. Um z. B. einen hochgebrannten Klinker herzustellen, kann dem Herstellungsprozess eines neuen Klinkers nur maximal 20 % Altklinkermaterial zugesetzt werden, da das Bindemittel Ton fehlt. Hier kann in der Verwertung des Klinkers lediglich von einer verlustbringenden Weiterverwertung bzw. einem Downcycling die Rede sein, da ca. 80 % Neumaterial zugefügt werden müssen, um das gleiche Produkt erneut zu erhalten. Anders beim Lehmstein: Da der Stein nicht gebrannt wird, verliert er die Eigenschaften der Tonbindung nicht und kann durch Zusatz von Wasser replastifiziert und damit wiederverwertet werden. Damit gehört Lehm zu den *Closed-Loop-Materials,* [14] also zu den Materialien, bei denen der Verwertungskreislauf nahezu geschlossen ist.

Dies können aus der biologischen Stoffgruppe (»nachwachsend-organisch«) beispielsweise Hölzer sein. Jedoch ist nur dann gesichert, dass die Ressource erhalten bleibt und dem Kreislauf nicht mehr entnommen wird, als nachwächst, wenn das Holz auch als nachhaltig kultiviert zertifiziert ist. Aus den übrigen Stoffgruppen, die in einem technischen Kreislauf verwertet werden können, haben lediglich die Metalle (»endlich-metallisch«) einen annähernd geschlossenen Kreislauf der Wiederverwertung aufzuweisen. Obwohl auch hier Regelungsbedarf besteht, um Legierungen nach ihren Qualitäten separiert sammeln und für unterschiedliche Ansprüche gezielt zur Verfügung stellen zu können, damit einem schleichenden Downcyclingprozess Einhalt geboten werden kann (Fensterprofile beispielsweise benötigen höherwertiges Aluminium als Motorblöcke).

In den Stoffgruppen »endlich-fossil« und »endlich-mineralisch« ist das Downcycling bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Lehm, s.o.) unvermeidbar: bei den erdölbasierten Produkten aufgrund ihres schnellen Eigenschaftsverlustes durch Umwelteinwirkungen, bei den mineralischen, weil ihr Formgebungsprozess nicht reversibel ist. Ein Produkt auf gleicher Qualitätsebene kann hier durch Verwertung nicht mehr entstehen. Der einmalige Gebrauch dieser Materialien führt zu unwiederbringlichen Verlusten.

Um heute eine Urban-Mining-gerechte Materialwahl treffen zu können, hilft ein Blick auf den sogenannten *Material-Cycle-Status*. Er bildet den aktuell im Produkt enthaltenen Recyclinganteil – *Material-Recycling-Content* –, den maximal durch Prozessverbesserung erreichbaren Recyclinganteil im Produkt – *Material-Loop-Potential* – und das aktuelle *Material-End-of-Life*, also den aktuellen Verwertungsweg am Lebensende, ab. So erhält man ein Gesamtbild für die Einschätzung der Recyclingfähigkeit eines Materials.

Wenn ein Downcycling unvermeidbar ist, so gilt es, ihm möglichst viel Positives abzugewinnen. Dies gelingt nur in einer mehrstufigen Kaskadennutzung. Dabei wird das Ursprungsmaterial auf absteigenden Qualitätsstufen so oft wie möglich weiterverwertet, bevor die Entsorgung auf der Deponie oder eine thermische Verwertung – also eine energieerzeugende Verbrennung – stattfinden. Beispiele technischer Kaskaden wären Floatglas > Textilglasfaser > Gussglas oder Behälterglas > Isolierglasfaser > Schaumglas > Anteile an Tonziegeln.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

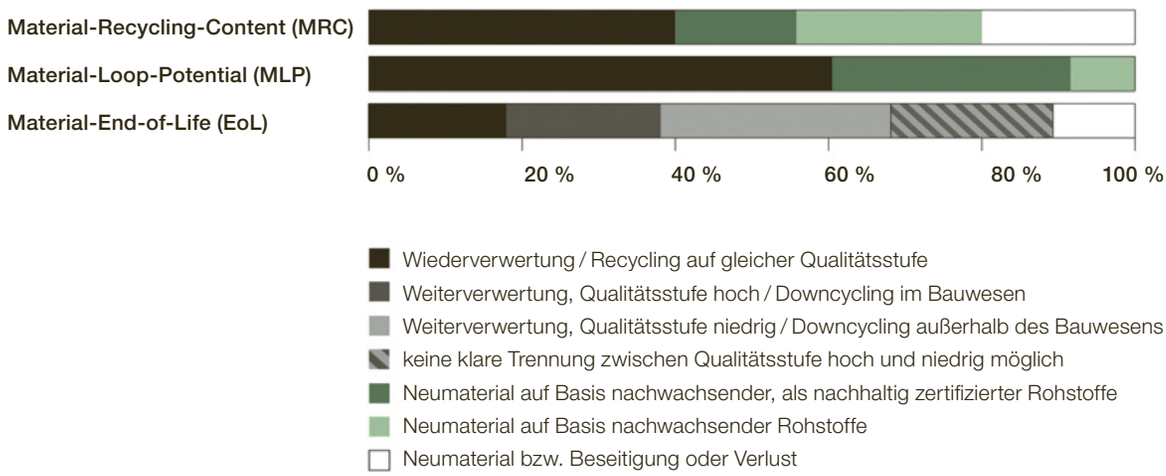


ABB. 3 Material-Cycle-Status: *Beispielgrafik für die Systematik der Materialbewertung durch* Material-Recycling-Content (MRC), Material-Loop-Potential (MLP) *und* Material-End-of-Life (EoL) *[14]*

Die Kaskadennutzung eines biologischen Materials kann hingegen sogar einen Mehrwert im Vergleich zur reinen Wiederverwertung bieten, solange jede Kaskadenstufe der Weiterverwertung in einem bereits durch nachhaltige Kultivierung geschlossenen Kreislauf stattfindet. Dies ist z. B. der Fall bei der Kaskadennutzung von Holz, das aus nachhaltig zertifiziertem Anbau stammt. Hier ist der Kreislauf bereits durch die nachhaltige Kultivierung geschlossen, jede weitere Nachnutzung ist ein »Mehr« gegenüber dem geschlossenen Kreislauf.

Das Ausfüllen der nachfolgenden *TAB. 1 Urban-Mining-Design-Matrix* [15] vermag durch die darin enthaltenen Fragestellungen und Positivbeispiele die Sensibilität für *Urban-Mining-Design* zu wecken und kann so auf praktikable Art und Weise den Handlungsentscheidungen von Architekten und Bauherren dienen.

Urban-Mining-Index (UMI)

Um Kreislaufpotenziale quantitativ messbar zu machen, hat die Architektin Anja Rosen in ihrer Promotion den *Urban-Mining-Index (UMI)* [16] entwickelt. In der Systematik spielt die Verwendung von recycelten oder nachwachsenden Rohstoffen in der Bauphase (Pre-Use) ebenso eine Rolle wie die Nachnutzungsmöglichkeit am Ende des Lebenszyklus (Post-Use). Um die Qualität der Materialnachnutzung angemessen zu berücksichtigen, wird zwischen *Closed-Loop-Potential* und *Loop-Potential* unterschieden. In ersteres gehen nur die Materialien ein, die in geschlossenen Kreisläufen (ohne Qualitätsverlust) geführt werden können, während in das *Loop-Potential* auch eine Weiterführung in offene Kreisläufe (mit Qualitätsverlust) eingerechnet wird. Die Zirkularitätsraten werden auf Ebene der Bauteilschichten in Masseanteilen (%) unter Berücksichtigung der zuvor erwähnten Material-Recycling-Potenziale und der Nutzungsdauern der Bauteile (Austauschhäufigkeiten) [17] sowie des Aufwands des selektiven Rückbaus und

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

TAB. 1 *Checkliste* Urban-Mining-Design *(Auszug) für ressourcenschonendes, rückbau- und recyclingfähiges Bauen [15]*

Urban-Mining-Design Matrix

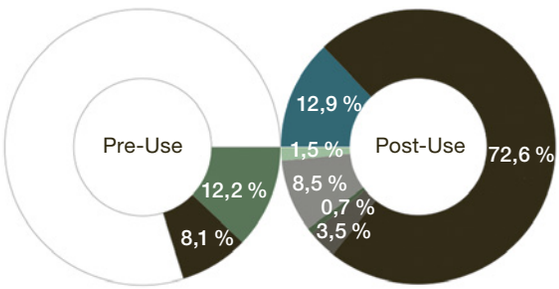
Konstruktion (Material und Fügung) / Bauteile	Suffizienz				nachwachsende Rohstoffe	
	Bestands-weiternutzung (Transformation)	Verzicht auf Material / Bauteil-schicht	wieder- oder weiterverwendete Bauteile (Re-Use)	wiederverwendetes Sekundär-Material im Baustoff (Recyc-linganteil)	*1 Anteil nachwach-sender Rohstoffe	*2 Anteil nachwach-sender Rohstoffe, als nachhaltig zertifiziert
▼ 1 Außenanlagen						
▼ 2 Gründung						
▼ 3 Tagwerk						
3a Sohlplatte				z. B. Beton mit Recyclinggesteins-körnung	z. B. dauerhaftes Holz ohne Nachweis der nachhaltigen Kultivierung bei auf-geständerten Bauten	z. B. dauerhaftes Holz PEFC- / FSC-zertifi-ziert bei aufgeständer-ten Bauten
3b Außenwände	z. B. Erhalt der Trag-struktur				z. B. Holz ohne Nach-weis der nachhaltigen Kultivierung	z. B. Holz PEFC- / FSC-zertifiziert
3c Innenwände			z. B. Wiederverwen-dung eines modularen Trennwandsystems			
3d Decken	z. B. Erhalt der Trag-struktur		z. B. Wiederver-wendung alter Holz-balken			z. B. Massivholz-Diagonalplatte aus nachhaltiger Forst-wirtschaft
3e Dach			z. B. Wiederver-wendung von alten Stahlbinden			
▼ 4 Abdichtungen / Trennanlagen						
▼ 5 Dämmstoffe						
▼ 6 Hüllmaterialien						
▼ 7 Fenster & Türen						
▼ 8 Deckenbeläge und -bekleidungen						
▼ 9 Innenwand-bekleidungen						

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Version 1.0

	hochwertige Verwertung – Recycling | Kaskadennutzung				Wiederverwendung – Re-Use		Materialfügung
	*3 sortenrein recyclinfähges Material biotischen Ursprungs	*4 sortenrein recyclingfähiges Material abiotischen Ursprungs	*5 sortenrein hochwertig in Nutzungskaskade verwertbares biotisches Material	*6 sortenrein hochwertig in Nutzungskaskade verwertbares abiotisches Material	*7 Wiederverwendbarkeit wahrscheinlich	*8 Hersteller-Rücknahmegarantie	lösbare Fügungen oder einstoffliche Verbindungen
		z. B. Stahl-Trapezblech bei aufgeständerten Bauten					z. B. Einlegen oder Auflegen von Stahl-Trapezblechen (bei aufgeständerten Bauten) mit einfach lösbarer Sicherung gegen Verrutschen
		z. B. Profilstahl	z. B. Nadelholz, Altholzkategorie I und II				z. B. Holz-Stahl-Steckverbindungen
		z. B. Stahl- oder Aluminiumblechprofile für Trockenbauwände	vgl. 3b		z. B. modulares Fertigteil-Tragwerksystem aus Stahlbeton	z. B. modulares Trennwandsystem	z. B. traditionelle, einstoffliche Holzverbindung
		z. B. Stahl-Trapezblech			z. B. großformatige (l/b/h) hochwertige Eichenholz-Balken		z. B. einstoffliche Schweißverbindung
					z. B. geschützt eingebaute, großformatige (l/b/h) Leimholzträger, Fachwerkträger		z. B. loses Auflegen von Platten mit leicht lösbarer Sicherung gegen Verrutschen

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



	Pre-Use	Post-Use	Gesamt
Closed-Loop-Potenzial	20,3 %	89,7 %	110,0 %
Loop-Potenzial	20,3 %	99,8 %	120,1 %

Pre-Use
- recycelte Materialien (MRC)
- Materialien aus nachgewachsenen 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

ABB. 4 Urban-Mining-Index: *Pre- und Post-Use-Kreislaufpotenzial einer Deckenkonstruktion (Stahltragwerk mit Holz-Sekundärkonstruktion, Sand-Masseschüttung, Holz-/Textil-Deckenbekleidung, Gussasphalt-Heizestrich auf Holzfaser-Dämmplatten) [11]*

der Entsorgungskosten/-erlöse am Lebensende ermittelt. Durch die Bewertung der beiden Letztgenannten geht die Wirtschaftlichkeit in die Prognose der Zirkularitätsraten ein. Auf diese Weise kann die Wahrscheinlichkeit, geschlossene Kreisläufe zu erzeugen, ermittelt werden. Zukünftige Kostensteigerungen und -verschiebungen im Hinblick auf die Herstellung und den Rückbau sowie die Entsorgung von Gebäuden sind unausweichlich.

Um den Anreiz für ein *Urban-Mining-Design* zu steigern, ist es erforderlich, bei den Gebäudekosten nicht nur, wie bislang üblich, die reinen Herstellungskosten zu Beginn, sondern auch Instandsetzungskosten und *End-of-Life-Kosten* über den gesamten Lebenszyklus von 50 Jahren zu betrachten. *Closed-Loop-Materialien* des technischen Verwertungskreislaufes werden voraussichtlich im Wert steigen und nach dem Rückbau Erlöse einbringen, während auf der anderen Seite die Entsorgungskosten nicht verwertbarer Stoffe durch den eingeschränkten Deponieraum verhältnismäßig stark ansteigen werden.

Wenn Urban-Mining-gerechtes Bauen nicht bald politisch gefördert wird und sich dadurch als Mainstream etabliert, laufen wir gesamtgesellschaftlich Gefahr, dass Gebäude nicht als zukünftige Rohstoffzwischenlager gebaut werden, sondern weiterhin aus riesigen, nicht verwertbaren Abfallmengen bestehen, die den Wert jeder Immobilie am Nutzungsende ins Gegenteil umkehren.

Mithilfe des *Urban-Mining-Index* können wir heute schon die Hinterlegung einer Sicherheit und Kaution für fehlendes Kreislaufpotenzial bemessen und zur Grundlage einer Baugenehmigung machen. Dadurch würde die Praxis der schnellen privaten Gewinnmaximierung durch minimierte Herstellungskosten unterbunden und der Investor bzw. Bauherr in die Produkt- und Werkverantwortung genommen werden. Damit wäre die Vergemeinschaftung von Entsorgungskosten am Nutzungsende des Gebäudes ausgeschlossen.

Urban-Loop-Design (ULD)

Nach Snozzi muss zuerst die Frage, »*was und warum man zerstört*«, [1] beantwortet werden, um eine angemessene architektonische und im aktuellen Fall nachhaltig zirkuläre Lösung für eine Bauaufgabe entwickeln zu können. Es stellt sich folglich die Frage: »Was kann eine Bebauung leisten, um die Zerstörung im Rahmen zu halten bzw. sogar zu kompensieren?«

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Gegliedert in die folgenden sechs Kategorien, versucht *Urban-Loop-Design* [15], Kreisläufe – auch jenseits von Material und Konstruktion – zu schließen und durch Architektur Mehrwerte oder Kompensationen für ein Leben in Respekt aller Arten zu erzeugen:

- **Biodiversität:** Fürsorge für Flora und Fauna
- **Gesellschaft:** Mehrwerte und Suffizienz für eine gemeinschaftliche Gesellschaft
- **Klima:** Eindämmen des Klimawandels und Resilienz gegenüber Extremwettern
- **Lebensdauer:** konstruktive Qualität und Reparaturfreundlichkeit
- **Material:** Schadstofffreiheit und Baubiologie
- **Energie:** Low-Tech-Strategien, Energieeffizienz und nachhaltige Erzeugung.

Jede dieser *Urban-Loop-Design-Kategorien* beinhaltet eine ca. zehn Unterpunkte starke Checkliste mit Maßnahmen für ein kreislaufförderndes Bauen und bietet weitergehende Erläuterungen und ein Punktesystem, um Entscheidungsgrundlagen für Aufklärung und Gewichtung zur Verfügung zu stellen. Das Punktesystem orientiert sich am Wirkungspotenzial der jeweiligen *Urban-Loop-Design-Maßnahme*.

Die folgenden Beispiele helfen, die jeweiligen Kategorien und Maßnahmen weiter zu erläutern: Wir leben in der Zeit eines großen Massenaussterbens. Aus Sorge für die Tier- und Pflanzenwelt gilt es nicht nur Naturräume vor zerstörerischem Zugriff zu schützen, sondern durch *Urban-Loop-Design* aktiv dazu beizutragen, dass die lokale Umwelt des Menschen weiterhin vielfältiges Leben beherbergen kann.

Eine Maßnahme in der Kategorie **Biodiversität** stellt insofern die Fassadenbegrünung dar mit dem Ziel, Abkühlung des städtischen Mikroklimas zu erreichen, mikroklimatische Hitzeinseln durch Verdunstungskühle zu verhindern und Raum für Flora und Fauna zu schaffen. Die maximale Punktzahl erhält man für resiliente, pflegefreundliche Begrünungen, die gleichzeitig als Bienenweide taugen.

Eine weitere Maßnahme besteht in der minimierten Außenraumbeleuchtung mit der Intention, die Lichtverschmutzung zu reduzieren und dadurch den Lebensraum für Insekten und Vögel zu verbessern. Konkret kann dies zum Beispiel durch eine minimierte, nach unten gerichtete Ausleuchtung von Wegflächen, Freiflächen und Fassaden erreicht werden.

Effizienzsteigerungen im Gebäudesektor verfehlen häufig ihre Einsparpotenziale durch Reboundeffekte infolge erhöhter Flächenansprüche. *Urban-Loop-Design* bedeutet intensivere und flexiblere und damit effiziente Nutzung von Gebäuden, um möglichst vielen Menschen ein gutes, auskömmliches Leben zu ermöglichen.

In der Kategorie **Gesellschaft** lautet eine Maßnahme daher »minimierte Wohnfläche pro Person« mit dem Ziel, Reboundeffekte zu vermeiden. Hierbei ist bei einer Planung mit weniger als 25 m^2 pro Person die volle Punktzahl und bei maximal 35 m^2 pro Person eine entsprechend geringere Punktzahl zu erreichen. Als Benchmarks wurden hier die durchschnittlichen Wohnflächen pro Person in Deutschland aus den Jahren 1970 und 1990 angesetzt. Um bei minimierter Wohnfläche die Wohnqualität steigern zu können, sind Ansätze gefragt, die Räume »verwandeln« können. Die Flexibilität innerhalb der Wohneinheit wird an den Möglichkeiten des Hinzuschaltens oder Separierens von Räumen – zu bewerkstelligen mit wenigen, einfachen Handgriffen – bemessen.

In der Folge des Klimawandels werden Hitze, Dürre und Starkregen zunehmen. Gebäude sind so gestaltet, dass das Leben der Menschen auch bei extremen Wetterlagen gesichert ist und Unwetter-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

TAB. 2 *Checkliste* Urban-Loop-Design *(Auszug). Architektur-Mehrwerte oder -Kompensationen für ein Leben in Respekt vor allen Spezies [15]*

Urban-Loop-Design Strategiekategorien	Ziel der Kategorie	nähere Erläuterung	
1 Biodiversität	**Fürsorge für Flora und Fauna**	**Wir leben in der Zeit eines großen Massenaussterbens. Aus Sorge für die Tier- und Pflanzenwelt gilt es nicht nur, Naturräume vor zerstörerischem Zugriff zu schützen, sondern durch Urban-Loop-Design aktiv dazu beizutragen, dass die lokale Umwelt des Menschen vielfältiges Leben beherbergen kann.**	
1.1 Fassadenbegrünung	■ Abkühlung des städtischen Mikroklimas / Verhinderung mikroklimatischer Hitzeinseln durch Verdunstungskühle ■ Lebensraum für Flora und Fauna	flächige Begrünung der opaken Fassadenflächen oder die Planung von Kletterpflanzen, die im Idealfall als Bienenweide tauglich sind	☐ zeichnerischer Nachweis der Fassadenbegrünung in Ansichten Plan-Nummer(n) _____ ☐ Berechnung: Fassadenbegrünung [m²] / gesamte opake Fassadenfläche [m²] Berechnung: _____ / _____ = _____ ☐ Erklärung der Tauglichkeit als Bienenweide
1.7 minimierte Außenraumausleuchtung	■ Reduzierung der Lichtverschmutzung > Verbesserung des Lebensraumes für Insekten und Vögel	minimierte, nach unten gerichtete Ausleuchtung von Wegen, Gärten, Plätzen Verzicht auf Fassaden- oder Freiflächenbeleuchtung	☐ zeichnerische Darstellung des Beleuchtungskonzepts im Außenraum Plan-Nummer(n) _____ ☐ kurze Erläuterung des Konzepts in wenigen Stichpunkten und optionale Nutzung von Piktogrammen
2 Gesellschaft	**Mehrwerte und Suffizienz für eine gemeinschaftliche Gesellschaft**	**Effizienzsteigerungen im Gebäudesektor verfehlen häufig ihre Einsparpotenziale durch Reboundeffekte infolge erhöhter Flächenansprüche. Urban-Loop-Design bedeutet intensivere und flexiblere und damit suffiziente Nutzung von Gebäuden, um möglichst vielen Menschen ein gutes, auskömmliches Leben zu ermöglichen.**	
2.1 minimierte private Wohnfläche pro Person	■ Vermeidung von Reboundeffekten der Energie und Flächeneffizienz	Aufgrund der stets anwachsenden Wohnfläche pro Kopf werden viele Effizienzgewinne bei Verbräuchen pro Quadratmeter zunichtegemacht. Nur ein verzichtender, suffizienter Umgang mit Wohnfläche garantiert den notwendigen Ressourcenerhalt für zukünftige Generationen. **zur Information – Wohnraumentwicklung in Deutschland** 25,0 m²/Person (Ø 1970) 35,0 m²/Person (Ø 1990) 46,7 m²/Person (Ø 2018)	☐ Berechnung: NGF aller Wohneinheiten [m²] / Anzahl der Bewohner Berechnung: _____ / _____ = _____ **Notiz:** Die Berechnung soll nach der »Wohnflächenverordnung« erfolgen.
2.6 Raumflexibilität innerhalb der Einheit	■ Ausgleich für minimierte Wohnflächen	Räume mit wenigen Handgriffen flexibel zuschalt-/separierbar	☐ zeichnerischer Nachweis Plan-Nummer(n) _____ ☐ kurze Erläuterung des Konzepts in wenigen Stichpunkten und optionale Nutzung von Piktogrammen
3 Klima	**Eindämmen des Klimawandels und Resilienz gegenüber Extremwettern**	**In der Folge des Klimawandels werden Hitze, Dürre und Starkregen zunehmen. Urban-Loop-Design-gerechte Gebäude sind so gestaltet, dass das Leben der Menschen auch bei extremen Wetterlagen gesichert ist und Unwetterschäden begrenzt werden.**	
3.1 Minimierung von Freiflächenversiegelung / versickerungsfähige Bodenbeläge	■ Abkühlung des städtischen Mikroklimas / Verhinderung mikroklimatischer Hitzeinseln ■ Entlastung der Kanalisation bei Starkregenereignissen / Hochwasserschutz ■ Senkung der Abwasserkosten ■ Schonung des Boden- und Wassernaturkreislaufs und der darin beheimateten Lebewesen	Durch Oberflächen mit geringen Abflussbeiwerten kann anfallendes Regenwasser vor Ort verdunsten und / oder versickern. Dies kann durch einen möglichst kleinen Fußabdruck des Gebäudes gelingen oder beispielsweise durch die Entsiegelung und Begrünung von versiegelten Flächen im Bestand. **zur Information – Abflussbeiwerte (Ψ) von Bodenbelägen** Asphalt, fugenloser Boden 0,9 Pflaster mit dichten Fugen 0,75 fester Kiesbelag 0,6 Pflaster mit offenen Fugen 0,5 lockerer Kiesbelag, Schotterrasen 0,3 Verbundsteine mit Fugen, Sickersteine 0,25 Rasengittersteine 0,15	☐ zeichnerischer Nachweis der unterschiedlichen Bodenbeläge im Lageplan oder Erdgeschossgrundriss Plan-Nummer(n) _____ ☐ Lageplan der Ausgangssituation, um eine Verbesserung nachzuweisen Plan-Nummer(n) _____ ☐ Berechnung des durchschnittlichen Abflussbeiwertes: $\varnothing\Psi = [(\Psi 1 \times \text{Fläche } 1) + (\Psi 2 \times \text{Fläche } 2) + (\ldots)] / \text{ges. Außenfläche}$ Berechnung: _____ / _____ = _____
3.3 dezentrale Niederschlagswasserversickerung auf dem eigenen Grundstück	■ Gewässerschonung ■ Abkühlung des städtischen Mikroklimas/Verhinderung mikroklimatischer Hitzeinseln ■ Entlastung der Kanalisation bei Starkregenereignissen / Hochwasserschutz ■ Senkung der Abwasserkosten	beispielsweise Versickerung in offener Geländemulde oder Rigole oder mit Substrat gefüllter Sickermulde oder unterhalb aufgeständerter Gebäude in Mulden. Niederschlagswasser, das von befahrenen, befestigten Flächen (Verkehrsflächen und Stellplätze) in die Kanalisation eingeleitet wird, ist jedoch häufig mit Schadstoffen belastet. In diesen Fällen muss eine Schadstofffilterung vorgeschaltet werden. Bsp.: Filterschacht, Versickerungsrinne mit Substrat oder Filter **zur Information – Durchschnittlicher Niederschag pro Jahr in Wuppertal** 1 200 mm pro m²	☐ zeichnerischer Nachweis der Geländemulde o. Ä. Plan-Nummer(n) _____ ☐ kurze Erläuterung des Konzepts in wenigen Stichpunkten und optionale Nutzung von Piktogrammen

https://doi.org/10.51202/9783980658642 - Gemeldet durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 09:31:26. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

4 Lebensdauer	**konstruktive Qualität und Reparaturfreundlichkeit – Ressourcenschutz**	**Viele Gebäude und Ausbauten erreichen kaum eine Lebensdauer von 50 Jahren. Urban-Loop-Design ermöglicht, dass kommende Generationen unsere Bauwerke noch lange als erhaltenswert betrachten können. Dafür brauchen wir Materialien und Konstruktionen, die würdevoll altern, haltbar sind und eine neue Kultur des Instandsetzens und Reparierens ermöglichen.**	
4.2 Umnutzungsfähigkeit	■ Erhöhung der Chance auf Weiternutzung des Gebäudes (> Ressourcenschonung und Abfallvermeidung)	Die Umnutzungsmöglichkeit eines Gebäudes von Wohn- zu Gewerbe-/Bürozwecken erhöht die Chance auf eine lange Nutzungsdauer des Gebäudes. Um zukünftige Umnutzungen zu ermöglichen, spielen neben der Nutzungsgrößenflexibilität (4.1) die lichten Raumhöhen eine entscheidende Rolle. Diese sind für Büronutzungen in Deutschland in den »Technischen Regeln für Arbeitsstätten« festgeschrieben. **zur Information – Lichte Raumhöhen von Büronutzungen** h ≥ 3,00 m (für Arbeitsräume ≥ 100 m^2) h ≥ 2,75 m (für Arbeitsräume ≥ 50 m^2) h ≥ 2,50 m (für Arbeitsräume ≤ 50 m^2)	☐ zeichnerischer Nachweis der Raumhöhen in Schnitten Plan-Nummer(n) ☐ ☐ zeichnerischer Nachweis von Umnutzungsvariante(n) als Gewerbenutzung Plan-Nummer(n) ☐ ☐ kurze Erläuterung des Konzepts in wenigen Stichpunkten und optionale Nutzung von Piktogrammen
4.8 reparaturfreundliche und nachrüstbare Führung von Versorgungsleitungen	■ Nachrüstungsmöglichkeit und Reparaturfreundlichkeit (Nutzerakzeptanz) ■ Vermeidung von Abbrucharbeiten (> Ressourcenschonung und Abfallvermeidung)	Um Reparaturen zu ermöglichen, sollten alle Versorgungsleitungen leicht zugänglich sein, beispielsweise durch eine offene Leitungsführung auf Wänden/ Decken oder vertikal in leicht zugänglichen Schränken oder Schächten und horizontal in leicht zugänglichen Hohlraum-/Doppelböden und -decken oder leicht zugänglichen Kanälen. Die Nachrüstbarkeit von Gebäudetechnik sollte durch Platzreserven in Technikräumen sowie Schächten, Hohlraumböden etc. ermöglicht werden.	☐ zeichnerischer Nachweis reparaturfreundlicher Versorgungsleitungen (Trinkwasserleitungen, Abwasserleitungen, Regenwasserleitungen, Heizungsrohre, Medienkanäle, evtl. Lüftungskanäle) Plan-Nummer(n) ☐ ☐ kurze Erläuterung des Konzepts in wenigen Stichpunkten und optionale Nutzung von Piktogrammen
5 Material	**Schadstofffreiheit und Baubiologie – Recyclingfähigkeit, Ressourcenschutz**	**Industriell gefertigte Bauprodukte enthalten oft gesundheitsschädliche Substanzen. Urban-Loop-Design bedeutet, Risiken für den Menschen und seine lokale Umwelt durch den konsequenten Einsatz von unbedenklichen Materialien ohne potenziell gefährliche Stoffe zu vermeiden und das Wohlbefinden und die Aufenthaltsqualität im Gebäude zu stärken.**	
5.1 minimierte private Wohnfläche pro Person	■ Vermeidung von Mobilitätsemissionen ■ Förderung lokaler Wirtschaft ■ Verringerung von Rohstoffbezug aus Krisengebieten	regionale Herkunft der Baumaterialien bezogen auf den Vorfertigungsstandort und/oder das Baugrundstück	☐ Kartierung der Baustoffproduktionsstätten mit Angabe einer Entfernung in km zum Baugrundstück und/oder Vorfertigungsstandort Plan-Nummer(n) ☐ ☐ Angabe des Mittelwertes der angegebenen Entfernungen ☐
5.8 Verzicht auf als SVHC (Substances of Very High Concern) eingestufte Flammschutzmittel	■ Schadstofffreiheit > Gesundheitsschutz ■ Gewässerschutz (Auswaschungen in das Grundwasser) ■ Sortenreinheit > Recyclingfähigkeit	Als SVHC eingestufte Flammschutzmittel dienen insbesondere dem Brandschutz von Kunststoffprodukten, deren Anwendugen im Bauwesen seit Jahren stetig zunehmen. Die Flammschutzmittel, die nach der europäischen REACH-Kandidatenliste zu den besonders besorgniserregenden Substanzen (SVHC) gehören, sind beispielsweise: Hexabromcyclododecan (HBCD), Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP), Decabromdiphenylether (DecaBDE), kurzkettige Chlorparaffine (SCCP), Tetrabrombisphenol A (TBBPA) und Bromide. Hinweis: Ist ein Stoff oder Gemisch nicht als Ganzes als gefährlich eingestuft, müssen im Sicherheitsdatenblatt nur die SVHC angegeben werden, die über 0,1 % enthalten sind. **Risiken der drei SVHC-Stoffkategorien** ■ CMR-Stoffe sind cancerogen (krebserzeugend), mutagen (erbgutverändernd) und reproduktionstoxisch (fortpflanzungsgefährdend) ■ PBT-Stoffe sind persistent (lange Abbaubarkeit in der Umwelt), bioakkumulierend (Anreicherung in biologischem Material) und toxisch (Schädigung von Mensch und Umwelt) ■ vPvB-Stoffe sind sehr persistent und stark bioakkumulierend	☐ Auflistung der nachgewiesenen Baustoffe mit Hinweis zu dem jeweiligen Nachweis-Dokument ☐ Kenntlichmachen der relevanten Stellen in den eingereichten Dokumenten ☐ bei Verzicht der Stoffe eine kurze Erläuterung dessen **Notizen – Nachweis des Verzichtes auf halogenierte Flammschutzmittel durch** ■ Umweltsiegel (z.B. Blauer Engel) oder ■ Environmental Product Declaration (EPD) mit entsprechenden Angaben zu Flammschutzmitteln oder ■ Sicherheitsdatenblatt oder ■ Zulassung von Bauprodukten in der Europäischen Union (gemäß der REGULATIONE [EU] No 305/2011 des Europäischen Parlaments)/ bauaufsichtliche Zulassung mit Aussagen zu besonders besorgniserregenden Stoffen (SVHC) oder ■ freiwillige Herstellererklärung
6 Energie	**Low-Tech-Strategien, effektive Nutzung und nachhaltige Erzeugung**	**Die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern befeuert den Klimawandel und schürt internationale Konflikte. Aus Solidarität mit jenen, die unter diesen Folgen am meisten leiden, vermeidet Urban-Loop-Design Reboundeffekte mittels Low-Tec-Lösungen und treibt die Energiewende durch die Verwendung erneuerbarer Energien und eine effektive Energienutzung aktiv weiter voran.**	
6.2 standortbezogene, klimagerechte Fassadengestaltung	■ Minimieren des Wärmeverlustes bei maximierter Tageslichtausbeute ■ sommerlicher Wärmeschutz ■ Energieersparnis	Gestaltung der Fassaden- und Fensterflächen in Abhhängikeit von sommerlichem und winterlichem Wärmeschutz; minimierte Wärmeverluste bei maximaler Tageslichtausbeute oder Ermöglichen passiver solarer Gewinne durch Größe und Anordnung/Ausrichtung der Öffnungen und Ausformulierungen der Laibungen; Förderung solarer Gewinne im Winter durch Größe und Ausrichtung der Fenster, Minimierung solarer Gewinne im Sommer; Verortung von Räumen mit hohen thermischen Lasten (z.B. Server- und EDV-Räume) an Positionen geringer solarer Erträge	☐ zeichnerischer Nachweis in Grundrissen und Ansichten Plan-Nummer(n) ☐ ☐ kurze Erläuterung des Konzepts in wenigen Stichpunkten und optionale Nutzung von Piktogrammen
6.3 Sonnenschutz, Fassaden- und Dachöffnungen, low-tech	■ sommerlicher Wärmeschutz (vor Überhitzung)	Angebot von low-tech-Sonnenschutz zur nutzerspezifischen, manuellen Anpassung ohne Stromverbrauch	☐ zeichnerischer Nachweis in Konstruktionszeichnungen Plan-Nummer(n) ☐ ☐ kurze Erläuterung des Konzepts in wenigen Stichpunkten und optionale Nutzung von Piktogrammen

https://doi.org/10.51202/9783980658442 - Gemeldet durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 08:31:26. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

schäden begrenzt werden. Die Kategorie **Klima** sieht als Maßnahme eine Entsiegelung von Freiflächen im Bestand und Außenanlagenbeläge mit hoher Versickerungsfähigkeit vor und unterstützt damit das Eindämmen des Klimawandels. Dies trägt zur Schonung des Wasserkreislaufs und des Bodens als Lebensraum bei. Positiv bewertet wird auch ein kleiner Gebäude-Footprint durch eine hohe Geschossfläche auf kleiner Grundfläche.

Eine Versickerung des Niederschlagswassers auf dem Grundstück in Becken, offenen Geländemulden oder auf dem Dach verbessert das Mikroklima durch Verdunstungskühle, entlastet die Kanalisation bei Starkregen und stärkt somit die Resilienz gegenüber Extremwetterereignissen. Hier wird gemessen und bewertet, wieviel Prozent des insgesamt anfallenden Wassers auf dem Grundstück versickern kann.

Viele Gebäude und Ausbauten erreichen heutzutage kaum eine Lebensdauer von 50 Jahren. *Urban-Loop-Design* ermöglicht, dass kommende Generationen unsere Bauwerke noch lange als erhaltenswert betrachten können. Eine notwendige Maßnahme in der Kategorie **Lebensdauer** ist der Einsatz von Materialien und Konstruktionen, die würdevoll altern, haltbar sind und eine neue Kultur des Instandsetzens und Reparierens ermöglichen. Die Lebensdauer von Gebäuden wird zudem stark von ihrer Umnutzungsfähigkeit beeinflusst. Die Chance auf Weiternutzung eines Gebäudes wird durch die Möglichkeit zur Umnutzung, z. B. von Wohnen in Büro oder Gewerbe, erheblich erhöht, spart so in größtem Umfang Ressourcen und vermeidet Abfall. Die volle Punktzahl in der Bewertung wird erreicht, wenn entsprechende Erschließungen bzw. Treppenhäuser, lichte Raumhöhen größer 2,75 m, ein erhöhter Trittschallschutz und ggf. erweiterte Lastreserven vorgehalten werden. Die Varianz der Umnutzungen muss dabei durch entsprechende Grundrisszeichnungen belegt werden.

Eine offene, nachrüstbare oder leicht zugängliche Leitungsführung von Wasser, Abwasser und Medien horizontal in Hohlraumböden oder -decken und vertikal in Schächten oder Schränken gewährleistet Nachrüstungs- und Reparaturfreundlichkeit und bedeutet Ressourcenschonung und Abfallvermeidung durch die Vermeidung von Abbrucharbeiten. Als Bemessungsgrundlage dienen hier die derart ausgestatteten Hauptnutzflächen im Verhältnis zur Gesamthauptnutzfläche.

Industriell gefertigte Bauprodukte enthalten oft gesundheitsschädliche Substanzen. *Urban-Loop-Design* bedeutet, Risiken für den Menschen und seine lokale Umwelt zu vermeiden. In der Kategorie **Material** wird der konsequente Einsatz von unbedenklichem Material als Maßnahme gefordert, um das Wohlbefinden und die Aufenthaltsqualität im Gebäude zu stärken.

Auch eine sortenreine Rückgewinnung des Materials und somit Ressourcenschutz und Abfallvermeidung sind nur durch den konsequenten Verzicht auf gesundheitsschädliche Stoffe, wie zum Beispiel Bromide in Brandschutzmitteln, möglich. Bromide sind unter anderem in Wärmedammverbundsystemen, Textilien oder Stahlanstrichen enthalten. Hier kann die maximale Punktzahl nur durch den Nachweis des Verzichts und gegebenenfalls die Anwendung alternativer Brandschutzmethoden wie beispielsweise einer Überdimensionierung von Holz- oder Stahlbauteilen [14] erreicht werden.

Entscheidenden Einfluss hat aber auch die vorrangige Nutzung regionaler Baustoffe. Sie vermeidet CO_2-Emissionen und Rohstoffbezug aus Krisenländern und fördert die lokale Wirtschaft. Hier findet die Bewertung über den Bezugsradius und die Menge der Materialien aus lokalem Bezug im Verhältnis zur Gesamtmenge statt.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern befeuert den Klimawandel und schürt internationale Konflikte. Aus Solidarität mit jenen, die unter diesen Folgen am meisten leiden, müssen Reboundeffekte in der Kategorie **Energie** vorhergesehen und mittels Low-Tech-Lösungen vermieden werden.

Ein Beispiel hierfür ist eine ortsbezogene, klimaangepasste Fassadengestaltung, die durch Größe und Anordnung der Öffnungen und Ausformulierungen der Laibungen für minimierte Wärmeverluste bei maximaler Tageslichtausbeute sorgt oder passive solare Gewinne ermöglicht.

Ein weiteres Beispiel für Low-Tech-Details ist die Ausgestaltung des Sonnenschutzes, mit dem Ziel, vor sommerlicher Überhitzung zu schützen und dies einfach, reparaturfreundlich sowie nutzergesteuert. Die Maximalpunktzahl erreicht man mit anpassungsfähigen Systemen, die ohne zusätzliche Hilfsmittel bedient werden können, z. B. Schiebeladen. Abgestuft erhalten starrer Sonnenschutz über Lamellen, Gewebe oder Begrünung und die Steuerung über Handkurbeln oder pneumatisch zu bewegende Sonnenschutzeinrichtungen weniger Punkte, während eine elektrische Steuerung oder ausschließlich Sonnenschutzverglasungen keine positive Bewertung erhalten.

Diese Beispiele mögen einen Aufschluss über die Vorgehensweise anhand der *Urban-Loop-Design-Checkliste* und deren Ziele geben. Zusammen mit *Urban-Mining-Design* und dem *Urban-Mining-Index* versprechen wir uns hiervon, das Bauen in zunehmend geschlossenen Materialkreisläufen praktikabel vermitteln zu können und zu einer Architektur im Einklang mit den natürlichen Kreisläufen einer Welt für alle zu gelangen. »*Bauen bedeutet Zerstörung – zerstöre mit Verstand ... und Freude*«, ergänzte Snozzi zu einem späteren Zeitpunkt. [1]

Literatur

[1] Baunetzwoche: Luigi Snozzi, professeur. Baunetzwoche (2010), Nr. 198, S. 10. URL: https://www.baunetz.de/baunetzwoche/baunetzwoche_ausgabe_1406883.html [Stand: 17.07.2020]

[2] Maslow, Abraham: A Theory of Human Motivation. Psychological Review 50 (1943), Nr. 4, S. 370 – 396

[3] Global Footprint Network: Ecological Footprint. URL: https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/ [Stand: 17.07.2020]

[4] Remondis SE & Co. KG (Hrsg.): Immer das Neuste vom Neuen haben zu wollen, kostet. Vor allem Rohstoffe. URL: https://www.remondis-nachhaltigkeit.de/vermitteln/rohstoffknappheit/?skip=1&rC=1 [Stand: 17.07.2020]

[5] Statistisches Bundesamt (Destatis): Abfallbilanz 2017, S. 33. URL: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallbilanz-pdf-5321001.pdf?__blob=publicationFile [Stand: 17.07.2020]

[6] SPD Europa: Recycling muss zum Standard werden. URL: https://www.spd-europa.de/nachrichten/recycling-muss-zum-standard-werden [Stand: 17.07.2020]

[7] World Green Building Council: World Green Building Week. URL: https://www.worldgbc.org/worldgreenbuildingweek [Stand: 17.07.2020]

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

[8] Hauff, Michael; Kleine, Alexandro: Nachhaltige Entwicklung. Grundlagen und Umsetzung. München: Oldenbourg Verlag, 2009, S. 37ff. und
Pufé, Iris: Nachhaltigkeit. Konstanz / München: UTB, 2012, S. 123, 125f.

[9] Steffen, Arne; Fuchs, Matthias: Weniger ist weniger – und anders. db deutsche bauzeitung 6 (2015), S. 26ff.

[10] Hillebrandt, Annette: Architekturkreisläufe. Urban Mining Design. In: Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies, Johanna: Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource. München: Edition Detail, 2018, S. 10ff.

[11] Rosen, Anja: Bewertung der Kreislaufpotenziale. In: Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies, Johanna: Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource. München: Edition Detail, 2018, S. 114ff.

[12] Rat der Europäischen Union (Hrsg.): Richtlinie RL 2008/98/EG über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien. Abfallrahmenrichtlinie vom 19. November 2008. Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG)

[13] Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) § 25 (1) 1, 2, 2012

[14] Hillebrandt, Annette; Seggewies, Johanna: Recyclingpotenziale von Baustoffen. In: Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies, Johanna: Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource. München: Edition Detail, 2018, S. 58ff.

[15] Hillebrandt, Annette unter Mitarbeit von Müller, Jan Martin: Urban Mining Design. URL: www.urban-mining-design.de [Stand: 17.07.2020]

[16] Rosen, Anja: Urban-Mining-Index – Entwicklung einer Systematik zur quantitativen Bewertung der Kreislaufpotenziale von Baukonstruktionen in der Neubauplanung, Dissertation, 2019

[17] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR): Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). URL: https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Nutzungsdauer_Bauteile/BNB_Nutzungsdauern_von_Bauteilen_2017-02-24.pdf [Stand: 17.07.2020]

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Das Lesen und Weiterschreiben der gebauten Umwelt

KERSTIN MÜLLER

Kerstin Müller ist Architektin mit Fokus auf die diversen Aspekte der Nachhaltigkeit sowie Mitglied der Geschäftsleitung im *baubüro in situ*, das seit 20 Jahren auf das Weiterbauen im Bestand spezialisiert ist. Weitere Schwerpunkte des Büros liegen auf dem kostengünstigen Holzmodulbau, der direkten Wiederverwendung von Bauteilen / -materialien und dem zirkulären Bauen.

Urban Mining versteht die gebaute Umwelt als ein von Menschen geschaffenes Rohstofflager, als »städtische« Mine. Der Begriff leitet sich vom Wortsinn einer »natürlichen« Mine ab. Für die Gewinnung eines Rohstoffs aus seiner natürlichen Mine muss Energie aufgewendet werden – es wird abgegraben, gesprengt, Mensch und Maschine leisten Arbeit. Bei der Gewinnung des gesuchten Rohstoffs entstehen jedoch auch ungewollt Nebenprodukte sowie ein sehr unterschiedliches Maß an Umweltschäden. Entsprechendes gilt für die städtische Mine – auch hier geht jede »Förderung« mit einem Energieaufwand und einem Einfluss auf die Umwelt einher. Ressourcenschonung bedeutet demnach nicht nur eine Reduktion des Abbaus aus natürlichen, sondern auch aus städtischen Rohstofflagern.

Seit vielen Jahren liegt der Fokus der Energieeinsparung im Gebäudebestand auf einer Verringerung der energetischen Verluste und einer Erhöhung der Effizienz von Anlagen und Geräten. Sowohl bestehende Energieeinspargesetze als auch neue Förderprogramme orientieren sich an diesen Maßnahmen. Heutige Neubauten weisen einen sehr geringen Energieverbrauch im Betrieb auf, bei Gesamtsanierungen werden ähnlich niedrige Werte erreicht. Plusenergiegebäude, die heute keine Seltenheit mehr sind, erzeugen in ihrer Jahresbilanz mehr Energie, als sie verbrauchen. Nach und nach nehmen wir zudem Abschied von Heizsystemen oder Stromerzeugern, die auf fossilen Energieträgern basieren. Das Wissen um einen energetisch-nachhaltigen Betrieb von Gebäuden während ihrer Nutzungsphase ist also vorhanden und etabliert.

An anderer Stelle jedoch befinden wir uns erst am Anfang. Wie kann es gelingen, den ökologischen Fußabdruck eines Gebäudes auch vor und nach der eigentlichen Nutzungsphase zu verringern? Die immer dringlicher werdende Problematik hat viele Namen: Ressourcenverbrauch, Abfallmengen, CO_2-Ausstoß oder graue Energie, um nur einige Beispiele zu nennen.

Derzeit zu wenig beachtet wird der Aufwand an Energie und Ressourcen, der benötigt wird, um ein Gebäude in seiner spezifischen Materialität zu erstellen. Bei der Verwendung von erdölbasiertem

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dämmmaterial in hoher Stärke beispielsweise erreichen wir einen Punkt, an dem die Menge der eingebrachten grauen Energie durch Förderung und Herstellung des Materials größer ist als das Einsparpotenzial an Betriebsenergie während der Nutzungsphase des Gebäudes.

Ein weiteres Beispiel ist der Ersatzneubau: Wie ist es möglich, dass im Namen der Nachhaltigkeit ein energieeffizienter Ersatzneubau erstellt werden kann, ohne dabei die energetischen, materiellen und gesellschaftlichen Werte der dafür abgerissenen Bausubstanz berücksichtigen zu müssen? Und ohne den für die Erstellung des Ersatzneubaus notwendigen Energiebedarf mit aufrechnen zu müssen?

Wäre eine andere Berechnungsmethodik, die neben der Betriebsenergie auch die Herstellungsenergie des Ersatzneubaus sowie die Vernichtung von grauer Energie und Rohstoffen des Bestandsbaus (im Sinne einer gesamtheitlichen Lebenszyklusanalyse) betrachtet, nicht wissenschaftlich wie auch gesellschaftspolitisch sinnvoller? Nur langsam nähern wir uns einer solch gesamtheitlichen Betrachtung an.

Urban Mining im Großen wie im Kleinen: vom Areal zum Material

Im Zusammenhang mit der Abfallvermeidung sind die englischen Begriffe *Reduce, Re-Use* und *Recycle* bekannt. *Reduce*, die Reduzierung durch mögliche Vermeidung von Abfall, besitzt die höchste Wirksamkeit in Bezug auf die Ressourcenschonung, gefolgt von *Re-Use*, der Wieder- oder Weiterverwendung am gleichen oder an einem anderen Ort. An dritter Stelle steht das *Recycling,* bei dem unter Energieeinsatz ein Material oder ein Produkt in ein anderes umgeformt, also wieder- oder weiterverwertet wird. Diese drei Hierarchieebenen der Abfallvermeidung lassen sich auch auf unsere Bauwirtschaft übertragen. Die Vermeidung hat auch hier im Hinblick auf die Ressourcenschonung und Energieeinsparung die höchste Wirksamkeit – und entspricht dem Erhalt von vorhandener Bausubstanz. Was gar nicht erst als Abbruchmaterial anfällt, muss in keinen energieintensiven Wiedergewinnungsprozess überführt werden. Man denke an die großen Mengen von Beton aus Abbruchobjekten und den mühsamen Versuch, diesen als sogenannten Recyclingbeton wieder in die gebaute Umwelt zurückzuführen. Ohne eine wertmindernde Kaskadennutzung, z. B. als Füllmaterial im Straßenbau oder in der Verfüllung ehemaliger Kohlestollen, gelingt diese Art von Rückführung derzeit selten.

Viele Abbrüche erfolgen heutzutage, um Platz für Ersatzneubauten zu schaffen. Der Möglichkeit des Weiterbauens am Bestand wird nur wenig Beachtung geschenkt. Leider, denn hierin liegt ein großes ungenutztes ökologisches wie auch ökonomisches Potenzial. Eine Möglichkeit des Weiterbauens im großen Maßstab bietet sich auf der Ebene ganzer Quartiere. Dazu zählen beispielsweise in die Jahre gekommene Wohnsiedlungen oder ganze Areale wie aufgegebene Industriestandorte. Durch eine bedachte Herangehensweise, strategische Eingriffe und Nachverdichtung können beachtenswerte Ergebnisse erzielt und Ressourcen und gespeicherte graue Energien erhalten werden.

Im kleinen Maßstab liegt eine weitere Möglichkeit des Erhaltens von Bausubstanz in der direkten Wieder- oder Weiterverwendung von Bauteilen. Ausgebaute Bauelemente werden von diversen neuen Unternehmen auf Online-Plattformen angeboten. Das Angebot beschränkt sich bisher noch vorwiegend auf Produkte wie Bodenbeläge, Haushaltsgeräte, Sanitärobjekte, Türen und Fenster, aber vermehrt auch auf ausgebaute Strukturelemente wie Holzbalken, Metallträger oder Gipskarton- und Holzwerkstoffplatten. Diese Elemente finden bisher

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

vorwiegend in Umbauten und Sanierungen ein zweites Leben.

Im Großen: Industrieareale und ihre Gebäude

Ein bedeutender Baustein des ressourcenschonenden Bauens liegt in der Umnutzung aufgegebener Industriestandorte. Dabei ist es wichtig, diese Orte nicht zu überformen, vielmehr geht es um ein Lesen und Weiterschreiben der Substanz. Welche Ressourcen sind vor Ort vorhanden? Als Ressource gilt grundsätzlich alles Bestehende. Dazu zählen Umgebung, Bausubstanz sowie Menschen und deren Fähigkeiten und Bedürfnisse. Das Vorhandene wird gelesen und gehört, wodurch ein Dialog beginnt.

Lesen der Struktur

Das Weiterschreiben von Bestandsgebäuden erfordert zunächst ein Lesen der vorhandenen Strukturen. Was kann ein Gebäude, was kann es nicht, wo liegen seine Potenziale, wo die Schwächen? Die Bausubstanz wird somit einer spezifischen Analyse in Hinblick auf eine Werterhaltung unterzogen: Statik, zulässige Bodenbelastung, Raumhöhen, Erdbebensicherheit, Blitzschutz, Zu- und Ausgänge, Erschließung. Die Architektinnen und Architekten entwickeln ein Verständnis dafür, welche Ertüchtigungen für welche Nutzung erforderlich sind: Lichtverhältnisse, Energieversorgung, Brandschutz, Schallschutz. Nun gilt es, Nutzungsszenarien zu entwerfen, die die bestehenden Räume respektieren und weiterschreiben.

Geringe Eingriffstiefe

Bei einer Umnutzung ehemaliger Industriestandorte kommt eine weitere Betrachtungsebene hinzu. Auf Arealebene wird ermittelt, welche Elemente schützenswert sind. Es geht weniger um Denkmalschutz im konservatorischen Sinne, sondern um die Wertschätzung der Geschichte des Ortes und der physischen Substanz. Was als Spurensuche beginnt, endet in der Bewahrung charakterstiftender Bausteine, im Innen- wie im Außenraum und materiell wie ideell. Soll die Eingriffstiefe möglichst gering bleiben, gilt es, Interessenten zu finden, die die vorgefundenen Räumlichkeiten ohne größere Umbaumaßnahmen nutzen wollen. In einem gemeinsamen Prozess wird der übliche Anspruch an Komfort und Größe der Nutzungseinheit sowie an den Ausbaustandard hinterfragt. Wo genau liegt der Bedarf? Der Aufwand für die Erfüllung der ermittelten Ansprüche wird mit den daraus resultierenden Kosten ins Verhältnis gesetzt und im Dialog werden Lösungen erarbeitet. Eine pragmatische Herangehensweise wird aufwendigen Lösungen vorgezogen.

Strategien des »Weiterschreibens«

- Hinzufügen (siehe *ABB. 4–7*)
  - Einzug von Zwischenebenen
  - Aufstockung
  - Anbau
- Wegnehmen (siehe *ABB. 8, 10*)
  - Wegnehmen von Wänden
  - Wegnehmen des Daches
- Seinlassen (siehe *ABB. 9, 11*)
  - Akzeptanz und Wertschätzung des Gefundenen
  - geringfügige Ergänzung
- Reparieren (siehe *ABB. 14*)
- Kombination / Nachverdichtung (siehe *ABB. 12*)

Im Kleinen: Bauteile und Materialien

Das Wieder- oder Weiterverwenden von Bauteilen respektive von Bauabfall ist eine direkte Form des Urban Mining. Die ökologischen Vorteile liegen auf der Hand, denn jeder Umformungsprozess ist mit einem energetischen Aufwand verbunden. Doch auch bei der direkten Wieder- oder Weiterverwendung von Baumaterial ist ein zusätzlicher Energieaufwand erforderlich, der in der heutigen Berech-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

▲ ***ABB. 1*** *Gundeldinger Feld, Basel: Umnutzung einer ehemaligen Maschinenfabrik*

ABB. 2 *Gundeldinger Feld, Kletterhalle: ideale Nutzung für eine hohe Halle*

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

nungsmethodik der grauen Energie nicht enthalten ist. Die für den zusätzlichen Kreislauf mit den Schritten Demontage, Transport, Lagerung, Anpassung, Re-Montage benötigte Energiemenge ist jedoch im Vergleich zum Energieaufwand für die Herstellung eines neuen Bauteils gering.

Wieder- oder weiterverwendbare Baumelemente oder Materialien aus Rückbauten sind beispielsweise in Bauteilbörsen zu finden. Hilfreich ist auch die Pflege eines eigenen, bürointernen Bauteilmarkts. Auf diese Weise kann so manches Element, das sonst entsorgt werden würde, in einem anderen Projekt wieder eingesetzt werden.

ABB. 3 *Gundeldinger Feld, Silo: Fassade aus wiederverwendetem Material und farbiger PV-Anlage*

ABB. 4 *Gundeldinger Feld, Basel: innere Nachverdichtung durch zweigeschossiges Einstellmöbel mit Arbeitsplätzen; Gemeinschaftsbüro von baubüro in situ ag / denkstatt sarl / unterdessen GmbH*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 5 *Werkraum Warteck, Basel: Einzug von Ebenen in ehemalige Malzsilos, erschlossen durch eine Außentreppe*

ABB. 6 *Güterstrasse 81, Basel: Anbau in Holzbauweise unter Erhalt der Hinterhof-Fassade hinter dem Anbau*

ABB. 8 *Gundeldinger Feld, Basel: Schaffung von Innenhöfen durch das Wegnehmen der Dachhaut unter Erhalt der Tragstruktur der ursprünglichen Werkhallen*

▼ ***ABB. 7*** *Walzwerk, Münchenstein: Aufstockungen mit wiederverwendeten Fassadenblechen*

ABB. 9 *Ziegelhof, Liestal: Belassen der ausgebleichten Bodenbeläge des Treppenhauses*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

▲ ***ABB. 10*** *ELYS, Basel: Um Licht in den bestehenden Baukörper zu transportieren, wird ein Innenhof geschaffen.*

ABB. 11 *Gundeldinger Feld, Silo: Innenraum mit unverkleideten Wänden und Decken, Nachrüsten der originalen Lampen mit energieeffizienten Leuchtmitteln, Radiatoren aus der Bauteilbörse, Aufputzinstallationen*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

▲ **ABB. 12** *Werkhof Binz, Zürich: Nachverdichtung ohne Verlust des Bestehenden, neue Baukörper und Aufstockung in Holzmodulbauweise; auch die Strategien »Wegnehmen«, »Seinlassen« und »Reparieren« wurden angewendet.*

ABB. 13 *Gundeldinger Feld, Silo: Wiederverwendete Teeküche und Heizkörper von der Bauteilbörse*

ABB. 14 *Werkhof Binz, Zürich: Fassade einer ehemaligen Schreinerei, punktueller Ersatz der morschen Holzverkleidung und Hinzufügen eines neuen Eingangs mittels eines Stegs*

Neubau aus Rückbauten und Restposten

Der Einsatz bestehender Bauteile und -materialien erfordert eine umgekehrte Herangehensweise an den Planungsprozess. Bisher planen und entwerfen die Architektinnen und Architekten und lassen sich Bauteile in den gewünschten Eigenschaften herstellen. Fenster werden beispielsweise nach Bedarf gefertigt, Eigenschaften wie Größe, Material, Farbe sowie energetische Kennwerte werden vorab bestimmt. Das Produkt wird dann zum gewünschten Zeitpunkt vom Zulieferer auf die Baustelle geliefert, seine Qualität ist durch Garantien gewährleistet. Arbeitet man dagegen mit wiederverwendeten Fenstern, sind die Eigenschaften des Fensters vorgegeben. Diese Eigenschaften müssen angenommen werden. Auf ihrer Basis wird geplant. Diese neue Form der Planung braucht Antworten auf für unsere Disziplin momentan noch neuartige Fragestellungen: Welche Bauteile sind wo und wann verfügbar? Welche Elemente passen zum konkreten Projekt – ästhetisch, technisch, statisch, energetisch, baukulturell? Und wie können die Komponenten kombiniert und die geltenden Normen erfüllt werden?

Diese andere Art der Gestaltfindung benötigt neue Planungswerkzeuge, hohe Bauvorleistungen (Rückbau, Sammlung, Logistik und Lager) und eine sorgfältige »Bauteilernte«. Eine Vorfinanzierung von rund 10 % der Baukosten ist erfahrungsgemäß bis Baubeginn erforderlich, um die Materialien sichern zu können. Entsprechend erfordert diese Umkehrung viel Überzeugungsarbeit und Sensibilisierung bei Bauherrschaft, Behörden, Unternehmen, Planungsteams, Nutzern und Nutzerinnen.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

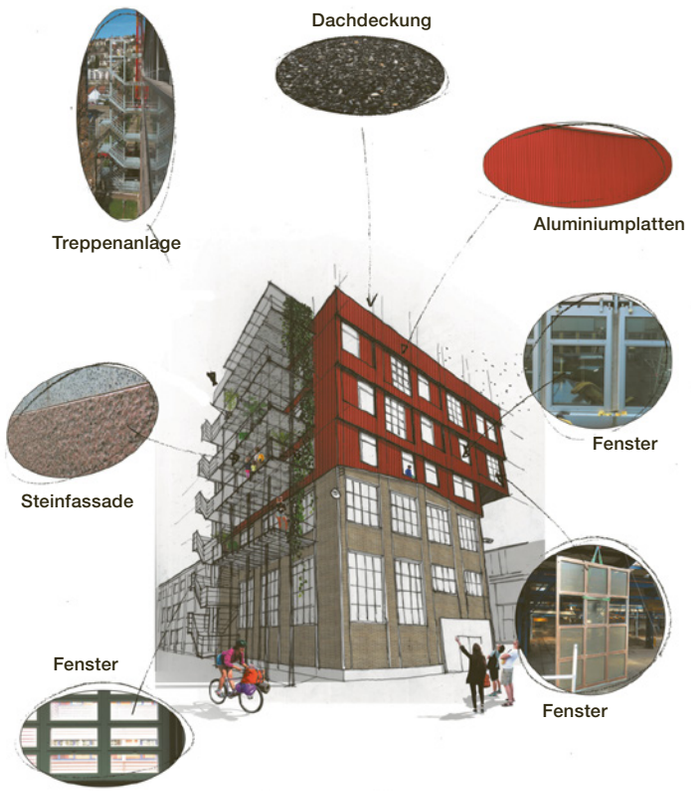


ABB. 15 *K118, Winterthur: Wiederverwendung verschiedener Bauteile*

Die großflächige Wiederverwendung von ganzen Bauteilen beziehungsweise von Bauabfall in Neubauprojekten kommt bisher wenig zum Tragen. Anhand zweier Projekte wird nachfolgend gezeigt, wie aus nicht mehr Gebrauchtem Neues entstehen kann. Die Projekte K118 und ELYS bestehen zu einem großen Anteil aus direkt wieder- und weiterverwendeten Bauteilen oder Restposten. Der Entwicklungsprozess ist von einer hohen Flexibilität geprägt – am Anfang steht die Idee, danach beginnt die Suche nach den Bauteilen und Materialien. Das Gefundene wiederum beeinflusst die Planung, in einem wechselseitigen Prozess entsteht die finale Ausformulierung des Projekts.

Kopfgebäude K118, Winterthur

Auf dem Lagerplatz in Winterthur wird das Kopfgebäude K118 aufgestockt und zukünftig als Gewerbe- und Ateliergebäude mit rund 1 500 m^2 Geschossfläche genutzt. Die dreigeschossige Aufstockung sowie die Sanierung des bestehenden Sockels stehen unter der Maxime, möglichst viele gebrauchte Bauteile direkt von Rückbaustellen aus der näheren Umgebung zu verwenden. Stahlträger aus Basel bilden die neue Struktur, während unterschiedliche Fenster und Fassadenbleche aus Zürich und Winterthur zu einer neuen Fassadenkonstruktion zusammengefügt werden. Ergänzt wird die Sammlung durch biologische regenerative Materialien: So werden Strohballen als Außenwanddämmung eingesetzt und von innen direkt mit Lehm verputzt. Im Vergleich zu einer Aufstockung und Sanierung mit dem Einsatz ausschließlich neuer Bauteile können am Kopfbau K118 rund 500 Tonnen Treibhausgasemissionen durch die Weiterverwendung vorhandener Bausubstanz und durch die Wiederverwendung von ausrangierten Bauteilen vermieden werden. Diese Summe entspricht den zu erwartenden Emissionen aus dem Betrieb des Gebäudes über eine Laufzeit von 60 Jahren.

ELYS, Basel

Bei der Umnutzung eines ehemaligen Lebensmittel-Verteilzentrums in ein Gewerbe- und Kulturhaus entstand, bedingt durch einen schneisenartigen Teilrückbau innerhalb der Gebäudestruktur, eine

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 16 *K118, Winterthur: Fassaden-Mockup*

ABB. 17 *Lysbüchel, Basel: Rückbau um zwei Gebäudeachsen zur Erstellung einer autofreien Durchwegung (Schneise) zwischen Schulgebäude (links) und ELYS (rechts) ins neue Quartier* Volta Nord *(ein Projekt von Immobilien Basel Stadt)*

▶ ***ABB. 18*** *ELYS, Basel: Konstruktionsansicht der durch Teilrückbau bedingten, neu zu erstellenden Fassade – 86 m lang und bis zu 10 m hoch*

rund 1 000 m^2 große, neu zu erstellende Fassadenfläche. Die Fassade wurde so konzipiert, dass Lagerfenster in unterschiedlichen Größen – also Fehlproduktionen und Rückläufer, die unverkäuflich bei verschiedenen Herstellern auf Lager stehen, – eingesetzt werden konnten. Hierfür eignete sich die Holzrahmenbauweise ideal. Das Verhältnis von offener zu geschlossener Fassade lag bei 50 Prozent. Neben der Erfüllung der energetischen, Arbeitsschutz- und Brandschutzanforderungen war das Ziel, möglichst viel Licht in das tiefe Gebäude zu leiten.

Zu den baulichen Maßnahmen gehörten die Erstellung eines Innenhofs, der teilweise Rückbau zur Erstellung der Schneise zum Schulgebäude, die energetische Sanierung der Gebäudehülle sowie

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

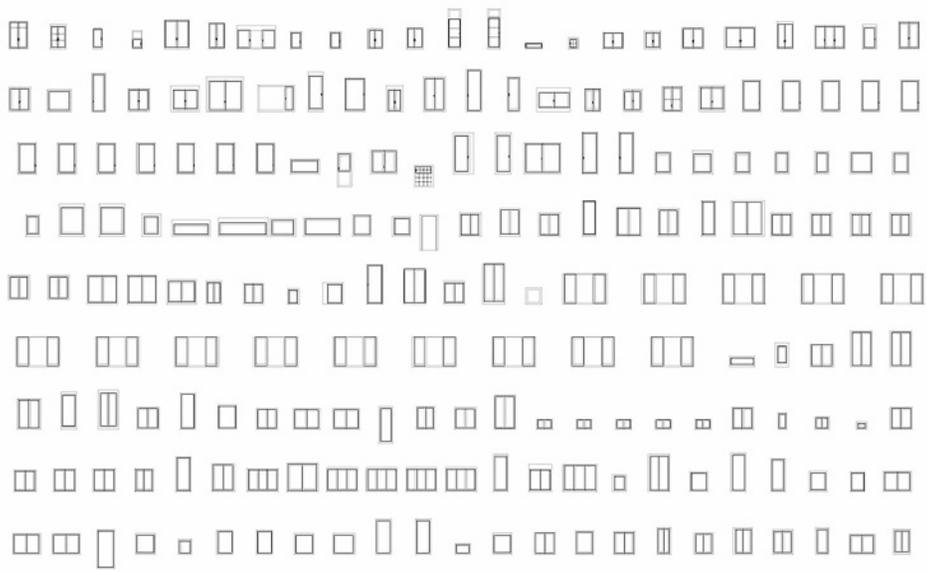


ABB. 19 *Übersicht der aus Lagerbeständen gesammelten Fenster*

die Neuinstallation einer 500-kWp-Photovoltaik-Anlage zur Stromerzeugung für den Eigengebrauch.

Materialität der Fassade

Sowohl die neu erstellten Wände im Innenhof als auch die der Schule zugewandte, neue Fassade wurden vorrangig aus wiederverwendetem Baumaterial erstellt.

Lagerfenster

Im Umkreis von rund 100 km vom Projektstandort wurde bei Schweizer Fensterproduzenten nach dem Lagerbestand an Fenstern gefragt. Auf diese Weise konnten 200 neuwertige Fenster gesammelt werden, die aufgrund von Überproduktion oder Fehlbestellungen bei den Firmen lagerten. Üblicherweise werden diese Lagerbestände aus Platzgründen kurzfristig entsorgt. Die 200 Fenster, in Farbe, Form und Material unterschiedlich, bestimmen das lebhafte Fassadenbild (siehe auch *ABB. 19*).

Außenwand in Holzrahmenbauweise

Rückgebautes Holz wird in der Regel thermisch verwertet, sprich verbrannt. Für die 1 000 m^2 große Fassade des ELYS wurden Pfetten, Sparren und Leimbinder von Rückbauten in der Umgebung gesammelt, in einer Sägerei zu Lamellen umgearbeitet und daraus verwindungssteife Leimbinder hergestellt. Im Gegensatz zu dem unbearbeiteten gesammelten Konstruktionsholz genügen die daraus hergestellten Leimbinder den hohen Anforderungen des Holzrahmenbaus.

Dämmung für Außenwand

Die Holzrahmenbauelemente wurden mit 150 m^3 Steinwolldämmresten gefüllt. Sie wurden in Form von Abschnitten neuwertiger Dämmplatten oder sauberem, schadstofffreiem Material, von anderen Baustellen gesammelt und in die Holzelemente eingebaut. Diese Dämmreste werden normalerweise bei den Baustoffhändlern in Recyclingsäcken gesammelt, zum Hersteller transportiert und mit hohem Energieaufwand eingeschmolzen und wieder

ABB. 20 *Vorfabrizierte Holzrahmenelemente aus Altholz mit Abschnitten aus weiterverwertetem Dämmmaterial und Lagerfenstern*

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 21 *Ursprung der Fassadenbleche*

▶ ***ABB. 22*** *Mockup der zukünftigen Fassade*

zu neuem Dämmmaterial verarbeitet. Um diesen hohen Energieaufwand für das Wiedereinschmelzen einzusparen, wurden die Dämmreste direkt eingebaut. Verbleibende Hohlräume wurden mit Steinwollgranulat aufgefüllt, um einen bauphysikalisch einwandfreien Aufbau der Wandelemente zu gewährleisten.

Fassadenverkleidung aus Trapezblech

Die vertikale Gliederung der neuen Ost-Fassade erfolgte in Anlehnung an die bestehenden Fassaden des Gebäudes. Die grünen Trapezbleche der bisherigen Dachaufbauten wurden demontiert und an der neuen Ost-Fassade wieder montiert. Dadurch wurde für das gesamte Gebäude eine einheitliche Fassadengestaltung erreicht. Für die neu erstellten Dachaufbauten kam demontiertes Trapezblech eines benachbarten ehemaligen Supermarkt-Weinlagers zum Einsatz. Insgesamt wurden für die Außenhülle des Gebäudes 2 000 m^2 Trapezblech direkt vom Areal wiederverwendet.

Vom Gitterrost zur Absturzsicherung

Der Gedanke der Wieder- und Weiterverwendung sollte möglichst viele Bereiche des Projekts ELYS umfassen. Viele Maßnahmen sind unspektakulär. Andere so offensichtlich, dass sie übersehen werden. So zum Beispiel die Entscheidung, das Tragwerk zu erhalten. Gerade hier ist die weitaus größte Menge an grauer Energie in einem Gebäude gespeichert. Ebenso wurden die Betonplatten des Flachdachs nicht entsorgt, sondern auf Paletten zwischengelagert und auf dem sanierten Dach wieder verlegt. Ehemalige Gitterroste wurden zudem als Absturzsicherungen an den Fenstern verwendet.

Erfahrungen

Die gesammelten Erfahrungen zeigten, dass die heutigen Normen auf ein Bauen mit wiederverwendetem Material nicht ausgelegt sind. Im Gegenteil – sie erschweren das Ausführen dieser Bauweise. Das bestehende Normenwerk zwingt den Entwerfenden, das Bauen mit wiederverwendetem Material als Worst-Case-Szenario zu denken. Beispiels-

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

◀ ***ABB. 23*** *Ehemalige Dachroste werden als Fensterabsturzsicherungen eingesetzt.*

ABB. 24 *Lokale Wertschöpfung durch Wiederverwendung*

weise wird für die statischen Berechnungen der Stahlträger von der schlechtesten Stahlqualität ausgegangen. Die so ermittelten Querschnitte der Träger sind höchstwahrscheinlich überdimensioniert. Ähnliches gilt bei den Anforderungen an die Energie. Selbst neuwertiges Dämmmaterial muss in der Schweizer Norm im Falle von nicht eindeutig gesicherten Informationen zu Alter und Typ mit einem Worst-Case-Wärmeleitfähigkeitswert, kurz Lambda-Wert, berechnet werden. Am Beispiel des Gebäudes ELYS im Lysbüchel Areal resultiert dies in einer um 20 % höheren Dämmstärke der Außenwand. Rechnerisch ist die Norm so erfüllt – in der Realität wird die Wand deutlich bessere Werte aufweisen.

Es gibt derzeit sowohl in der Schweizer als auch in der Deutschen Norm noch keine gesetzlich festgelegte Regelung, wie die Nutzung von wieder- oder weiterverwendetem Material in die energetischen Berechnungen einfließen kann. Hier stehen wir einem Widerspruch gegenüber: Das heute erforderliche Rechnen im Worst-Case-Szenario führt zu einem Materialeinsatz an der oberen Grenze. Und das, obwohl das Ziel der Bauweise in einem schonenden Umgang mit Ressourcen liegt.

Ein großer Vorteil des Bauens mit vorhandenem Material liegt in der lokalen Wertschöpfung. Das Beispiel des manuellen Füllens der Holzmodule des Gebäudes ELYS im Lysbüchel-Areal mit Steinwolle-Reststücken verbildlicht dies: Statt Energie aufzuwenden, um die Steinwolle wieder einzuschmelzen und umzuformen, setzt ein Mensch seine Arbeitskraft ein und fügt das Material manuell in die Module ein. Dies erinnert an die Zeit vor der industriellen Revolution – an die Zeit, bevor durch den Einsatz von vorwiegend fossilen Energien die menschliche Arbeitskraft ersetzt wurde.

Fazit

Die heutigen Entscheidungsprozesse sind nicht mehr die gleichen wie im 20. Jahrhundert. Mit der Zielsetzung einer klimagerechten und ressourcenschonenden Bauwirtschaft hat die Suche nach zukunftsfähigen Bauweisen begonnen. Einen Lösungs-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ansatz für zukunftsfähige Bauweisen sehen wir in der Kombination der folgenden drei Punkte:

- Verlängerung der Lebensdauer von Gebäuden, Bauteilen und Materialien durch ihre Weiter- bzw. Wiederverwendung,
- Kombination von Materialien mit möglichst geringer Umweltbelastung,
- sorgfältige Fügung der Elemente, damit sie im Sinne der Kreislaufwirtschaft rückbaubar und wiederverwendbar oder -verwertbar sind.

Werden Gebäude und ihre Komponenten auf diese Weise als Ressourcen verstanden, geplant und genutzt, sind wir einer nachhaltigen Bauweise bereits ein großes Stück näher.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Urban Mine Incorporation[4]

EMMANUEL CORTÉS UND ARNE VANDE CAPELLE

Rotor ist ein belgisches Planungskollektiv, das sich der Wiederverwendung von Baumaterialien und Bauteilen widmet. Die Schwesterfirma des Büros, _Rotor Deconstruction (Rotor DC)_, ist ein Pionier im Bereich der Wiederverwendung von Bauelementen: Die Firma beschäftigt sich mit dem Ausbau, der Aufbereitung und dem Verkauf von Materialien und berät Bauherren, Bauunternehmer und Architekten, diese Materialien in neue Bauwerke zurückzuführen. Emmanuel Cortés und Arne Vande Capelle leisten Forschungsarbeit für _Rotor_ und _Rotor DC_ mit dem Ziel, die professionelle und wirtschaftliche Wiederverwendung von Bauelementen zu stärken.

Im eigentlichen Sinn des Wortes verspricht die Kreislaufwirtschaft die endlose Wiederverwendung von Ressourcen. Im Bereich der Bauindustrie wird dieses Konzept oft mit den Bezeichnungen *Urban Mining* oder *urbane Mine* umschrieben, wobei man die Stadt als eine Anhäufung wertvoller Materialien und wiederverwendbarer Elemente versteht. In diesem Beitrag wird versucht, den Begriff *Urban Mining* durch die Betrachtung einiger konkreter Situationen und die Beschreibung des Rahmens, innerhalb dessen Materialien zurzeit wiederverwendet werden können, näher zu beleuchten. In Anbetracht der Tatsache, dass die beiden Bestandteile der Bezeichnung – »urban« und »Mine« – oft romantisch interpretiert werden, sollten sie hier genauer betrachtet werden, um ein umfassenderes Bild der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen zu erhalten.

Geschichte der Wiederverwendung in der Bauindustrie

Eine urbane Mine unterscheidet sich in hohem Maße von einem Bergwerk im herkömmlichen Sinn. Im Gegensatz zu spezifischen und konzentrierten geologischen Vorkommen ist die urbane Mine eine Ansammlung kleiner Mengen ganz unterschiedlicher Materialien und Wertigkeiten, deren Art und Lokalisation man bisher noch nicht vorherbestimmen kann. Bestimmte Bauelemente sind zudem oft in vielen verschiedenen Gebäuden zu finden, die sich wiederum häufig im Besitz ganz unterschiedlicher Akteure befinden. Die Ausbeutung der urbanen Mine unterscheidet sich insofern immens vom gängigen Betrieb eines Bergwerks. [1]

Dies ist kein unwesentlicher Unterschied, denn die derzeitigen wirtschaftlichen Bedingungen favorisieren einen konventionellen Bergbau mit großen Investitionen und noch größeren Gewinnen. Der Prozess

4 Dieser Beitrag ist im Rahmen des Interreg-NWE-Projekts *Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe (FCRBE)* (2014 – 2020) entstanden.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 1 *Baustelle von Rotor DC in Everheide (BEL)*

des Urban Mining besteht im Gegensatz dazu aus vielen kleinen Aktionen mit ungewisser Rendite. Die maßgeblichen Faktoren dieser Situation werden deutlich, wenn man zwei symbolische Ereignisse in der Geschichte des Rückbaus von Gebäuden vergleicht: den Abbruch des Palais des Tuileries in Paris im Jahr 1882 und den Abbruch des Gillender-Gebäudes in New York 1910 – nur 28 Jahre später. [1], [2]

Im Laufe der großen, von Baron Haussmann geleiteten Stadterneuerungen in Paris zur Zeit Napoleons III. war die Wiederverwendung von Baumaterialien in der Stadt gang und gäbe. Auf Anordnung von Haussmann musste Ausbaumaterial von Abrissbaustellen in öffentlichen Auktionen versteigert werden. In archivierten Berichten wird bestätigt, dass diese Elemente von vielen kleineren Unternehmen und Handwerksbetrieben gekauft wurden, die direkt von der billigen Materialquelle profitierten. Aufträge für den Abriss und Rückbau von Gebäuden wurden daher häufig an den meistbietenden Unternehmer versteigert.

Damals war Achille Picart wahrscheinlich der bekannteste und aktivste Abbruchunternehmer[5] und Wiederverkäufer von Ausbaumaterialien in Paris. Im Jahr 1882 erhielt er den Auftrag für den Abriss der Ruinen des Palais des Tuileries im Herzen der Stadt, eines der größten verbliebenen Symbole der Monarchie. Der Vertrag forderte eine Abbruchzeit von nur sechs Monaten, was die meisten Wettbewerber von einer Angebotsstellung abhielt. Daher konnte Picart sich den Auftrag zu einem sehr günstigen Preis sichern. Als Rückbauspezialist war er in der Lage, die notwendigen Arbeitskräfte zu mobilisieren und zu koordinieren und damit die enorme Aufgabe in der relativ kurzen Zeitspanne zu bewältigen und das Ausbaumaterial in einem kontinuierlichen Materialstrom innerhalb seines Kundennetzes zu verteilen.

Jacob Volk war ein weiterer wichtiger Akteur in der Geschichte des Gebäuderückbaus, der 1910 durch die Dekonstruktion des Gillender-Gebäudes in New York City bekannt wurde. Mit einer Höhe von 83 Metern war dies zur damaligen Zeit das höchste Gebäude, das jemals rückgebaut worden war; zudem gelang es Volk, die Arbeiten in nur 45 Tagen abzuschließen. Das Gebäude war lediglich 12 Jahre alt, voll funktionsfähig und mit modernster Gebäudetechnik ausgestattet. Dennoch musste es in der wachsenden Stadt einem noch größeren und moderneren Gebäude weichen. Zum ersten Mal in der Neuzeit wurde bei diesem Rückbau das Phänomen der Obsoleszenz [3] deutlich – der Moment läutete insofern gleichzeitig auch das Ende der gängigen Praxis einer direkten Wiederverwendung von Baumaterialien ein.

Die Bauindustrie ist Teil einer immer stärker expandierenden und zur Globalisierung neigenden Wirtschaft. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts wurde die

5 Seinerzeit wurde der Begriff Rückbau nicht in diesem Zusammenhang verwendet.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Praxis des Rückbaus nach und nach verdrängt. Einerseits war vor dem Hintergrund ständig steigender Immobilien- und Mietpreise der Gewinn aus dem Verkauf von wiederverwendeten Materialien relativ unbedeutend. Andererseits führten vertragliche Bedingungen dazu, dass der Abbruch von Bauten immer schneller durchgeführt werden musste. Das hatte zur Folge, dass die Versicherungskosten stiegen, weil es bei Abbrucharbeiten vermehrt zu Unfällen kam. Außerdem stiegen im 20. Jahrhundert die Arbeitslöhne erheblich. Infolgedessen stand immer weniger Zeit für die Reinigung von Materialien zur Verfügung, wenn es nicht zu einem Verlustgeschäft kommen sollte. Betrachtet man weitere Phänomene, wie etwa den Mangel an Arbeitskräften gegen Ende des Jahrhunderts, die Mechanisierung und auch Digitalisierung im Bauwesen und die kontinuierliche Diversifikation von Baumaterialien, so wird schnell deutlich, warum es immer schwieriger wurde, mit der Wiederverwendung einen Gewinn zu erwirtschaften.[6]

Ein Artikel der New York Times aus dem Jahre 1928 beschreibt den Niedergang dieses Industriezweigs und den Wandel hin zu Primärerzeugnissen. Danach lieferten Ziegeleien in den späten Zwanzigerjahren die noch heißen Backsteine auf Baustellen, um der plötzlich ansteigenden Nachfrage nach neuen Baumaterialien überhaupt Herr werden zu können. Die Ziegeleien waren völlig überrascht, dass sie plötzlich das weggebrochene Marktsegment der Altstoffhändler komplett bedienen mussten. [1]

6 Wenn man heute eine Arbeitskraft entsendet, um die Möglichkeiten eines Rückbaus zu begutachten, kostet das wahrscheinlich mehr, als dieses Element neu zu kaufen. Dabei ist der Rückbau selbst noch nicht einmal berücksichtigt.

Herausforderungen für die Wiederverwendung in der heutigen Bauindustrie

Die Rahmenbedingungen für eine wirtschaftliche Wiederverwendung von Bauelementen waren praktisch über Nacht verschwunden. Ein ständig steigender Konsum und ein beginnender globaler Materialhandel veränderten die Bauindustrie zunehmend bis zum heutigen Tage. Immer mehr neue und immer billigere Materialien finden Eingang in den Bauprozess, gefertigt aus einer immer größeren Menge abgebauter, geernteter oder synthetisch hergestellter Primärmaterialen. Im selben Schritt hat die Bauindustrie jedoch die Wertschätzung für den Umgang mit wiederverwendeten Materialien verloren.

Der Wunsch, neue Bauteile immer schneller und in größeren Mengen am Markt einzuführen, hat die Entwicklung neuer rechtlicher Rahmenbedingungen und Haftungsfragen nach sich gezogen, was zu einer starken Kodifizierung und Bürokratisierung im Bausektor geführt hat. Der Vorgang basiert auf klar definierten Aufgaben verschiedener Akteure, die über formalisierte Dokumente vermittelt werden. Die planerischen Vorgaben von Architektinnen und Architekten für ein Projekt, einschließlich der Mate-

ABB. 2 *Beispiel verschiedener Ausbaumaterialien (Walstra antieke bouwmaterialen b. v., NL)*

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 3 *Dachziegel in allen Farben und Formen (Gebr. Sleeuwenhoek, NL)*

rialspezifikationen, werden in Leistungsverzeichnissen erfasst; diese enthalten oft auch rechtliche Verpflichtungen, die Bauunternehmen einhalten müssen. Für die Rollenverteilung zwischen Architekt und Unternehmen gibt es gute Gründe, wie etwa die Transparenz der Baukosten; allerdings wird dabei die Art und Weise, wie Ausbaumaterialien zur Verwendung kommen, meist nicht berücksichtigt. Zum Beispiel wird es Verkäuferinnen und Verkäufern von wiederverwendeten Ziegelsteinen schwerfallen, die Qualität der Steine für mindestens 10 oder 20 Jahre zu gewährleisten, die Lieferkontinuität zu garantieren oder eine sehr kleine Maßtoleranz der Steine einzuhalten. Ferner kann das Unternehmen wahrscheinlich nicht nachweisen, wo das Rohmaterial der Steine herkommt, oder die genauen Testergebnisse des Drucktests zur Zeit der Herstellung vorlegen. Auf der anderen Seite wird das Unternehmen wahrscheinlich in der Lage sein, einen ganz besonderen und passenden Stein für ein spezielles Bauvorhaben zu finden. Diese Art des Bauens, bei der das Material den Entwurf (mit-) beeinflusst, bedarf allerdings zusätzlichen Engagements und der Geduld aller Akteure.

ABB. 4 *Verschiedene Holzplatten zur Wiederverwendung (BEL)*

Daraus resultiert, dass heutzutage nur etwa 1 % aller in Neubauten eingesetzten Materialien wiederverwendet wurden, und diese konzentrieren sich auf nur wenige Bautypen, wie etwa Industriehallen, den Landschaftsbau und vereinzelte Privathäuser. [4] In großen Bauprojekten ist die Wiederverwendung von Materialien schon lange nicht mehr üblich.

Erfolgreiche Wiederverwendung in der heutigen Bauindustrie

Die beschriebene historische Entwicklung hatte nicht zur Folge, dass heute gar keine Baumaterialien mehr wiederverwendet werden, reduzierte den Umfang aber ganz erheblich. Firmen, die überleben konnten, erreichten dies durch eine gezielte Spezialisierung. Entweder beschränken sie sich auf Ausbaumaterial, das preislich mit äquivalenten Neuprodukten wettbewerbsfähig ist, oder auf Elemente mit einem zusätzlichen historischen oder kulturellen Mehrwert. Solche spezialisierten Firmen findet man z. B. auf der Website opalis.eu[7]. Diese Firmen sind ein Indiz dafür, dass Wiederverwendung nicht nur ein Wunschgedanke für die Zukunft ist, sondern dass sich derartige Geschäftsmodelle auch im heutigen Umfeld bewähren können. Erstaunlicherweise gibt es in diesem Bereich eine große Bandbreite verschiedener Akteure und Materialien. Diese reicht vom Bauunternehmer, der Dachziegel

7 Eine Website für die Etablierung des Bereichs »Wiederverwendung von Baumaterialien« in Benelux und Frankreich, auf der Rotor DC seit 2011 seine Recherchearbeit dokumentiert und eine Auswahl spezialisierter Firmen auflistet.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 5 *Antiquitäten zur Wiederverwendung (Marc Maison, FR)*

von einem Abrissprojekt in seinem Hinterhof stapelt, über Händler mit repräsentativen Verkaufsräumen, die sich auf den Wiederverkauf von hochwertigen Holzfußböden spezialisieren, bis hin zu Fachhändlern von Antiquitäten und Marmorkaminen. So finden sich auch kleine Ein-Mann-Betriebe, die aus reiner Leidenschaft entstanden sind, wie etwa aus der Liebe zu antiken Bodenfliesen, oder Enthusiasten, die kleinste Mengen Verschnittholz aus Rückbaubeständen aus ihrer Garage heraus verkaufen sowie traditionsreiche Familienunternehmen mit riesigen 30 000 m^2 großen Freilandbeständen und 15 Meter hohen Pflaster- oder Ziegelsteinbergen.

Meist bestehen und operieren diese Firmen schon sehr lange und haben auf ihrem Gebiet ein enormes Fachwissen zum Ausbau und zur Reinigung der Materialien und Bauteile aufgebaut. Im Lauf der Jahre haben sie zudem ein breites Fachlieferantennetz etabliert, um die rückgebauten Baustoffe wieder in Kreisläufe einspeisen zu können. Ein Ziegelsteinhändler kann so beispielsweise schon vor Arbeitsbeginn einschätzen, wie viele Steine durch den Rückbau und durch die Reinigung beschädigt werden und in welchen Projekten sie wiederverwendet werden könnten. Außerdem liefern die spezialisierten Händler Materialdatenblätter, die – ähnlich wie bei Neuprodukten – die notwendigen Informationen zur Zusammensetzung und Verarbeitung enthalten, zumindest soweit diese bekannt sind.

Paradoxerweise wirbt der Fachhandel von wiederverwendeten Materialien heutzutage kaum auf Basis der ökologischen Vorteile einer Kreislaufwirt-

◀ ***ABB. 6*** *Naturstein zur Wiederverwendung (Maris Natuursteen, BEL)*

ABB. 7 *Gereinigte Backsteine zur Widerverwendung (Poelman V. O. F., NL)*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

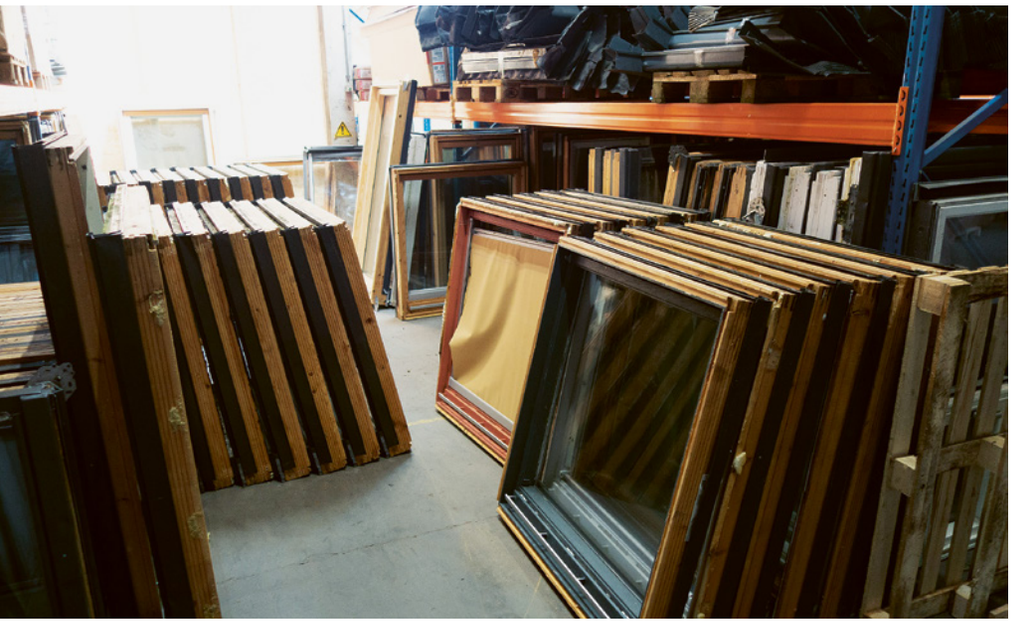


ABB. 8 *Fenster in unterschiedlichen Ausführungen (Carré dakramen, BEL)*

schaft. Nach langen Jahren des Überlebenskampfes liegt der Schwerpunkt im Marketing stattdessen auf der Ästhetik und der Originalität der Produkte. Verkaufsargumente sind die bessere Qualität wiederaufbereiteter Rohstoffe, die Einzigartigkeit dieser Elemente und deren Rolle im Entwurfsprozess oder der günstigere Preis. Der ökologische Vorteil dieser Materialien hat (bis jetzt) keinen kommerziellen Stellenwert in der Bauindustrie erreicht.

Getrieben durch die gleichen historischen Entwicklungen wie der Rückgang der Wiederverwendung entwickelten sich parallel neue Produktions- und Konstruktionsmethoden von Baumaterialien. Ab den 1970er-Jahren wurden Bodenfliesen beispielsweise so dünn produziert und vermehrt mit neuartigen hocheffizienten Klebermischungen verlegt, dass sie heute nur mit hohem Bruch ausgebaut werden können; Ziegelsteine wurden ebenfalls nicht mehr in Kalkmörtel verlegt, sondern in Zementmörtel, der leichter zu verarbeiten ist, aber für die Nachnutzung praktisch nicht entfernt werden kann ohne den Stein dabei zu beschädigen. Durch diese veränderten Einbaumethoden und neuartige Klebeverbindungen lohnt sich der Rückbau heute oft nicht, zumal der Preis für die Neuprodukte ständig sinkt. Glücklicherweise gibt es aber zu jeder Regel auch Ausnahmen: Bodenplatten aus Doppelbodensystemen, Elemente des technischen Ausbaus, Deckenleuchten und einige Fensterarten, die in dieser Zeit verbaut wurden, werden aktuell auf dem Markt zur Wiederverwendung gehandelt. Auch wenn bei Weitem noch nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft sind, reflektiert das Angebot heute ein durchaus breit gefächertes Spektrum innerhalb des Sektors unter aktuellen wirtschaftlichen Gegebenheiten.

ABB. 9 *Elemente des technischen Ausbaus zur Wiederverwendung (LV Trading, NL)*

ABB. 10 *Wiederaufbereitete Fenster und Türen (Doehetzelf 2dehands Bouwmarkt, BEL)*

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Wiederverwendung im städtischen Kontext

Um auch den ersten Teil der Bezeichnung »Urban Mining« zu analysieren, betrachten wir nochmals die Situation in Paris im 19. Jahrhundert: Achille Picarts Warenlager lag im 12. Arrondissement, nicht weit vom Place de la Nation, und hatte damit eine zentrale Lage in der Stadt. Man konnte die rückgebauten Steine, Eisenerzeugnisse und Verzierungselemente deutlich von der Straße aus sehen und Passanten konnten den Arbeitern beim Aufarbeiten der Materialien zusehen und die dabei entstehenden Geräusche wahrnehmen. Nach dem erfolgreichen Rückbau des Palais des Tuileries in weniger als sechs Monaten behielt Picart einen der Ziergiebel – den mit der Uhr – und wertete damit die Fassade seines eigenen Warenlagers weithin sichtbar auf. Dies betonte einerseits die Wichtigkeit der Wiederverwendung innerhalb des Stadtmetabolismus und andererseits seine eigene Vormachtstellung gegenüber den Konkurrenten (*ABB. 12)*.

Heutzutage sind ähnliche Szenarien kaum noch aufzufinden. Aufgrund der hohen Grundstückspreise haben die meisten Wiederverwendungsbetriebe die Innenstädte verlassen. Einige haben vielleicht noch einen kleinen Verkaufsraum in Zentrumsnähe, aber Warenlager oder Aufarbeitung sind nur sehr selten und in Ausnahmefällen im inneren Stadtbereich angesiedelt. So muss man, um Händler wiederverwendbarer Materialien zu finden, meist in weniger bekannten Industriegebieten oder entlang großer Ausfallstraßen suchen. Manchmal kann man einen Lagerplatz an den hoch aufgetürmten Pflastersteinen erkennen oder es werden Bodenfliesen oder Architekturantiquitäten so aufgestellt, dass man sie von der Straße aus bereits gut erkennen kann. Aber in all diesen Fällen sind wiederverwendbare Materialien nicht mehr Teil eines städtischen Gefüges, sondern ein sonderbares Element neuer Zwischenstädte oder sogar des ländlichen Raums. Ihre Lager sind jedoch ein signifikanter Teil der urbanen Mine.

ABB. 11 *Pflaster- und Natursteine zur Wiederverwendung (Entreprise Guedou, FR)*

Die Trennung von Stadt und Wiederverwendung hat inzwischen eine noch größere geografische Dimension angenommen. Nach Schätzungen verkaufen beispielsweise belgische Händler einen erheblichen Anteil ihrer rückgebauten Waren an Kunden in Australien, Amerika oder Russland. Oft suchen diese Kunden authentische belgische Bauteile, um eine Bar im belgischen Stil zu möblieren oder ihre Küche individuell zu gestalten. Die Nachfrage kann das Angebot schnell übersteigen, was katastrophale Folgen nach sich ziehen kann. In den 1990er-Jahren erschien in der New York Times ein Artikel über eine Firma, die rückgebautes Holz aus Asien für die Wiederverwendung im amerikanischen Markt anbot. Die Nachfrage nach diesem wiederverwendeten und damit vermeintlich nachhaltigeren, da nicht neu geschlagenen Holz stieg derartig an, dass noch bewohnte Häuser in Asien rücksichtslos und unter ethisch zweifelhaften Bedingungen rückgebaut wurden und der wichtige lokale Markt damit zum Erliegen kam. [5]

ABB. 12 *Warenlager von Achille Picart (FR)*

Da die Transportkosten für finanziell potente Kunden, die ein authentisches oder vermeintlich umweltfreundliches Material suchen, selten ein Problem darstellen, besteht die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung von vor Ort erhältlichen

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 13 *Fliesen zur Wiederverwendung (Westvlaamse Steencentrale, BEL)*

ABB. 14 *Bauelemente aus dem Rückbau (Neerhof, BEL)*

▼ ***ABB. 15*** *Holzrahmen zur Wiederverwendung (Sturm et Dekker, NL)*

Rückbaumaterialien und deren Einsatz zur Befriedigung eines globalen Marktes. Durch den Online-Handel hat sich in den letzten Jahren der internationale Versand von Elementen, die früher nur im kleinen Umkreis verkauft wurden, massiv verstärkt. Wie die Hersteller von neuen Produkten sind Händler wiederverwendbarer Bauteile nun über das Internet Akteure in einer globalisierten Welt. Heutzutage würde der Ziergiebel vom Palais des Tuileries wahrscheinlich online beworben werden und möglicherweise an einen Kunden in einem fernen Teil der Welt versandt.

Anforderungen und Skalierung

Einige inhärente Eigenschaften von wiederverwendeten Baumaterialien verhindern oft eine einfache Skalierung ihrer Anwendung. [6] Dazu zählt neben den meist geringen Stückzahlen und variierenden Qualitäten auch die Tatsache, dass sich wiederverwendete Materialien oft sehr stark von denen unterscheiden, die in der Bauindustrie heute gängig und zulässig sind und dem Stand der Technik entsprechen. Dabei stellt sich dann auch die Frage nach der Einhaltung derzeit gültiger Normen in der Materialwirtschaft. Die Wiederverwertung erfordert daher mehr Flexibilität sowie einen Konzeptionsprozess, in dem Zeit für die Erarbeitung projektspezifischer Lösungen und neuer Möglichkeiten zur Eignungsbewertung einer Wiederverwendung vorhanden ist.

Die Aufbereitungsarbeit ist im Wesentlichen Handarbeit und bedarf verschiedener arbeitsintensiver Schritte. Diese Tätigkeit ist das Spezialgebiet von Händlern wiederverwendeter Materialien oder Bauteile und unterscheidet sich stark von der Arbeit in einer industriellen Fertigungsstraße des 20. Jahrhunderts. Hierzu zählen das Entfernen von Mörtelresten an Ziegelsteinen, das Aufbereiten von Parkett oder Holzbalken für den Wiedereinbau, der Ausbau

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 16 *Säubern von Backsteinen (Franck, BEL)*

ABB. 17 *Aufbereiten von Bauholz (Europort, BEL)*

▲ ***ABB. 18*** *Lackieren von Heizkörpern (Rénove Fonte, FR)*

ABB. 19 *Polieren von Naturstein (Lapierre Rofani, FR)*

und das Reinigen von Heizkörpern oder der Abbau von Trennwänden, etwa im 20. Stock eines Bürogebäudes sowie der Transport zu einem auf einer verkehrsreichen Straße wartenden Lastwagen. Da jedes Gebäude und jeder Materialposten individuelle Eigenschaften aufweisen, erfordert die Aufbereitungsarbeit meistens detaillierte und auf Erfahrungswerten basierende Kenntnisse, zeitliche Flexibilität und fundierte Fertigkeiten im Gebrauch der notwendigen Werkzeuge und in der Anwendung der Arbeitsmethoden. [1]

Hinzu kommt, dass diese Arbeiten stark ortsgebunden sind und daher gewöhnlich von betriebseigenen Arbeitskräften oder lokalen Subunternehmern ausgeführt werden. Händler wiederverwendeter Materialien sind fast immer kleine und mittelgroße Betriebe, die oft schon in der dritten oder vierten Generation im Familienbesitz sind. Nur wenige Betriebe sind über dieses Modell hinausgewachsen, was im Rahmen der gesamten Materialwirtschaft eine bemerkenswerte Alternative zu der globalen und digitalen Unternehmenskultur des 21. Jahrhunderts darstellt.

Chancen und die Zukunft der Wiederverwendung

Wir befinden uns zurzeit an einem Wendepunkt. Wie auch in anderen Wirtschaftsbereichen sind kleine und mittelständische Betriebe einerseits auf dem Rückzug. [7] Geschäftsinhaber können keine Nachfolger finden, weil die jüngere Generation kein Interesse an dem zeitaufwendigen und kleinteilig operierenden Familienbetrieb hat. Einige dieser Firmen haben damit angefangen, nach jahrelangem Niedergang Teile ihres Lagerbestandes abzustoßen, während andere einfach den Betrieb einge-

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

stellt haben, ohne dass es einen Ersatz für sie gibt. Andererseits zeigt eine parallele Entwicklung, dass zurzeit ein deutlich steigendes Interesse an Kreislaufgerechtigkeit und Wiederverwendung zu beobachten ist. Bisher entsteht daraus allerdings noch nicht die gesteigerte Nachfrage nach wiederverwendeten Materialien, die zur Wiederbelebung des Sektors erforderlich wäre.

Das wirft die Fragen auf: Welche Art von Kreislaufwirtschaft wird derzeit gefördert? Und, handelt es sich dabei um jenes Kreislaufwirtschaftsmodell, welches wir uns wünschen sollten?

Denn was die Wiederverwendung so interessant macht, ist auch der Grund dafür, warum sie in der heutigen Bauwelt so schwierig umzusetzen ist. Wir könnten die Kreislaufgerechtigkeit als ein Mittel zur Wiederentdeckung alternativer Praktiken und Strategien verstehen. Zunächst, indem wir die gegenwärtigen Qualitäten des Wiederverwendungsmarktes akzeptieren. Ein Beispiel hierfür sind die vielen lokalen Arbeitsplätze in kleinen Unternehmen, welche zudem um die Bedürfnisse der Arbeiter herum organisiert sind. Diese Qualitäten sind der Schlüssel zu einer wirklich nachhaltigen Zukunft auf mehr als nur metabolischer Ebene. Anstatt die Wiederverwendung an die Bedürfnisse der heutigen Bauwelt anzupassen, sollten diese Bedürfnisse in Hinblick auf die Besonderheiten des Wiederverwendungssektors überdacht werden. Wenn uns dies gelingt, ist das Potenzial sicherlich noch nicht ausgeschöpft. Verschiedene Materialien könnten effizienter ausgebaut und / oder gereinigt werden; neue Materialien, die aufgrund ihrer kurzen Lebensdauer bisher noch nicht auf dem Markt zu finden sind, könnten als Materialquelle erschlossen werden; unterbrochene Informations- und Lieferverbindungen zwischen Bauunternehmern und Händlern könnten wiederhergestellt werden. Und lösbare Verbindungstechniken könnten (wieder) angewandt werden.

Inmitten der vielfältigen Realitäten unserer gegenwärtigen Welt könnte eine genaue und aufmerksame Betrachtung die Anleitung dafür sein, um neue Allianzen zu bilden und etwas von der Logik Achille Picarts in Jacob Volks Bauwelt wieder einzuführen. Wie dies im Einzelnen aussehen wird, ist noch unklar, aber es gilt zu hoffen, dass die Zukunft der Geschäftsmodelle und Geschäftspraktiken in einer vollständigen Kreislaufwirtschaft radikal anders aussehen wird als die einer heutigen Urban Mine Incorporation, die durch Unsicherheiten in Verfügbarkeiten und Qualitätsstufen geprägt ist.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Ghyoot, Michaël; Devlieger, Lionel; Billiet, Lionel; Warnier, André: Déconstruction et réemploi. Comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2018

[2] Byles, Jeff: Rubble. Unearthing the History of Demolition. 1st ed. New York: Harmony Books, 2005

[3] Abramson, Daniel M.: Obsolescence. An Architectural History. Chicago; London: The University of Chicago Press, 2016

[4] Salvo: BigREc Survey. A Survey of the UK Reclamation and Salvage trade. 2007
(Diese Forschungsarbeit wurde nur für das Vereinigte Königreich und Irland ausgeführt; es spricht aber nichts gegen die Annahme, dass die Situation in Kontinentaleuropa gleich gelagert ist.)

[5] Rotor; DogA; Dansk arkitekturcenter (Hrsg.): Behind the Green Door. A Critical Look at Sustainable Architecture through 600 Objects. Oslo, Norway: Oslo Architecture Triennale, 2014

[6] Der Begriff des »Nicht-Skalierbaren« ist abgeleitet von: Tsing, Anna L.: The mushroom at the end of the world. On the possibility of life in capitalist ruins. Princeton NJ: Princeton University Press, 2015

[7] Tourdjman, Alain; Le Dret, Thomas: La cession – transmission des entreprises en France. Les Carnets de BPCE L'Observatoire, 2019
(Dieser Artikel widmet sich nicht speziell dem Wiederverwendungsbereich, aber die Forschungsergebnisse der Autoren decken sich mit den Erfahrungen der Autoren dieses Beitrags.)

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Der Mehr.WERT.Pavillon auf der Bundesgartenschau Heilbronn

Hindernisse auf dem Weg zu einer standardisierten Kreislaufwirtschaft

Karsten Schlesier ist Gastprofessor für Tragwerksentwurf an der HafenCity Universität Hamburg und Partner der Architekten und Ingenieurgesellschaft *2hs*. Als Tragwerksplaner beschäftigt er sich mit der Planung und Ausführung leichter Flächentragwerke, Fassaden- und Glaskonstruktionen sowie experimenteller Strukturen aus nicht standardisierten Baumaterialien. Seine Forschung zielt auf die Entwicklung alternativer Baukomponenten auf der Basis von Bambus, Holz und Pilzmyzel ab.

FELIX HEISEL, KARSTEN SCHLESIER UND DIRK E. HEBEL

Die Bundesgartenschau (BUGA) 2019 in Heilbronn war erstmals sowohl eine Garten- als auch eine Stadtausstellung. Das neu erbaute Stadtviertel Neckarbogen, das zur Eröffnung der Ausstellung bereits in Teilen realisiert war, soll fortan als Prüfstand und Labor für neue Stadtentwicklungsszenarien dienen, die sich auf höchste Lebensstandards und -qualitäten für eine sozial vielfältige Bevölkerungsgruppe in einem dicht besiedelten zentralen Stadtumfeld konzentrieren. [1] In diesem Zusammenhang wurde es von den Verantwortlichen für notwendig und relevant befunden, auch ein neues Denken bezüglich des Ressourcenverbrauchs im Bauwesen anzustoßen und die derzeitige lineare Wegwerfmentalität hinter sich zu lassen. [2] Zu diesem Zweck beauftragte die Leitung der BUGA gemeinsam mit der Stadt Heilbronn und deren Recyclingbetrieben die Fakultät Architektur am KIT Karlsruhe unter Führung der Professur für Nachhaltiges Bauen mit der Planung eines Pavillons, der sich der Ressourcenfrage auf neue Weise näherte. Für das inhaltliche Konzept der von April bis Oktober 2019 darin befindlichen Ausstellung war das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg verantwortlich. Das Bauwerk trat den Beweis an, dass es schon heute möglich ist, eine anspruchsvolle Architektur vollständig aus den Materialien der urbanen Mine zu gestalten und zu realisieren und dabei in der Konstruktion die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft ohne Kompromisse anzuwenden.

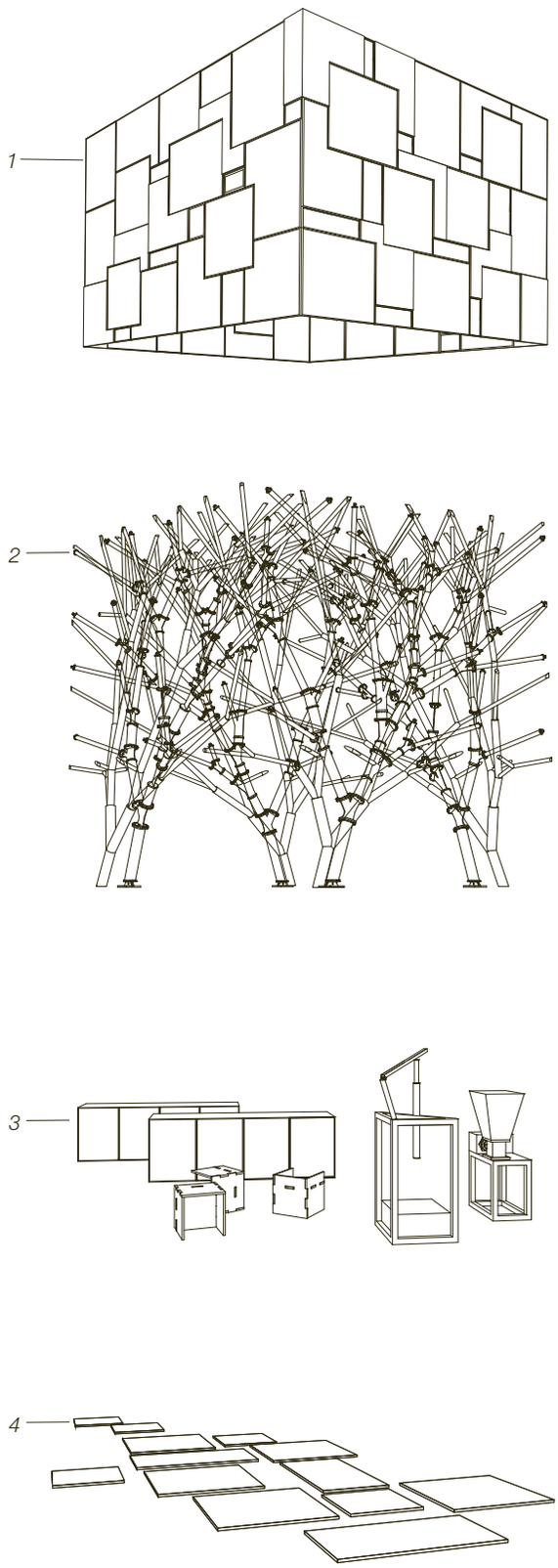
Einerseits nutzte der Pavillon dazu die vorhandene urbane Mine als Rohstoffquelle: Alle im Projekt verwendeten Materialien haben bereits mindestens einen Lebenszyklus durchlaufen und wurden entweder wiederverwendet oder wiederverwertet. Zum anderen dient der Pavillon als zukünftiges sortenreines Materiallager, das am Ende der Ausstellung für zukünftige Konstruktionen wieder verfügbar gemacht werden kann. Die für den Bau verwendeten Materialien wurden alle nach diesen Voraussetzungen ausgewählt und lediglich mithilfe von lösbaren, mechanischen Verbindungen gefügt, sodass sie sortenrein und ohne Wertverlust vollständig wiederverwendet oder -verwertet werden

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 1 *Ansicht des* Mehr.WERT. Pavillons *auf der Bundesgartenschau Heilbronn*

ABB. 2 *Innenansicht der Fassade des* Mehr.WERT.Pavillons *aus wiederverwendetem Stahl und wiederverwertetem Glas*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



können. Allerdings überzeugte das Bauwerk so sehr, dass es nach Ende der Ausstellung zunächst einmal komplett versetzt wurde und noch einige Jahre in der Nähe seines ursprünglichen Standorts weiter bestehen bleibt – als Materiallager, sozialer Treffpunkt und als physischer Beweis, dass man schon heute kreislaufgerecht bauen kann. [3]

Der Pavillon nutzt vier verschiedene Materialfamilien, um seine Hauptelemente konstruktiv und gestalterisch zu unterscheiden:

1. Die Fassaden und das Dach sind aus Glaspaneelen konzipiert, die aus wiederverwertetem Brauchglas und Industrieglasabfällen hergestellt wurden. Gestalterisch erinnern die Platten an »Laub«, das an die »Äste« der baumartigen Stützen angebracht wurde. Der Großteil der Paneele besteht dabei aus Glaskeramikplatten. Bei deren Herstellung werden Glasscherben angeschmolzen und zu einem neuartigen Werkstoff zusammengeführt, der in Farbe und Transparenz variiert. Ebenfalls wurden Produkte aus wiederverwertetem Glasschaum genutzt, die eigentlich zur Wärmedämmung oder Akustikverbesserung dienen.
2. Die tragende Struktur besteht größtenteils aus wiederverwendetem Stahl, der aus einem stillgelegten und inzwischen gesprengten Kohlekraftwerk im Nordwesten Deutschlands stammt. Die Hauptstruktur bilden vier geneigte, sich baumartig auffächernde Stützen, die durch die starre Stahlrahmenkonstruktion der Hülle miteinander verbunden sind. Der ausgebaute Stahl wurde,

ABB. 3 *Die vier Materialschichten des* Mehr.WERT.Pavillons
1 wiederverwertete Glasabfälle
2 weiterverwendeter Altstahl
3 wiederverwerteter Plastik-Hausmüll
4 wiederverwendeter und weiterverwerteter mineralischer Bauschutt

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 4 *Aufsicht auf die Baumstruktur des* Mehr.WERT.Pavillons

ABB. 6 *Fassadenansicht des* Mehr.WERT.Pavillons *mit seinen Glaspaneelen*

ABB. 5 *Luftbild des* Mehr.WERT.Gartens *mit seinem sogenannten gefallenen Laub aus wiederverwertetem und -verwendetem mineralischem Bauabbruch*

wie weiter unten beschrieben, eingehend geprüft, um die Standsicherheit des Pavillons zu gewährleisten und nachweisen zu können. Die aus dem Kraftwerk gewonnenen 340 Einzelteile wurden vor Ort zur neuen Tragstruktur des Pavillons zusammengeschraubt.

3. Alle Einbauelemente bestehen aus wiederverwertetem HDPE-Kunststoffabfall. Die Stühle wurden in einem 3-D-Druckverfahren aus Kunststoff-Hausmüll hergestellt. Um die Wiederverwertbarkeit von Kunststoffen im Rahmen der Bundesgartenschau aufzuzeigen, fanden unter dem Pavillon zudem wiederholt Vorführungen statt, bei denen sich Zuschauer selbst kleine Andenken aus vermeintlichen Wegwerfprodukten wie Joghurtbechern herstellen konnten.
4. Der Boden des Pavillons sowie die Landschaftsgestaltung des Gartens wurden mit verschiedenen wiederverwendeten und -verwerteten Produkten aus mineralischen Bau- und Abbruchabfällen gestaltet. Das Konzept folgt dem Gedanken des »gefallenen Laubs«, also Flächen, die in ihrer Form und Größe an die der Fassaden erinnern. Darin kamen beispielsweise aus Bauschutt hergestellte Ziegelsteine zum Einsatz,

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 7 *Materialkreislauf der Glasfassade des* Mehr.WERT.Pavillons

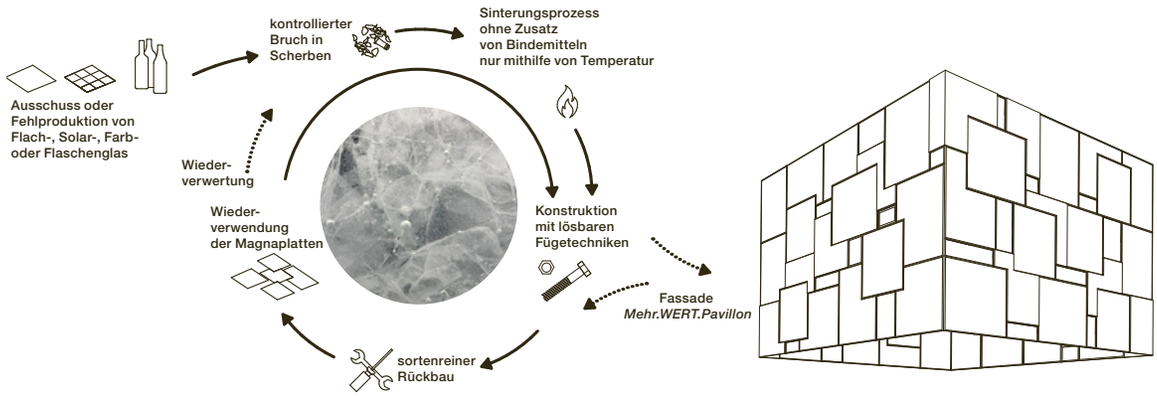


ABB. 8 *Materialkreislauf der Stahlstruktur des* Mehr.WERT.Pavillons

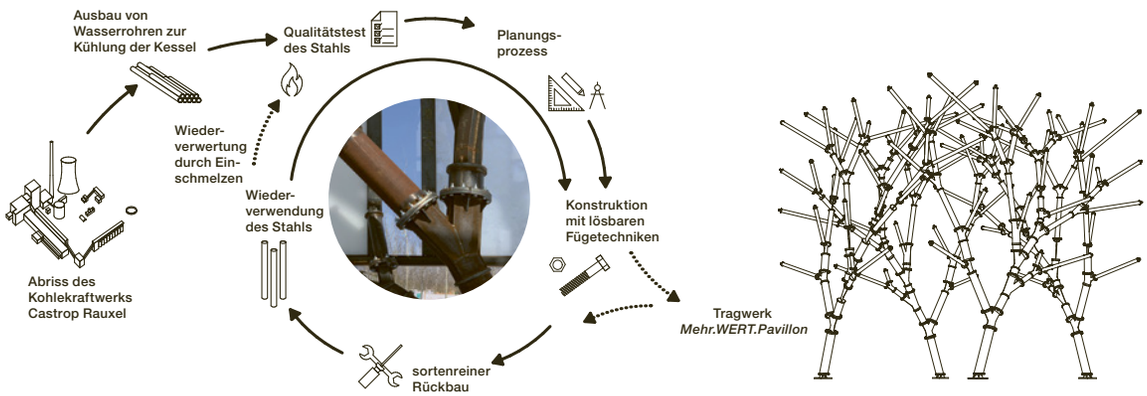
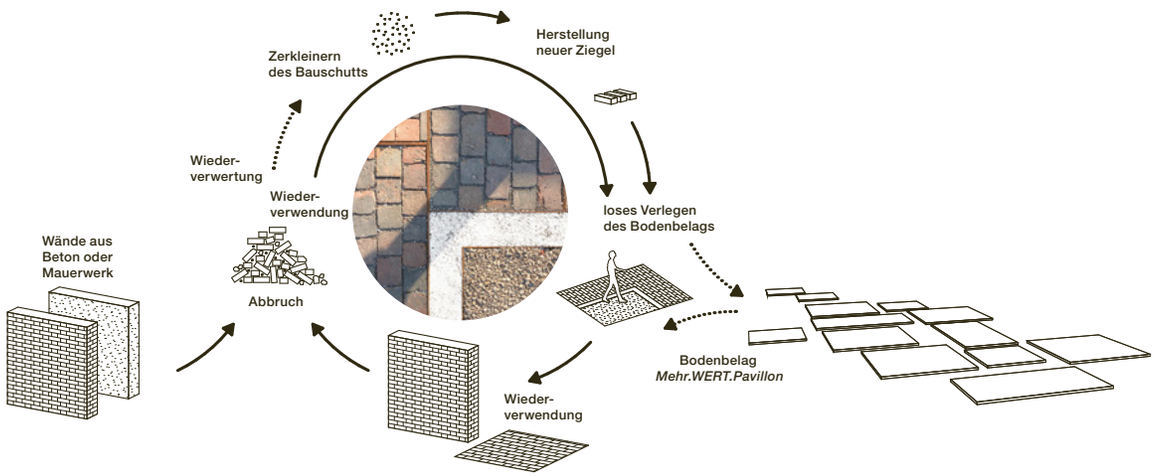


ABB. 9 *Materialkreislauf der Bodenmaterialien und Fundamente des* Mehr.WERT.Pavillons



https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

die durch geschickte Kombination von verschiedenen Mineralien aus der urbanen Mine farblich (und durch ihre Produktnamen) an Nougat, Aubergine oder Wasabi erinnern. Hier wird die psychologische Ebene des Mehrwerts angesprochen, um innere Hürden einer Wiederverwertung abzubauen. Der Pavillon steht zudem auf Fundamentsteinen aus Beton mit einem Recyclingaggregatanteil von 100 %. Da sie lediglich durch an Legosteine erinnernde Steckverbindungen miteinander verschränkt wurden, lassen sich diese Fundamentblöcke nach Gebrauch wieder unbeschadet an den Hersteller zurückgeben. Der Großteil des Bodens wurde mit Keramikbruch aus alter Weißware und weißem Geschirr belegt, der eine Alternative zu natürlichem Kies aufzeigt.

Das Ziel des Pavillons war und ist es, wichtige Fragen eines zukünftigen Bauens und des damit verbundenen Ressourceneinsatzes mit Entscheidungsträgern aus Politik, Bauplanung und Bauumsetzung zu diskutieren und daraus sowohl in der Praxis als auch in der Lehre neue innovative Konzepte, Anwendungen und Methoden zu entwickeln. Umso wichtiger war es den Planenden, das Projekt als ein studentisches Entwurfsstudio am KIT in Karlsruhe zu beginnen und dadurch eine neue und junge Generation von Architektinnen und Architekten an die Thematik heranzuführen. [4]

Wiederverwendung und Wiederverwertung im Bauwesen

Innerhalb der EU sind Bau- und Abbruchabfälle der größte Abfallstrom nach Gewicht: 2014 machte dieser 33,5 % der EU-Abfälle oder 871 Millionen Tonnen aus. [5] Diese Gesamtmasse besteht aus verschiedenen Materialgruppen wie Beton, Ziegel, Gips, Holz, Glas, Metalle, Kunststoff, Lösungsmittel und Bodenaushub, von denen viele ein (hohes) Wiederverwendungs- oder -verwertungspotenzial aufweisen. [6] Tatsächlich melden die meisten EU-Länder aktuell eine Rückgewinnungsrate für Bau- und Abbruchabfälle über dem in der EU gültigen obligatorischen Ziel von 70 %. Diese Rate umfasst alle statistisch erfassten stofflichen Rückgewinnungsprozesse, also die Wieder- oder Weiterverwendung, solange das Produkt vorher offiziell als Abfall eingesammelt wurde, und alle Wieder- und Weiterverwertungsprozesse. Nicht eingeschlossen sind Prozesse, die in der Deponierung oder einer energetischen Rückgewinnung, also der Verbrennung von Abfällen, enden.

Die aus den verschiedenen Mitgliedsstaaten gemeldeten Daten basieren hier leider immer noch auf unterschiedlichen Abfall- und Berichtsdefinitionen, was einen direkten Vergleich der Werte und deren Interpretation erschwert. Es ist jedoch offensichtlich, dass die gemeldeten Rückgewinnungsraten auch einen hohen Prozentsatz von Vorgängen beinhalten, die die Kriterien einer Kreislaufwirtschaft, in der Materialien, Komponenten und Produkte jederzeit auf ihrem höchsten Nutz- und Geldwert in geschlossenen Kreisläufen zirkulieren, nicht erfüllen. So werden hier viele wertmindernde Weiterverwertungsprozesse und Kaskadennutzungen mitgezählt, die durch ihre große Masse zudem statistisch stark zu Buche schlagen und wirtschaftliche, ökologische und soziokulturelle Verluste darstellen.

Eine mögliche neue Zieldefinition für eine realistische Darstellung von Rückgewinnungsraten in der vollständigen Kreislaufwirtschaft könnte daher folgendermaßen lauten: *Eingeschlossen ist jeder Wieder- und Weiterverwendungs- sowie jeder Wieder- und Weiterverwertungsvorgang, durch welchen vormalige Abfallstoffe als Fraktionen, Materialien oder Produkte gleicher oder besserer Reinheit und Wertigkeit genutzt werden, sei es für den ursprünglichen oder für einen anderen Zweck.*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 10 *Nach Ende der Bundesgartenschau wurde der Pavillon innerhalb Heilbronns komplett versetzt und als öffentlicher Treffpunkt in der Stadt weiterverwendet.*

ABB. 11 *Präsentation der studentischen Entwürfe im* Studio Building from Waste *am KIT Karlsruhe*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Generell bleibt die Wiederverwendung aus vielerlei Hinsicht der zu empfehlende Vorgang, da im Produkt gespeicherte Energie, Wasser, Identifikation und Wissen auf diese Weise erhalten bleiben und gleichzeitig der Bedarf an Verarbeitungsprozessen und der damit verbundene Energieaufwand reduziert werden.

Deutsche Gesetzgebung zur Wiederverwendung und Wiederverwertung

Der Standort des *Mehr.WERT.Pavillons* befindet sich auch nach Beendigung der Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn. Zusätzlich zu den EU-Vorschriften ist es daher erforderlich, die deutsche Abfall- und Baugesetzgebung zu berücksichtigen, wenn Materialien oder Produkte hier direkt wiederverwendet und wiederverwertet werden sollen. Die deutsche Definition von Abfall findet sich im Kreislaufwirtschaftsgesetz von 2012, welches die 2008 verfasste Abfallrahmenrichtline [5] der Europäischen Union in nationales Recht umsetzt. Es gibt jedoch bisher keine nationalen Rechtsinstrumente, die die Anforderungen für das Wiederverwenden oder -verwerten von Abfällen oder für die Verwendung von wiederverwendeten oder -verwerteten Baumaterialien regeln, da diese Gesetzgebung in die Zuständigkeit der jeweiligen Bundesländer fällt. [6]

Aufgrund dieser rechtlichen Unterschiede hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) bereits 2006 begonnen, an einem übergreifenden nationalen Rechtsrahmen für Grundwasser, Ersatzbaustoffe sowie Deponie- und Bodenschutz, der sogenannten Mantelverordnung, zu arbeiten, welche im November 2020 nach umfassenden und detaillierten Änderungen vom Bundesrat genehmigt wurde und 2022 in Kraft tritt. Die aktuelle Version enthält die Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, die erstmalig bundeseinheitlich und rechtsverbindlich Anforderungen an die Herstellung und den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe festlegt. Materialien im Anwendungsbereich der Verordnung sind unter anderem sogenannte Recyclingbaustoffe aus Bau- und Abbruchabfällen, Schlacken aus der Metallerzeugung und Aschen aus thermischen Prozessen. [7]

Ein Schlüsselelement der Verordnung ist die Definition des Übergangs dieser Materialien vom Abfallstoff zu einem Produkt mit spezifischen Klassen und Spezifikationen durch den Verwertungsprozess (End-of-Waste). Zumindest im Bereich der mineralischen Abfälle werden auf diese Weise Primärrohstoffe und Sekundärrohstoffe erstmals im Einsatz gleich behandelt – soll heißen, wenn ein Baustoff die gesetzlichen Grenzwerte und Normen erfüllt, ist die Herkunft des Rohstoffes für die Genehmigung und den Einbau nicht relevant. [7] Nach dem derzeitigen Stand basiert die Anwendung von Sekundärrohstoffen auf einer Einzelfallgenehmigung, wobei selbst Materialien, die von einem akkreditierten Labor in einem Bundesland zertifiziert und genehmigt wurden, in den anderen 15 Bundesländern möglicherweise nicht anwendbar sind. Im Folgenden wird dieses Verfahren am Beispiel der Wiederverwertung von Glas für die Anwendung in Baden-Württemberg näher erläutert.

In Bezug auf die Wiederverwendung von Produkten, die keinen Abfallstatus haben, unterscheidet die Gesetzgebung nicht zwischen Nutzungsphasen. Wiederverwendete Produkte oder Materialien müssen in gleicher Weise in der Lage sein, DIN- oder EN-Normen in Bezug auf Standsicherheit, Feuerschutz, Gesundheitsschutz oder andere Spezifikationen zu erfüllen wie neu gefertigte Bauteile. Das Problem hierbei ist, dass in den meisten Fällen kein Hersteller oder Eigentümer diese Qualitäten zertifizieren kann oder will. Fehlende Unterlagen zur Herkunft sowie zum Umgang während der Nutzungsphasen erschweren diesen Schritt zusätzlich. Infolgedessen sind häufig umfangreiche Tests er-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 12 *Aufnahme aus dem Kohlekraftwerk Kneppers kurz vor der Sprengung*

forderlich, um Material- oder Produkteigenschaften erneut zu spezifizieren, bevor eine Wiederverwendung genehmigt werden kann.

Strukturelle Anwendung von wiederverwendeten und wiederverwerteten Bauteilen und Materialien am Beispiel des *Mehr.WERT.Pavillons* Heilbronn

Im Allgemeinen unterliegen im Bauwesen verwendete Materialien zahlreichen nationalen Normen und Vorschriften. Bei Verwendung in tragenden Elementen sind die Anforderungen jedoch besonders hoch. Die Zulassung eines Materials für eine strukturelle Anwendung erfordert eine strenge Qualitätssicherung während der Herstellung. Darüber hinaus ist eine umfassende Untersuchung seiner mechanischen und physikalischen Eigenschaften sowie die Kenntnis seines Verhaltens in verschiedenen Belastungssituationen und unter verschiedenen klimatischen Bedingungen erforderlich. In Deutsch-

ABB. 13 *Aus den »geretteten« Rohrquerschnitten wurde eine Vielzahl von Prüfmustern geschnitten und auf ihre Stahlqualität getestet.*

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

land müssen bauliche Anwendungen entweder den nationalen Baunormen oder einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen, die ihrerseits einer europäischen technischen Zulassung für Bauart und Bauprodukt entspricht. Liegen für das Material keine derartigen Zulassungen vor, kann für die Bauart und das Bauprodukt eine Ausnahme in Form einer Zulassung im Einzelfall eingeholt werden. Diese ist von der Baubehörde des jeweiligen Bundeslandes zu genehmigen. Ihre Gültigkeit ist jedoch nur auf das spezifische Bauprojekt beschränkt, für das sie angefordert wurde.

Wiederverwendeter Baustahl

Aufgrund wirtschaftlicher Gegebenheiten ist das Wiederverwerten von Stahlschrott seit Langem gut etabliert, *»ohne dass Anreize oder Subventionen erforderlich wären. Die Recyclingquote beträgt 88 %.«* [8] Die direkte Wiederverwendung von Baustahl hingegen wird derzeit mit einer Quote von 11 % nur in geringem Umfang praktiziert. Neben einer sorgfältigen Demontage aus dem Gebäudebestand ist hier die Kenntnis der Materialqualität (Klassifizierung) und der vorherigen Verwendung erforderlich. Es muss festgestellt werden, ob (und wenn ja, welche) Mängel und Beschädigungen am demontierten Element nach seiner Verwendung vorliegen. Darüber hinaus können Art und Häufigkeit der vorherigen Belastungssituationen relevant sein. Die Wiederverwendung von Stahlelementen hat ein hohes Entwicklungspotenzial, *»die größte Herausforderung hierbei ist die Qualitätskontrolle.«* [8]

Wie bereits erwähnt, besteht die Stahlkonstruktion des *Mehr.WERT.Pavillons* größtenteils aus Stahlrohren, die aus einem stillgelegten Kraftwerk rückgebaut wurden. Neben einer genauen Sichtprüfung auf mögliche Beschädigungen der Elemente wurde der Stahl einer Untersuchung auf verschiedene Kennwerte hin unterzogen. Durch Tests auf Zugfestigkeit, Elastizität, Kerbschlagzähigkeit (*TAB. 1*) und chemische Zusammensetzung (*TAB. 2*) konnten die notwendigen Rückschlüsse auf die Materialqualität gezogen werden. Die Stahlqualität entsprach nachweislich der von Standardbaustahl (S235JR oder S235J2), was die direkte Wiederverwendung der Elemente in einer neuen Struktur ohne Einschränkungen ermöglichte.

Wiederverwertete Glasprodukte

Die Verwendung von Glas in strukturellen Anwendungen in Deutschland unterliegt den nationalen Normen (DIN 18008 Glas im Bauwesen). Die Normen gelten jedoch nur für die Verwendung bestimmter zugelassener Glasprodukte. Die für den *Mehr.WERT.Pavillon* verwendeten Scheiben aus

	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	aufgenommene Aufprallenergie [J]
Maße der Prüfmuster	55,0	10,0	5,0	
Durchschnittswerte aller Prüfmuster				67,7

TAB. 1 *Testergebnisse der Kerbschlagzähigkeit nach DIN EN ISO 148-1*

	C	Mn	P	S	Cu
Anforderungen an S235 nach DIN EN 10025-2	≤ 0,17	≤ 1,40	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,55
Maximalwert aller Prüfmuster	0,16	0,70	0,006	0,014	0,20

TAB. 2 *Testergebnisse der chemischen Analyse*

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

▶ ***ABB. 14*** *Ansicht des* Mehr.WERT.Pavillons *auf der Bundesgartenschau Heilbronn*

wiederverwertetem Brauchglas (Magna-Glaskeramik) fallen nicht unter eine solche Produktzulassung. Obwohl für bestimmte Gebäudeanwendungen in Fassaden technische Zulassungen vorliegen, unterscheiden sich diese von der Art der Verwendung im *Mehr.WERT.Pavillon*. Aus diesem Grund war die Beantragung einer Zulassung im Einzelfall für die Verwendung dieser Elemente von wesentlicher Bedeutung. Die Anwendung basierte auf den Spezifikationen des bestehenden Glasstandards und die Spannungsanalyse wurde gemäß den Auslegungsvorgaben der Norm durchgeführt. Die durch standardisierte Tests von unabhängigen, akkreditierten Prüflaboren ermittelten Endspannungen lieferten die Grundlage für die Bemessungsspannungen. In Übereinstimmung mit der DIN 18008 wurde eine zusätzliche mechanische Sicherheitsmaßnahme unter den linear montierten Glasscheiben des Pavillondachs in Form eines engmaschigen Stahlnetzes vorgenommen. Darüber hinaus war der Hersteller verpflichtet, eine Konformitätserklärung für die Qualitätskontrolle der Produktion mittels standardisierter mechanischer Prüfungen abzugeben.

Erkenntnisse für das kreislaufgerechte Bauen

Der *Mehr.WERT.Pavillon* belegt die grundsätzliche Eignung von wiederverwendeten und wiederverwerteten Bauteilen und Materialien in strukturellen Anwendungen im kreislaufgerechten Bauen. Wie oben beschrieben, weist ein kreislaufgerechter Planungs- und Bauprozess jedoch derzeit noch viele administrative, finanzielle, rechtliche und organisatorische Hürden auf, die schnell abgebaut werden müssen, um einen Paradigmenwechsel zu ermöglichen. Häufig auftretende Hürden für die Wiederverwendung oder Wiederverwertung von Materialien und Bauteilen sind das mangelnde Vertrauen in die Qualität der Baustoffe, fehlende Unterlagen zur Materialzusammensetzung und -geschichte, ein Missverhältnis zwischen Angebot und Nachfrage (sowohl qualitativ als auch quantitativ) sowie unzureichende Zeitfenster für die Durchführung von Inspektionen und Rückbauarbeiten, ein Mangel an Einrichtungen und Fachwissen und der oft niedrige Geldwert von rückgebauten Produkten. Es besteht zudem eine Unsicherheit über potenzielle Gesundheitsrisiken, die unsachgemäß eingeschleuste wiederverwendete oder -verwertete Materialien aufweisen könnten. Dieser Mangel an Vertrauen verringert und schränkt die Nachfrage nach Materialien der urbanen Mine ein, was die zügige Entwicklung neuartiger Rechtsgrundlagen für die Abfallbewirtschaftung und die Kreislaufwirtschaft in der EU behindert. [8], [9] Die Analyse dieser Hürden jedoch zeigt, dass viele der genannten Einschränkungen durch verstärkte und detaillierte Dokumentations- und Deklarations- bzw. Zertifizierungsmaßnahmen behoben werden könnten.

Materialdokumentation

Die gebaute Umwelt stellt grundsätzlich einen enorm großen Bestand an materiellen Ressourcen dar, der in den meisten Fällen leider weder dokumentiert noch spezifiziert ist. Obwohl derzeit viel Forschung für die Entwicklung von Materialpässen oder neuartigen Katastern für Neubauten betrieben wird, [10] ist dies für die heute bereits existierende urbane Mine nicht der Fall. Um kostspielige und aufwendige Schritte zur Bestimmung von Materialkennwerten zu vermeiden und eine kreislaufgerechte Verwendung von Materialien und Produkten überhaupt zu ermöglichen, ist es wichtig, dass wir zukünftig detaillierte Materialdatenbanken auf Gebäudeebene bereits in der Planung mit erstellen. Hier müssen Mengen, Abmessungen, chemische Zusammensetzungen, genaue Positionen, vorhandene Verbindungstechniken und etwaige eingeschränkte Haltbarkeiten genauestens dokumentiert werden, um als Materiallager für zukünftige Konstruktionen dienen zu können. [3] Die Material-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

dokumentation ist für das Wiederverwerten und für die Wiederverwendung gleichermaßen wichtig, wobei im ersten Fall ein Schwerpunkt auf die genaue chemische Zusammensetzung des Materials und eine etwaige Toxizität gelegt wird, während im zweiten Fall der Fokus auf eine detaillierte Historie der Materialien oder Bauteile unerlässlich ist. In beiden Fällen sind klare Informationen zu den erforderlichen Schritten einer Demontage notwendig, um zu sortenreinen Materialkreisläufen zurückzukehren. Darüber hinaus kann die Materialdokumentation die Lebenszykluskosten von Bauwerken erheblich senken, wenn sie ordnungsgemäß und konsistent durchgeführt wird und beim Rückbau eine ökonomische Wertigkeit gegenüber heutiger Abrisskosten erfährt. [11]

Produktdeklarationen

Auf Ebene der Bauprodukte bietet sich durch erweiterte Produktdeklarationen eine zusätzliche Chance für eine verbesserte Dokumentation. Insbesondere auf EU-Ebene werden viele Forschungsanstrengungen für die Entwicklung einer harmonisierten Umweltproduktdeklaration oder eines Produktumweltfußabdrucks unternommen, die nicht nur die oben genannten Datenmengen, sondern zusätzlich eine Beschreibung und eine Ökobilanzberechnung sowie eine Betrachtung des Recyclingpotenzials der Bauteile und Produkte (Modul D) enthalten. [12] Diese Informationen können Entscheidungsträgern und Planern bei der Material- und Produktauswahl helfen, Elemente zu finden, die für die Wiederverwendung und -verwertung in geschlossenen Materialkreisläufen vorgesehen sind, sofern sie gemäß kreislaufgerechten Konstruktionsprinzipien angewendet werden. Die Integration solcher Informationen in digitale Systeme des Building Information Modelings (BIM) könnte ein mögliches Werkzeug für die Kommunikation und Dokumentation von Material- und Produktspezifikationen in Verbindung mit deren Standort und Demontagerichtlinien darstellen.

Projektangaben *Mehr.WERT.Pavillon*

Konzept und Entwurf Lisa Krämer, Simon Sommer, Philipp Staab, Sophie Welter, Katna Wiese, Felix Heisel, Karsten Schlesier, Dirk E. Hebel, KIT Karlsruhe

Ausführungsplanung und Standsicherheit 2hs Architekten und Ingenieur PartGmbB Hebel Heisel Schlesier mit Lisa Krämer und Simon Sommer

Strukturelle Formfindung Prof. Rosemarie Wagner, Professur Bautechnologie, KIT Karlsruhe

Prüfingenieur Prof. Matthias Pfeifer, Karlsruhe

Ausführende Firmen AMF Theaterbauten GmbH, Udo Rehm / FC-Planung GmbH, Gebr. A. & F. Hinderthür GmbH, Kaufmann Zimmerei und Tischlerei GmbH, GrünRaum GmbH

Projekt- und Veranstaltungsträger Entsorgungsbetriebe der Stadt Heilbronn, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und Bundesgartenschau Heilbronn 2019 GmbH

Projektfinanzierung GreenCycle GmbH, Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland GmbH (DSD) und SER GmbH

Projektpartner Pavillon AMF Theaterbauten GmbH, Deutsche Foamglas GmbH, Glas Trösch GmbH, Hagedorn GmbH, Heinrich Feess GmbH & Co. KG, Magna Naturstein GmbH, Schröder Bauzentrum GmbH, DeFries, Smile Plastics, SPITZER-Rohstoffhandelsgesellschaft, StoneCycling, Studio Dirk van der Kooij

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Stadt Heilbronn: Bundesgartenschau Heilbronn 2019. Die Stadtausstellung in Kürze. Stadtquartier Neckarbogen. URL: https://www.heilbronn.de/bauen-wohnen/stadtquartier-neckarbogen.html [Stand: 17.07.2020]

[2] Hebel, Dirk E.; Wisniewska, Marta H.; Heisel, Felix: Building from Waste. Recovered Materials in Architecture and Construction. Berlin: Birkhäuser, 2014

[3] Heisel, Felix; Hebel, Dirk E.; Sobek, Werner: Resource-respectful construction – the case of the Urban Mining and Recycling unit (UMAR). SBE19 Brussels – BAMB-CIRCPATH Buildings as Material Banks – A Pathway For A Circular Future. Brüssel: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 225, 2019

[4] Design Studio in the Master Program, Fakultät für Architektur, Karlsruher Institut für Technologie: Nachhaltiges Bauen / Sustainable Construction. Building from Waste – a Pavilion for the Federal Garden Show. Heilbronn, 2017

[5] Europäische Kommission (Hrsg.): 2008/98/EC. Waste Framework Directive. Brüssel, 2012

[6] Deloitte (Hrsg.): Study on Resource Efficient Use of Mixed Wastes. Improving management of construction and demolition waste. Final Report. Prepared for the European Commission, DG ENV, 2017

[7] Bundesrat (Hrsg.): Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung. Drucksache 587/20. Berlin: Bundesrat, 2020

[8] Europäische Kommission (Hrsg.): Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings. Brüssel, 2018

[9] Hobbs, Gilli; Adams, Katherine: Reuse of building products and materials – barriers and opportunities. International HISER Conference on Advances in Recycling and Management of Construction and Demolition Waste. Delft: Delft University of Technology, 2017, S. 109–113

[10] Building as Material Banks BAMB. URL: https://www.bamb2020.eu [Stand: 17.07.2020]

[11] Smeets, Anse; Wang, Ke; Drewniok, Michał P.: Can Material Passports lower financial barriers for structural steel re-use? Brüssel: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 225, 2019

[12] Lützkendorf, Thomas P.: Product data and building assessment – flow of information. Brüssel: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 225, 2019

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte
Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

3 SORTENREINHEIT IM BAUWESEN

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

FELIX HEISEL
UND DIRK E. HEBEL

Im Weinbau unterscheidet man zwischen sogenannten sortenreinen Weinen und den Verschnittweinen (Cuvée). Sortenreine Weine werden demnach nur aus einer einzigen Rebsorte gewonnen und nicht mit Weinen anderer Rebsorten vermischt. Die Vorstellung, dass man einen einmal verschnittenen Wein wieder in seine ursprünglichen Sorten trennen könnte, scheint absurd, fast unmöglich und wenn überhaupt, dann nur mit einem ungeheuer großen Aufwand möglich.

Der Materialeinsatz in der Bauindustrie folgt einem ähnlichen Prinzip. Es gilt, Fraktionen von Baumaterialien, die gleiche Werkstoffeigenschaften aufweisen (auch wenn sie eventuell in sich eine Mischform darstellen), von sogenannten Verbundwerkstoffen zu unterscheiden. Verbundwerkstoffe sind demnach Produkte, die aus zwei oder mehreren Materialien mit unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften bestehen, welche durch einen Stoffschluss (in seltenen Fällen auch durch einen Formschluss) nicht lösbar miteinander verbunden sind. Es sind Gemische aus sortenreinen Grundstoffen mit dem Ziel, durch die Verbindung gewisse Eigenschaften zu verbessern (mechanische Eigenschaften, Langlebigkeit, Farbeinstellungen, Brandschutz etc.). Dazu zählen Beschichtungen, Lackierungen, Grundierungen oder Imprägnierungen, also Schichten, die auf sortenreine (oft auch biologische) Materialien aufgebracht werden, um deren Eigenschaften für einen gewissen Einsatz zu verbessern.

Im Gegensatz zu sortenreinen Materialfraktionen sind diese Verbundwerkstoffe nur sehr schwer und unter hohem Aufwand wiederzuverwerten. Beispiele derartiger Produkte sind mannigfaltig und reichen von Partikelverbundwerkstoffen (Spanplatten) über Faserverbundwerkstoffe (Faserzementplatten, Kohlefaserstoffe) bis hin zu Schichtverbundwerkstoffen (Laminate). Oft bleibt nur eine kaskadierende Weiterverwertung, bei der die funktionale und ökonomische Wertschöpfung stetig abnimmt. Am Ende steht dann meist die Deponierung oder Verbrennung, da durch die Vermischung von Materialien mit unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften eine natürliche Kompostierung nicht mehr möglich ist oder die Gefahr einer Verschleppung von Schadstoffen in biologische oder technische Kreisläufe besteht.

Sortenreine Materialien liegen insofern in ihrer ursprünglichen Grundkonfiguration vor. Sie sind weder vermischt, legiert, beschichtet noch anderweitig mit einem weiteren Material mit unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften verbunden. Im Gebäudesektor ist die Etablierung sortenreiner Konstruktionsmethoden und Fügetechniken im Bauwesen die Voraussetzung für eine sortenreine Materialrückgewinnung bei gleichbleibendem Qualitätsanspruch. Viele Materialfraktionen, die für sich genommen in ihren Werkstoffeigenschaften als sortenrein gelten, können aufgrund von Verunreinigungen durch nicht kreislaufgerechte Verbindungstechniken im Sinne einer vollständigen Kreislaufwirtschaft nicht wiedergewonnen werden.

Dies liegt größtenteils an der Art und Weise, wie Materialien und Produkte üblicherweise miteinander verbunden werden: Verklebungen, Nassdichtungen, Vermörtelungen oder Verfugungen können zum einen Verunreinigungen der Materialfraktionen hervorrufen und zum anderen deren schadenfreien und sortenreinen Rückbau verhindern. Ein eindrückliches Beispiel hierfür ist das Material Glas, das technisch vollständig wiederverwertet werden kann. Im Falle von Brauchglas erreicht die deutsche Industrie durch strikt nach Farben getrennte Sammelwege und optimierte sortenreine Produkte eine Wiederverwertungsquote von bis zu 90 %. [1] Im Bauwesen verwendete Flachgläser erreichen aktuell durchschnittlich einen Wiederverwertungsanteil von 20 %, [2] der fast vollständig aus Produktionsabfällen besteht. Glas aus dem Abriss oder Rückbau von Gebäuden erreicht aufgrund von Verun-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

reinigungen durch die Konstruktion und während des Sammelprozesses bisher nicht die zulässigen Grenzwerte für eine Wiedereinführung in die Flachglasproduktion. [3] Konsequenterweise bleibt nur eine minderwertige Weiterverwertung als Schaumglas oder Schüttgut und am Ende der Kette die Deponierung.

Die Umstellung auf eine kreislaufgerechte Bauwirtschaft birgt daher die große Chance, neue oder adaptierte Konstruktionsmethoden sowie innovative Füge- und Rückbautechniken für sortenreine Materialien und Bauteile zu entwickeln und diese zu vermarkten. Einige Pioniere haben hier bereits neue Geschäftsmodelle vorgestellt und teilweise am Markt etabliert. Und wie die folgenden Kapitel zeigen, existieren zudem bereits Pionierprojekte, die diese Schritte gewagt und umgesetzt haben und nun einer breiten und interessierten Öffentlichkeit näherbringen wollen.

Literatur

[1] Bundesverband Glasindustrie e. V. (Hrsg.): Qualitätsanforderungen an Glasscherben zum Einsatz in der Behälterglasindustrie. Standardblatt T 120. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e. V.; BDE Bundesverband der deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e. V.; bvse-Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V., 2014

[2] Neroth, Günther; Vollenschaar, Dieter: Glas. In: Neroth, Gunther; Vollenschaar, Dieter (Hrsg.): Wendehorst Baustoffkunde. Grundlagen – Baustoffe – Oberflächenschutz. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2011, S. 555 – 635. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9919-4_9 [Stand: 17.07.2020]

[3] Europäische Kommission (Hrsg.): Establishing Criteria Determining When Glass Cullet Ceases to Be Waste under Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council. Commission Regulation (EU) 1179/2012. Brüssel: Europäische Kommission, 2012. URL: http://data.europa.eu/eli/reg/2012/1179/oj [Stand: 17.07.2020]

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Urban Mining and Recycling (UMAR) Unit

FELIX HEISEL UND DIRK E. HEBEL

Trotz zahlreicher akademischer Arbeiten und politischer Vorgaben [1] – [3] steckt die Umsetzung einer vollständigen Kreislaufwirtschaft bis heute in den Kinderschuhen. [4] Es gibt bis heute leider nur wenige gebaute Beispiele, bei denen die konzeptionellen Vorgaben und Anforderungen des kreislaufgerechten Bauens auch konsequent umgesetzt wurden. Eines davon ist die von Werner Sobek mit Dirk E. Hebel und Felix Heisel im Projekt *NEST* der Empa Schweiz geplante und gebaute *Urban Mining and Recycling (UMAR) Unit*. Sie soll beweisen, dass es heute schon möglich ist, Gebäude im Sinne einer vollständigen Kreislaufwirtschaft zu planen, zu bauen, zu betreiben und wieder rückzubauen.

Das Projekt *NEST* der Empa Dübendorf

Als zukünftiges Wohn- und Arbeitslaboratorium besteht *NEST* (Next Evolution in Sustainable Building Technologies) [5] an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) in Dübendorf, Schweiz, aus einem zentralen *Backbone*-Gebäude (als infrastrukturelles Rückgrat) mit frei auskragenden Plattformen. Es ist so konzipiert und gebaut, dass zukünftig in dieses leere »Regal« (vertikal aufeinander gestapelte Bauplätze) austauschbare Wohn-, Büro- oder Funktionsmodule, sogenannte Units, eingeschoben werden können, die jeweils einen ganz spezifischen Forschungsansatz verfolgen, sich aber zudem durch das Rückgrat im gegenseitigen Austausch als interaktives Quartier begreifen lassen. *NEST* ist insofern eine modulare Forschungs- und Demonstrationsplattform, mit deren Hilfe neuartige und innovative Wohn- und Arbeitskonzepte, Bauteile, Materialien, Technologien und Systeme (zum Beispiel Information, Wasser, Energie) unter realen Bedingungen getestet, einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt und optimiert werden können. Das *NEST*-Rückgratgebäude wurde 2016 fertiggestellt.

Die *UMAR-Unit* wurde 2017 in das *NEST*-Gebäude eingebaut und am 8. Februar 2018 als Wohn- und Forschungsmodul für zwei Studierende eröffnet. Gleichzeitig ist die Einheit für öffentliche Führungen und Veranstaltungen geöffnet und zieht durchschnittlich mehrere hundert Besucher pro Monat an. In dieser doppelten Rolle als lebendiges Labor und Schaufenster möchte *UMAR* die Prinzipien einer Kreislaufwirtschaft validieren und gleichzeitig Besuchern, Interessierten, Fachleuten und Spezialisten die Grundprinzipien, Vorteile, Auswirkungen, technischen Details und Ästhetik einer solchen Wirtschaft vermitteln.

▶ ***ABB. 1*** *Die* UMAR-Unit *im* NEST-*Gebäude der Empa Dübendorf*

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Das architektonische Konzept

Die *UMAR-Unit* befindet sich im ersten Obergeschoss der *NEST*-Plattform. Sie ist zwischen zwei freitragenden horizontalen Betonplatten eingebaut und wird im Nordosten vom Rückgrat begrenzt und mit allen systemrelevanten Infrastrukturen versorgt. Die Ausrichtung ist nach Südwesten gewählt und zeigt auf ein offenes Feld mit Blick auf die Alpen. Um die Privatsphäre der Bewohner zu erhöhen, befinden sich deren Schlafräume in den Außenbereichen der Einheit, verbunden durch einen gemeinsamen Bereich, in dem sich Küche, Ess-, Wohn- und Arbeitsfunktionen in offener Anordnung wiederfinden. Diese Nutzungen sind durch eine freistehende Drehwand trenn- oder kombinierbar. In unmittelbarer Nähe zum Rückgrat befinden sich zwei Badezimmer sowie der Technik- und Anschlussraum. Der Eingangsbereich in der Nähe der Verbindungstür zum *NEST*-Gebäude dient gleichzeitig als Materialbibliothek für öffentliche Veranstaltungen.

UMAR wurde aus sieben Modulen (2 × Schlafraum, 3 × Gemeinschaftsraum, 1 × Badezimmer / Technikraum, 1 × Eingang) zusammengesetzt, die in einem

ABB. 2 *Innenansicht des Gemeinschaftsbereichs der* UMAR-Unit, *die Drehwand im Hintergrund*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

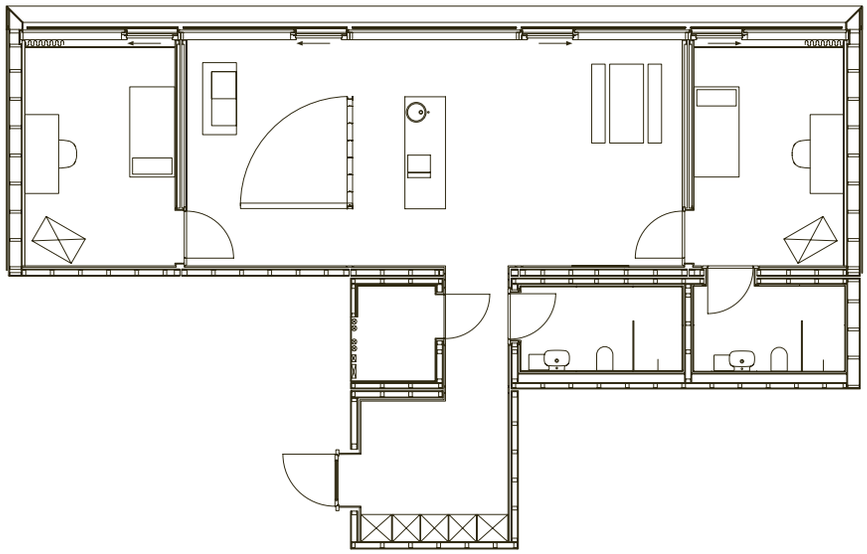


ABB. 3 *Grundrisszeichnung der* UMAR-Unit

entspricht 1 cm

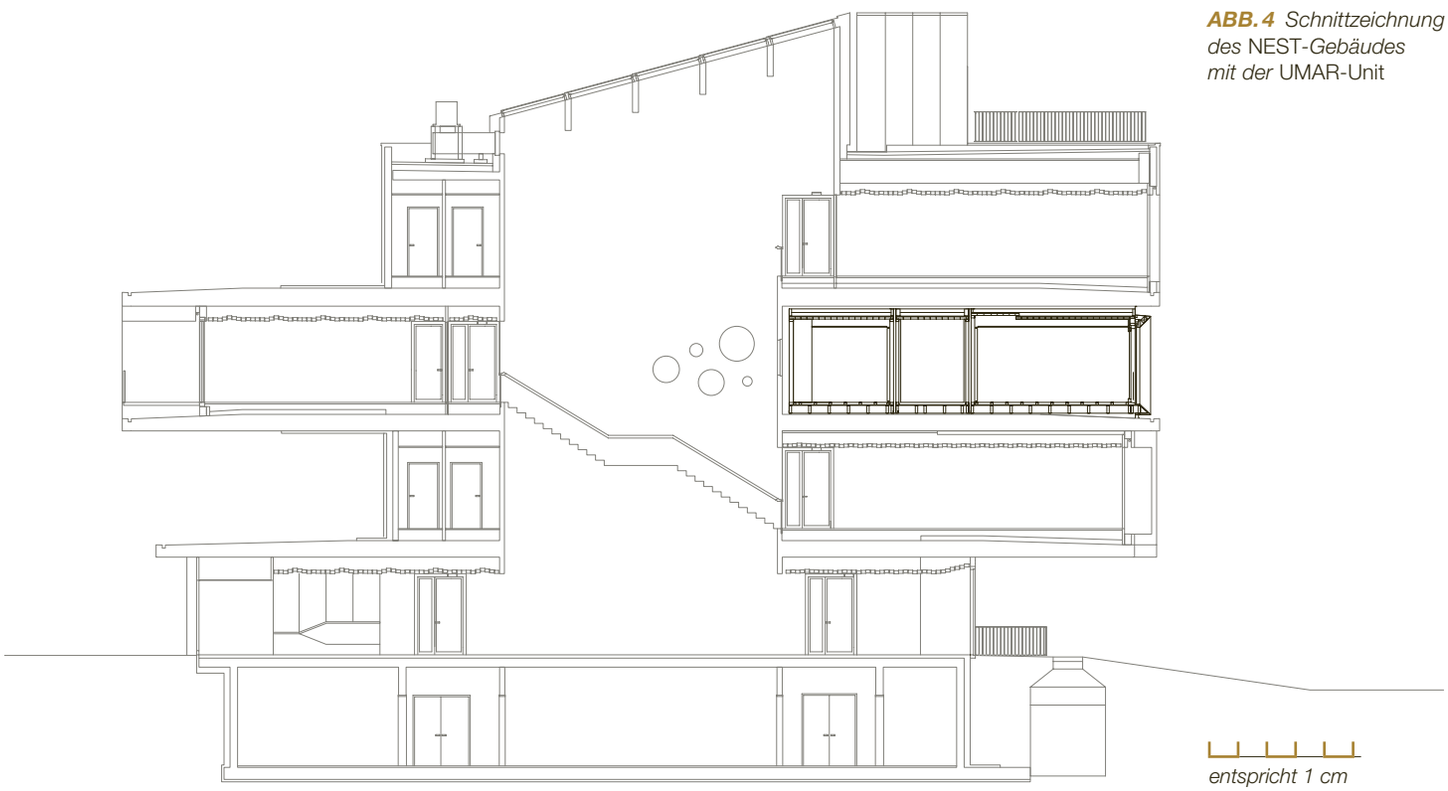


ABB. 4 *Schnittzeichnung des* NEST-*Gebäudes mit der* UMAR-Unit

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

spezialisierten Werk mit einer neuartigen Produktionsstraße vorgefertigt und voll ausgestattet wurden. Sie wurden nach Anlieferung innerhalb eines Tages von zwei Mobilkränen in das *NEST*-Gebäude eingehoben. Vor Ort mussten die einzelnen Module nach ihrer genauen Positionierung lediglich über Steckverbindungen und Kupplungsvorrichtungen konstruktiv und infrastrukturell miteinander verbunden werden. Die Module stehen auf einem Schienensystem, was eine extrem einfache Montage und Demontage ermöglicht.

Die Grundfläche der gesamten Einheit beträgt 126 m^2, die Höhe zwischen Boden und abgehängter Decke misst 2,50 m. Für die Innenräume schlägt *UMAR* größtenteils weiße (neutrale) Wände vor, wie es ein Großteil der Bauherren von zu Hause gewohnt ist. Dennoch zielt das architektonische Konzept darauf ab, den Schichtaufbau jeder der sehr unterschiedlich konstruierten Wandaufbauten klar zu zeigen und es dem Besucher dadurch zu ermöglichen, alle beim Bau verwendeten Materialien zu sehen und zu erleben. Im Rahmen dieses Ansatzes besteht das Ziel darin, innerhalb der Einheit eine Vielzahl von Materialien und Bautechniken darzustellen und dabei alternative technische Möglichkeiten und Materialien aus dem biologischen und technischen Kreislauf einem breiten Publikum vorzustellen. Hierzu dient zudem die Mustersammlung am Eingang der Einheit, die alle im Bauwerk verwendeten Materialien ausstellt und die entsprechenden technischen Datenblätter und Herstellerangaben präsentiert.[8]

8 Die Materialbibliothek der *UMAR-Unit* findet sich unter http://www.nest-umar.net [Stand: 12.10.2020]

Entwurfsprinzipien und ihre Anwendung in der *UMAR-Unit*

Der Name der Unit kombiniert zwei Konzepte, die sich nach dem Verständnis der Autoren dieses Beitrags auf zwei komplementäre Strategien der Ressourcenbeschaffung und -nutzung beziehen: den städtischen Bergbau (Urban Mining) und das kreislaufgerechte Bauen (hier: Recycling, als Oberbegriff für eine hochwertige Rückführung von Materialien in geschlossene Kreisläufe). Während sich *Urban Mining* dabei auf eine möglichst optimierte Reaktivierung von in der städtischen Umgebung angesammelten Materialien bezieht, die nicht speziell für die Wiederverwendung oder -verwertung konzipiert wurden, umfasst das kreislaufgerechte Bauen alle Materialien und Fügetechniken, die explizit dafür konzipiert wurden, verlustfrei, hochwertig und sortenrein in technischen oder biologischen Kreisläufen zu verbleiben.

Dem Grundverständnis folgend, dass *»Kreisläufe keinen Anfang und kein Ende haben«,* [6] verwendet die *UMAR-Unit* Materialien, Bauteile und Fügetechniken aus verschiedenen Zuständen und Positionen unterschiedlicher Materialkreisläufe: von neu gewachsenen biologischen Rohstoffen über wiederverwertete Materialien bis hin zur Wiederverwendung von Materialien, Produkten oder Bauteilen. Durch die Befolgung obiger Prinzipien repräsentiert *UMAR* dabei nicht nur ein aktives und flexibles Materiallabor für die fortlaufende Forschung, sondern gleichzeitig ein sehr einfach zu benutzendes Materiallager für zukünftige Konstruktionen. Ist dieser Zustand eines kreislaufgerechten Bauens allgemein erreicht, wird die urbane Mine als sehr schwer zu bearbeitendes Rohstofflager mit hohen Ausschüssen obsolet. Die zukünftige gebaute Umwelt funktioniert dann als unkompliziertes und transparentes Materiallager.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

◀ ***ABB. 5*** *Beim Einbau der Unit wurden die Module mithilfe von zwei Autokränen innerhalb eines Tages in Position gehoben.*

▲ ***ABB. 6*** *Schlüsselfertige Produktion der sieben Module in der Werkstatt*

ABB. 7 *Über ein Schienensystem wurden die Module an Ort und Stelle gerollt.*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

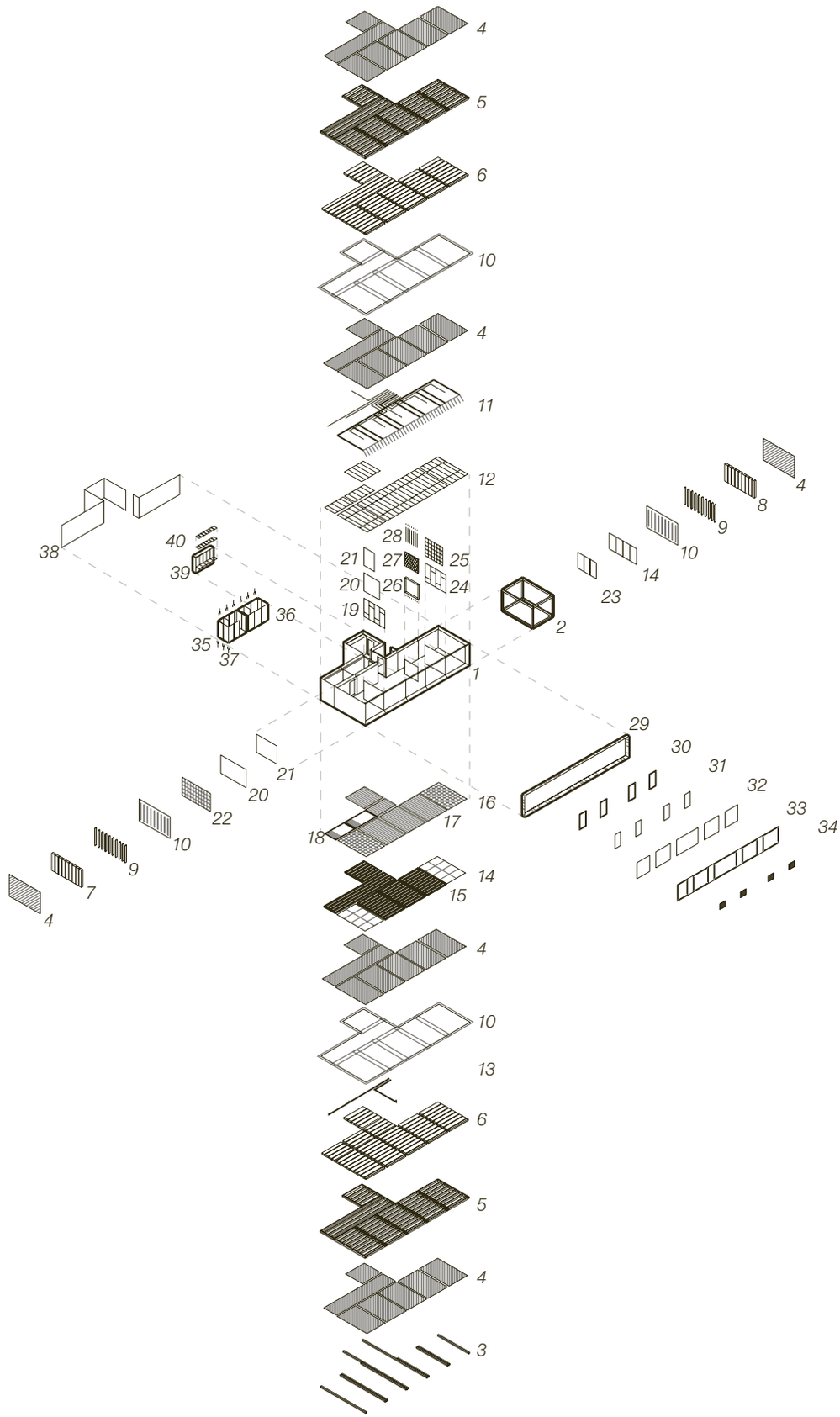


ABB. 8 *Rückbauplanung der* UMAR-Unit *in sortenreine Materialschichten*

Grundrisse, Schnitte, Aufriss- und Explosionszeichnungen **UMAR**

1 NEST-*Unit Urban Mining and Recycling*
2 Die Unit wurde in 7 Modulen vorgefertigt und vor Ort gekoppelt
3 Schienensystem zum Ein- und Ausfahren der Module im NEST
4 Diagonalschalung Weißtanne
5 Primärkonstruktion Weißtanne
6 Dämmung Steinwolle
7 Dämmung Denim (Jeans)
8 Dämmung Hanf
9 Holzständer Weißtanne
10 Dampfsperre PE überlappend geklemmt
11 Leitungsebene sortenrein metallisch und Solarthermie
12 Heiz-Kühl-Decke Aluminium
13 Abwasserleitungen PE
14 Trägerplatte ECOR
15 Unterkonstruktion Weißtanne
16 Teppichfliesen Desso
17 Dielenboden Braunkernesche
18 Fußbodenwanne Badezimmer Edelstahl
19 Trockenbauplatte Lehm
20 Unterputz Lehm
21 Feinputz Lehm
22 Dämmplatten MycoFoam
23 Wandverkleidung Filz
24 Trägerplatte ReWall
25 Akustikpaneele Reapor
26 Rahmen Stahl
27 Backsteine StoneCycling
28 Stahlrechen
29 Portalrahmen Kupfer
30 Schiebetüren Weißtanne
31 Türglas
32 Fensterglas
33 Klemmprofile Aluminium
34 Absturzsicherung Edelstahl
35 Wandverkleidung Black Dapple
36 Wandverkleidung Magna Glaskeramik
37 Klemmhalterungen Edelstahl
38 Rückwand analog 4,7,9,10
39 Materialschubladen
40 Materialmuster und Datenblätter

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

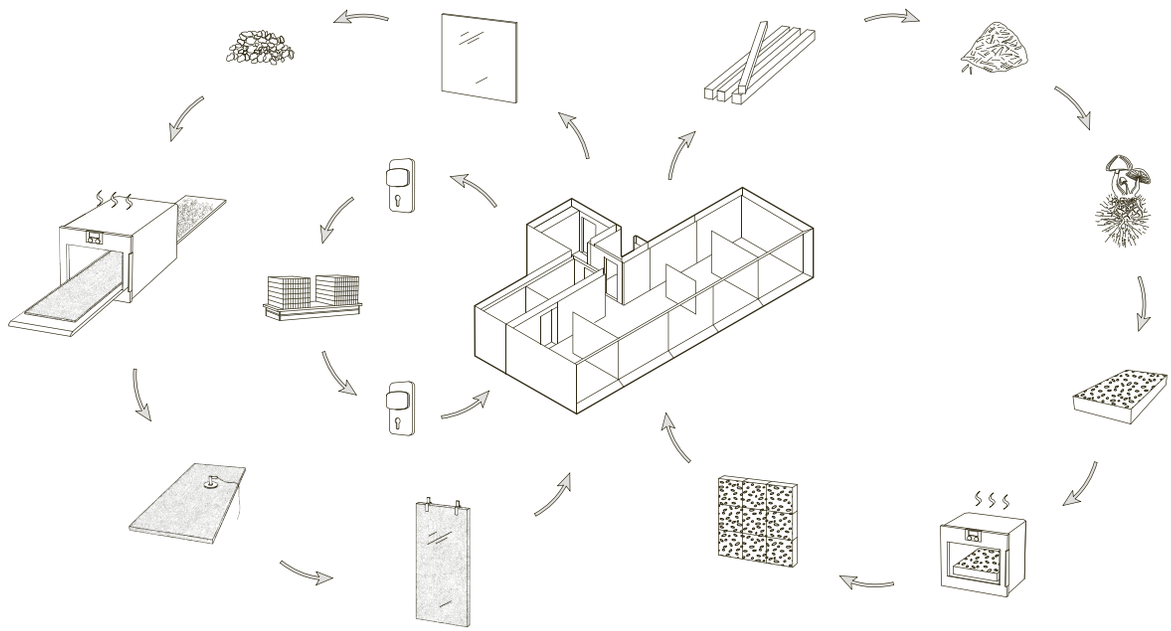


ABB. 9 *Beispielhafte Kreisläufe für eine Wiederverwendung, Wiederverwertung und Kompostierung in der* UMAR-Unit

Sortenrein rückbaubare Konstruktionsdetails

Der Rückbau und das anschließende Wiederverwenden oder -verwerten von in Gebäuden gelagerten sortenreinen Materialfraktionen ist heute nur in sehr seltenen Fällen ein wesentlicher Bestandteil des architektonischen und konstruktiven Planungsprozesses. Und selbst wenn tatsächlich ein Rückbau (und kein Abbruch) vorgenommen wird, scheitert eine Reaktivierung der Rohstoffe oft aufgrund nicht lösbarer Verbindungsdetails oder Fügetechniken und dadurch auftretende Verunreinigungen. Um diese Probleme von vornherein zu vermeiden, wendet die *UMAR-Unit* sortenreine Konstruktionsprinzipien für die Demontage in verschiedenen Maßstäben an, von der Gesamtverbindung der vorgefertigten Module vor Ort über die Trockenabdichtungen der Nassräume bis hin zur Umplanung der Produktion bestehender Heiz-/Kühldeckensegel oder der Neuentwicklung monomaterieller Wasserhähne im 3-D-Metalldruckverfahren. Es gibt keine Kleber oder Klebebänder im gesamten Gebäude (mit Ausnahme eines 100 % biologisch abbaubaren Produkts für die Verbindung von Holz zu Holz im Möbelbau). Alle Anschlüsse sind reversibel ausgebildet durch Schraub-, Steck-, Klemm- oder Verriegelungsverschlüsse, leicht zugänglich und zur Vorbereitung der geplanten Demontage gut dokumentiert.

Trennung der biologischen und technischen Kreisläufe

Das Cradle-to-Cradle-Prinzip [7] führte die Trennung der biologischen und technischen Kreisläufe ein. In den erstgenannten zersetzen unsere natürlichen Ökosysteme biologische Materialfraktionen und spalten diese in Nährstoffe für einen erneuten Wachstumsprozess anderer Pflanzen oder Lebewesen auf. In den zweitgenannten zirkulieren wertvolle synthetische und mineralische Nährstoffe in geschlossenen Kreisläufen durch industrielle Prozesse. Gemische aus technischen und/oder biologischen Nährstoffen, die am Ende ihrer Nutzungsdauer als Produkt nicht zerlegt werden können, landen als sogenannte Hybridfraktionen normalerweise auf Mülldeponien oder in Verbrennungsanlagen, was einer Zerstörung dieser Nährstoffe gleichkommt. Hierzu zählen auch biologische Materialien, die durch Lackierungen, Lasuren oder Imprägnierungen behandelt wurden.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

In der *UMAR-Unit* wurde auf alle Hybridmaterialien oder -produkte verzichtet. Dieses Prinzip ist schwieriger zu befolgen, als es auf den ersten Blick erscheinen mag. Es gibt heute eine erschreckend große Vielzahl an biologischen / technischen Hybridmaterialien in der Bauindustrie, einschließlich vieler Standardprodukte, wie zum Beispiel die typischen OSB-Platten, Faserplatten oder mit Fungiziden und flammhemmenden Salzen oder Kunststoffen beschichtete Holzelemente. Gerade solche Plattenwerkstoffe haben den Vorteil, dass sie sowohl diagonal aussteifend wirken als auch wind- und diffusionsdicht sind und daher häufig Anwendung finden.

Im Fall von *UMAR* mussten insofern jede Materialentscheidung und jedes Detail auf die Prinzipien geprüft und oftmals neu konzipiert werden. Die *UMAR-Unit* wurde in Holzständerbauweise konstruiert. Bei dieser Konstruktionsart werden die Module normalerweise aus den oben genannten Gründen mit Plattenwerkstoffen verkleidet. In diesem Fall wurden für die notwendige Diagonalaussteifung der Wände, Böden und Decken unbehandelte Vollholzbretter verwendet, die durch ein Nut-und-Feder-System zudem die Winddichtigkeit sowie den Rauchschutz garantieren. An den Außenwänden wurde zusätzlich eine Dampfsperre aus sortenreinem Polyethylen eingezogen – allerdings nicht wie üblich mit einem Klebeband fixiert, sondern an allen Stößen 30 cm überlappend durch Pressleisten abgedichtet.

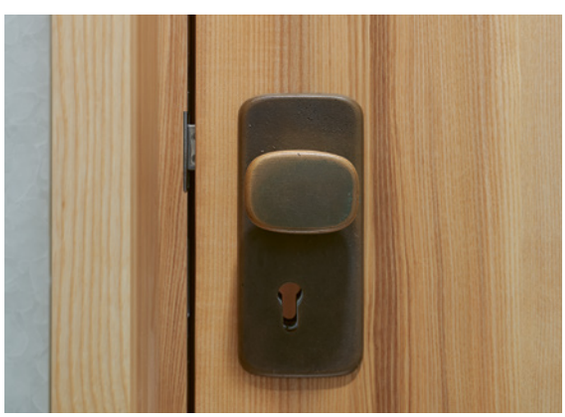


ABB. 10 *Die Türklinken von Jules Wabbes in der* UMAR-Unit

Wiederverwendung, Weiterverwendung, Wiederverwertung oder Kompostierung

Innerhalb der zuvor beschriebenen Kreisläufe können je nach Größe der jeweiligen Schleife unterschiedliche Zirkulationsmethoden unterschieden werden: die Wieder- und Weiterverwendung sowie die Wieder- und Weiterverwertung. Besonders im technischen Kreislauf gilt dabei: je kleiner die Schleife, desto effektiver die gewählte Methode hinsichtlich des Erhalts und Einsatzes von Energie, Ressourcen und Arbeitsaufwand. [8] Im technischen Kreislauf liegt der Fokus daher auf Methoden wie der Reparatur, der Aufbereitung, der Nachrüstung oder einer hochwertigen Verwertung. Der biologische Kreislauf erlaubt eine größere Betrachtung, beispielsweise in Form einer kaskadierenden Verwendung von biotischen Materialien, solange gegeben ist, dass diese in der sortenreinen Kompostierung endet. [9]

Wiederverwendung

Eine Wiederverwendung bedingt die stoffliche sowie physiognomische Beibehaltung des Materials unter gleicher Funktion. 1974 beauftragte die Générale de Banque in Brüssel den renommierten Designer Jules Wabbes mit der Ausgestaltung ihres Hauptsitzes. Um die Zuverlässigkeit der Bank widerzuspiegeln, wählte Wabbes für seinen Entwurf wertvolle und hochwertige Materialien wie Granit, Bronze oder Messing und reine Formen, die langlebig sein sollten. Als BNP Paribas Fortis (als neue Eigentümerin des Gebäudes) 2016 die Erlaubnis erhielt, das Gebäude zugunsten eines Ersatzbaus abzureißen, wurde diese von der Stadt an die Bedingung geknüpft, dass im Rahmen einer Nachhaltigkeitsstrategie alle Einbauten und Gegenstände

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 11 *Die innovativen Ziegelsteine sind mörtelfrei gefügt, sodass sie direkt und schadenfrei wiederverwendbar sind.*

von Jules Wabbes einer Wiederverwendung zugeführt werden. [10] Infolgedessen übernahm die Firma Rotor Deconstruction das Inventar, indem sie alle Objekte vorsichtig demontierte und auf ihrem virtuellen Marktplatz zum Wiederverkauf anbot. Auf diesem Wege fanden zehn Türgriffe von Jules Wabbes ihren Weg in die *UMAR-Unit*. Als Leihgegenstände kehren diese Griffe nach Ablauf ihrer vertraglichen Nutzungszeit zu Rotor Deconstruction zurück, um ihre kontinuierliche Wiederverwendung in einem weiteren Gebäude sicherzustellen.

Ein weiteres Beispiel für eine Wiederverwendung ist die Kupferfassade der Unit, für die ein lokaler Dachdeckerbetrieb Kupferelemente aus dem Rückbau eines Hoteldachs mit Produktionsverschnitt zu einem einmaligen Farbspiel aus oxidierten dunklen, mit Grünspan überzogenen und rötlichen neuwertigen Platten kombinierte.

Wiederverwertung

Eine Wiederverwertung bedingt die stoffliche Beibehaltung des Materials unter geänderter Physiognomie. Ein deutsches Unternehmen produziert neuartige Paneele aus 100 % wiederverwertetem Verschnitt- und Brauchglas. Dabei verwendet das Unternehmen nur so viel Energie und Zeit wie nötig, um in einem Sinterprozess einzelne Scherben des Rohmaterials zu einem homogenen Paneel zusammenzufügen. Dies führt zu 20 mm dicken, ästhetisch einzigartigen transluzenten Glaskeramikplatten. Neben vielen anderen hochwertig wiederverwer-

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 12 *Die Ziegelsteine der Drehwand in der* UMAR-Unit *bestehen aus mineralischen Bauabfällen, klein gemahlen und farblich neu kombiniert.*

ABB. 13 *Badezimmer der* UMAR-Unit *mit einer Wandverkleidung aus wiederverwerteten Windschutzscheiben*

▶ ***ABB. 14*** *Badezimmer der* UMAR-Unit *mit einer Wandverkleidung aus wiederverwerteten HDPE-Küchenschneidebrettern*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

teten technischen Materialien wie sortenreinen Kunststoffen, Metallen oder Mineralien verwendet die *UMAR*-Einheit Glaskeramik in der Küche als Arbeitsplatte und im Badezimmer als Wandverkleidungsmaterial.

Kompostierung

Eine Kompostierung bedeutet die Aufspaltung der Stofflichkeit und der Physiognomie eines biologischen Materials bis auf die Molekularebene. Ein Myzel ist die Gesamtheit aller fadenförmigen Zellen eines Pilzorganismus (am ehesten vergleichbar mit dem Bild eines Wurzelnetzwerks), eine

ABB. 15 *Blick ins Schlafzimmer der* UMAR-Unit*: In der hinteren rechten Ecke sind die Dämmpaneele auf Myzelbasis sichtbar.*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 16 *Lichtschalter in der* UMAR-Unit

ABB. 17 *Gemieteter Teppichboden im Schlafzimmer der* UMAR-Unit

schnell wachsende Matrix, die als natürlich wachsender und biologischer Klebstoff fungieren kann. Das dichte Netzwerk eines Myzels verdaut pflanzliche Abfallprodukte wie Sägemehl oder Stroh durch das Aussenden von Enzymen und bindet dabei das zur Verfügung stehende Substrat zu einem rein biologischen Materialverbundwerkstoff. [11] In der *UMAR-Unit* wurden Produkte auf Myzelbasis als Dämm- und Putzträgerplatten installiert. Die Paneele wurden reversibel an der Unterkonstruktion der Wand verschraubt und können am Ende der Nutzungsdauer vollständig kompostiert werden. Sie liefern damit erneut Nährstoffe für das Wachstum von biologischen Organismen und / oder potenziellen Baumaterialien. Um eine kontaminationsfreie Kompostierung zu gewährleisten, sind alle biologischen Materialien in der *UMAR-Unit* unbehandelt (mit Ausnahme eines sorgfältig ausgewählten biologischen Öls zum Schutz des Holzfußbodens).

Suffizienter Materialeinsatz

Suffizienz bedeutet, weniger Material unter Beibehaltung einer gleichen Funktionalität einzusetzen. Folglich muss die Menge an Material, die bei der Planung von Gebäuden erst gar nicht verbaut und somit eingespart wird, auch nicht wieder in einen biologischen oder technischen Stoffwechsel zurückgeführt werden. Die *UMAR-Unit* wendet dieses Konzept zum Beispiel auf die interne Verkabelung an, indem sie nach Möglichkeit drahtlose Lösungen verwendet. So erzeugen die Lichtschalter durch das Drücken des Nutzers mithilfe eines kleinen Dynamos die notwendige Energie, um ein Signal an die Gebäudeautomation zu senden, welche in der Folge das Licht an- oder ausschaltet. Die Schalter kommen daher sowohl ohne Kabel als auch ohne Batterien aus.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 18 *Mustersammlung der in der* UMAR-Unit *verbauten Materialinnovationen*

Produkt als Dienstleistung

Unter dem Prinzip »Produkt als Dienstleistung« versteht man die Nutzung eines Materials oder Produkts in Form einer Dienstleistung, ohne dabei gleichzeitig auch der Besitzer desselben zu sein. Derartige innovative Geschäftsmodellkonzepte [12], [13] versprechen einen hohen ökologischen und sozialen Nutzen durch ökonomische Anreize. Aus der Sicht des Herstellers ist das Konzept »Produkt als Dienstleistung« profitabel, da (sobald ein kreislaufgerechtes Produkt entwickelt und produziert wurde) das Eigentum an Wissen, Arbeitskraft, Energie und Rohstoffen im Unternehmen verbleibt, was Planungssicherheit und Unabhängigkeit von einem zunehmend unsicheren Rohstoffmarkt gewährleistet. Folglich werden einfache Rückgabekonzepte, rückbaubare Konstruktionen, Reparaturfreundlichkeit, Langlebigkeit (nur dann ist ein Produkt wirklich rentabel), Wiederverwendung und Wiederverwertung zu integralen Elementen langfristiger Geschäftsmodelle, wodurch das Bewusstsein für Produkthaftung, Haltbarkeit, Materialauswahl und Entsorgungskosten beim Hersteller und Designer wächst. Im Produktdesign und in der Mobilität haben solche Geschäftsmodelle die Wirtschaft bereits nachhaltig verändert, mit prominenten Sharing-Diensten für Musik, Filme, Autos, Fahrräder oder Kleidung. Im Baugewerbe gewinnen Produkt-als-Dienstleistung-Konzepte rasch an Interesse, jedoch

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

haben noch nicht viele solcher Bauelemente den Markt erreicht. Ein Beispiel: Die Teppiche in der *UMAR-Unit* wurden nicht gekauft, sondern deren Nutzung als Dienstleistung durch eine niederländischen Firma gegen eine monatliche Gebühr bereitgestellt. Rücken und Schlaufen sind sortenrein und trennbar gefertigt und können somit zu 100 % wiederverwertet werden. Ebenfalls wird der Teppich am Boden nicht verklebt, sondern nur verspannt / geklemmt und hinterlässt somit nach dem Rückbau keine Verunreinigungen durch Klebereste. Warum also das Material aus der Hand geben? Die ausgebauten Teppichböden kehren wieder zum Hersteller zurück, um am Ende der Nutzungszeit zu neuen Teppichen wiederverwertet zu werden – auch die aus der *UMAR-Unit.*

Neuartige Materialdatenbanken

Die *UMAR*-Einheit wurde als Prototyp, Schaufenster und Demonstrator für einen Paradigmenwechsel hin zu einer kreislaufgerechten Bauindustrie entworfen und gebaut. Daher ist die Dokumentation des Entwurfsprozesses, der Konstruktionsdetails und der Fabrikationsmethoden sowie der eingesetzten Materialien und Produkte ein entscheidender Aspekt des Projekts. Einige Elemente dieser Dokumentation wurden bereits implementiert: Eine Materialsammlung innerhalb der Einheit bietet Muster aller im Bau verwendeten Materialien mit weiterführenden Angaben. Diese Beispiele sind zusätzlich mit einer digitalen Materialbibliothek und weiterführenden Informationen, Datenblättern und Kontaktdaten auf der Projektwebsite verknüpft. [14] Weitere Forschungen umfassen die fortlaufende Überwachung und Analyse der Leistung des Projekts als bewohntes Labor sowie die Haltbarkeit und Handhabung der verwendeten Materialien. Die größten Aufgaben werden sicherlich die geplante Demontage der Einheit und die anschließende Wiedereinführung von Materialien und Produkten in ihre jeweiligen Materialkreisläufe sein. Die detaillierte Dokumentation auf Gebäudeebene ist jedoch nur ein erster Schritt zur Schaffung eines städtischen Bestandsmanagements kreislaufgerechter Materialien und Konstruktionen. Im großen Maßstab muss ein System entwickelt werden, um in der Lage zu sein, Auskunft zu geben, welche Materialien in welchen Mengen und Qualitäten wann und wo wieder zur Verfügung stehen werden. Fragen zu Big-Data-Management, Datensicherheit, Dateiformaten, Gerichtsbarkeit und vielen weiteren Aspekten einer solchen Unternehmung treten dabei schnell in den Vordergrund. Forscher auf der ganzen Welt arbeiten daran, verschiedene Elemente dieses Paradigmenwechsels anzugehen. [15] – [17] Im Beitrag *Materialpässe und Materialkataster für die Dokumentation und Planung* (*S. 157*) von Felix Heisel und Sabine Rau-Oberhuber wird ein solches System anhand der *UMAR*-Daten vorgestellt.

Projektangaben *Urban Mining and Recycling Unit*

Konzept, Entwurf und Bauplanung Werner Sobek mit Dirk E. Hebel und Felix Heisel, Stuttgart / Karlsruhe, Deutschland (Projektmanagement: Werner Sobek Group, Bernd Köhler, Frank Heinlein)

Generalunternehmer Kaufmann Zimmerei und Tischlerei GmbH, Reuthe, Österreich (Matthias Kaufmann)

Gebäudetechnik Amstein-Walthert AG, Zürich, Schweiz (Simon Büttgenbach)

Bauträger Empa – Eidgenössische Materialprüfungsanstalt, Dübendorf, Schweiz (Enrico F. Marchesi, Reto Fischer)

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Geissdoerfer, Martin; Savaget, Paulo; Brocken, Nancy M. P.; Hultink, Erik Jan: The Circular Economy. A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production 143 (2017) S. 757–768. URL: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048 [Stand: 17.07.2020]

[2] Murray, Alan; Skene, Keith; Haynes, Kathryn: The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. Journal Business Ethics 140 (2017) Nr. 3, S. 369 – 380. URL: https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2 [Stand: 17.07.2020]

[3] Europäische Kommission (Hrsg.): Closing the loop. An EU action plan for the Circular Economy. Brüssel: Europäische Kommission, 2015

[4] Ness, David A.; Xing, Ke: Towards a Resource-Efficient Built Environment. A Literature Review and Conceptual Model. Journal of Industrial Ecology 21 (2017), Nr. 3, S. 572 – 592. URL: https://doi.org/10.1111/jiec.12586 [Stand: 17.07.2020]

[5] Empa (Hrsg.): Introducing NEST. URL: https://www.empa.ch/web/nest/aboutnest [Stand: 17.07.2020]

[6] Stahel, Walter R.: The Functional Economy: Cultural and Organizational Change. In: The Industrial Green Game. Washington D.C.: National Academy Press, 1997, S. 91–100

[7] McDonough, William; Braungart, Michael: Cradle to Cradle. Remaking the way we make things. New York: North Point Press, 2002

[8] Stahel, Walter: Circular Economy for Beginners. Geneva, London: Ellen MacArthur Foundation, 2018

[9] Arup (Hrsg.): Circular Economy in the Built Environment. London: Arup, 2016

[10] BNP Paribas Fortis: Heritage. URL: https://www.montagneduparc-warandeberg.be/nl [Stand: 17.07.2020]

[11] Heisel, Felix; Schlesier, Karsten; Lee, Juney; Rippmann, Matthias; Saedi, Nazanin; Javadian, Alireza; Block, Philippe; Hebel, Dirk E.: Design, Cultivation and Application of Load-Bearing Mycelium Components: The MycoTree at the 2017 Seoul Biennale of Architecture and Urbanism. International Journal of Sustainable Energy 6 (2019), Nr. 1, S. 296 – 303. URL: https://doi.org/10.20533/ijsed.2046.3707.2017.0039 [Stand: 17.07.2020]

[12] Stahel, Walter: The Performance Economy. 2. Aufl. London: Palgrave Macmillan, 2010

[13] Rau, Thomas; Oberhuber, Sabine: Material Matters. Berlin: Ullstein Buchverlage GmbH, 2018

[14] Heisel, Felix; Sobek, Werner; Hebel, Dirk E.: Urban Mining and Recycling. URL: https://www.nest-umar.net [Stand: 17.07.2020]

[15] Building as Material Banks BAMB. URL: https://www.bamb2020.eu [Stand: 17.07.2020]

[16] Madaster Services (Hrsg.): Madaster. URL: https://www.madaster.com/en [Stand: 17.07.2020]

[17] Richthofen, Aurel von; Wei, Zeng; Shiho, Asada; Burkhard, Remo; Heisel, Felix; Müller Arisona, Stefan; Schubiger, Simon: Urban Mining. Visualizing the Availability of Construction Materials for Re-Use in Future Cities. IV2017 – 21st International Conference on Information Visualisation. London, 2017

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Einfach intelligent konstruieren

Kreislaufgerechte Konstruktionen zur Ressourcenschonung und langfristigen Kostenersparnis

Daniela Schneider ist im Bereich Cradle to Cradle als Projektpartnerin bei der Environmental Protection Encouragement Agency (EPEA) GmbH – Part of Drees & Sommer in Stuttgart tätig. Ihre Tätigkeitsschwerpunkte umfassen die Entwicklung von Material- und Rückbaukonzepten sowie die Beratung von Investoren, Bauherren, Planern und Produktherstellern bei der Konzeptionierung und Umsetzung von schadstofffreien und rückbaufähigen Gebäuden und Stadtquartieren. Daniela Schneider lehrt an der Hochschule für Technik in Stuttgart im Masterstudiengang Architektur das Fach »Kreislauffähiges Planen und Bauen«.

DANIELA SCHNEIDER

Eines der übergeordneten Ziele eines kreislaufgerechten Gebäudeentwurfs ist es, Funktionalität, Ästhetik und Kosten in ein ausgewogenes Verhältnis zueinander zu bringen. Dies beginnt bereits in der frühen Entwurfsphase. Die Einbindung von kreislaufgerechten Parametern in die Architektur- und Fachplanung stellt eine Herausforderung an die Planungsbeteiligten dar und erfordert ein Umdenken in den klassischen Gestaltungs- und Planungsprozessen. Im Entwurf sind einzelne Bauteile und Materialien auf ihre technische und ökologische Eignung, ihre stoffliche Beschaffenheit, ihre ökonomische Werterhaltung und auf ihr Lebenszyklusverhalten zu betrachten, inklusive einer langfristigen Nachnutzungsplanung. [1]

Das im Folgenden beschriebene Feuerwehrhaus in Straubenhardt von wulf architekten aus Stuttgart kann als Vorreiter für die Umsetzung eines kreislaufgerechten Entwurfs genannt werden. Eine kreislaufgerechte Ausführung, ein möglichst geringer Materialeinsatz und eine ansprechende, moderne Architektur stellen dabei keinen Widerspruch dar.

Die Planung muss hierbei mit den Anforderungen an das Gebäude und den einzelnen Nutzungsphasen in Einklang gebracht werden. Während der Entwurfsphase wurden die für das Gebäude vorgesehenen Beton- und Holzbaukonstruktionen hinsichtlich der Kreislaufgerechtigkeit ganzheitlich optimiert. In der darauffolgenden Planungsphase wurde der Materialeinsatz zusätzlich nach dem Prinzip der Suffizienz [2] reguliert. Für das Feuerwehrhaus in Straubenhardt wurden ökologisch unbedenkliche und qualitativ hochwertige Materialien ausgewählt und reversible Konstruktionen eingesetzt. Der Materialeinsatz lässt sich dabei nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip als *»intelligente Verschwendung«*[9]

9 Michael Braungart und William McDonough beschreiben dieses Konzept mit dem Bild eines Kirschbaums, der aus einer Million Blüten »nur« eintausend Kirschen produziert. Die »ungenutzten« Kirschblüten sind aber ein wichtiger Bestandteil des Nährstoffkreislaufes und insofern eine intelligente Verschwendung.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

erklären: Materialien sollen zum einen nicht schädlich und zum anderen als Baustoff für zukünftige Aufgaben verwertbar sein. Die Entwicklung lösbarer Fügetechniken erlaubt es, in verschiedenen Nutzungsphasen, einzelne Materialien und Bestandteile separat zu demontieren und flexibel auszutauschen. Somit ist die Möglichkeit gegeben, Bestandteile des Gebäudes in jeder Nutzungsphase sortenrein zu trennen.

Als zentrales Instrument für die Umsetzung der zuvor beschriebenen Anforderungen wurde eine Dokumentation der Kreislaufgerechtigkeit in Form eines Gebäude- und Materialpasses erstellt. Dieses digitale Planungs- und Dokumentationswerkzeug vereint alle material- und konstruktionsrelevanten Informationen über das Gebäude an einer Stelle. Mit diesen Informationen können langfristig Kreisläufe geschlossen und Ressourcen wiedergewonnen werden.

Nicht zu vergessen ist die Implementierung der kreislaufgerechten Planung in alle an der Ausführung beteiligten Gewerke. Qualitätseinbußen dürfen durch die Ausschreibung und Vergabe sowie die Ausführung nicht entstehen.

Bauteilanalysen und -optimierung

Einen zentralen Punkt einer kreislauffähigen Gebäudeplanung stellt die Bauteilanalyse in der Vorentwurfs- und Entwurfsphase dar. Bei der Planung des Feuerwehrhauses in Straubenhardt wurden die Bauteile in gleich große Module, Komponenten, Teilkomponenten und Materialien untergliedert. Daraufhin wurden sie nach kurz- und langlebigen Materialschichten, nach deren Sortenreinheit, Dauerhaftigkeit, Instandhaltungsfähigkeit, Trennbarkeit und Flexibilität differenziert. In den Vorentwurfs- und Entwurfsphasen wurde zudem jede einzelne Lebenszyklusphase eines Bauteils analysiert und entsprechend der Ansprüche nachfolgender Phasen

ABB. 1 *Visualisierung Neubau Feuerwehrhaus Straubenhardt*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

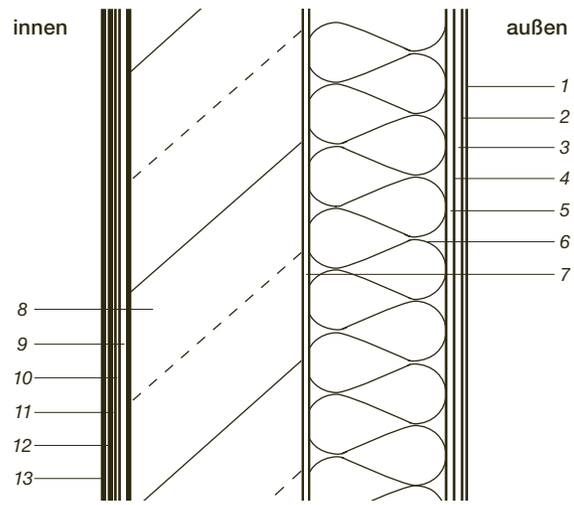


ABB. 2 *Konventionelle Bauweise*

Aufbau von außen nach innen
1 Oberputz mit Schlussbeschichtung
2 Kunstharz- oder Kalkzementputz
3 Armierungsmörtel
4 Armierungsgewebe
5 Armierungsmörtel
6 Dämmstoff aus Styropor-Wärmedämmplatten (EPS), befestigt mit Tellerdübeln an der Stahlbetonwand
7 Verklebung der Dämmplatten
8 Stahlbetonwand
9 Haftgrund
10 Spachtelmasse
11 Tiefgrund
12 Armierungsgewebe/Vlies
13 Anstrich

geplant. Jedes Bauteil bildet mit seinen Ausprägungen für eine definierte Zeitspanne ein bestimmtes Szenario und ist für alle diesem Szenario entsprechenden Lebenszyklusphasen zu planen. [3] Dadurch kann die Kreislaufgerechtigkeit eines Bauteils überprüft und ermöglicht werden. Die Prämisse in der Planung des Feuerwehrhauses in Straubenhardt lautete, dass alle Bauteile gleichbehandelt und gleich gewichtet werden. »Minderwertige« Bauteilaufbauten wurden bereits in der Planung vermieden oder verbessert.

Das in *ABB. 2* dargestellte Bauteil zeigt einen standardisierten Aufbau einer Außenwand. Mehrlagige Schichten bestehen aus Putz- und Farbanstrichen, sowohl im Innen- als auch im Außenbereich. Das Ergebnis der Analyse dieses konventionellen Bauteils zeigte auf, dass die einzelnen Materialschichten im Rückbau nicht sortenrein trennbar sind und aufgrund ihres Gefüges nicht in einen Kreislauf überführt werden können. Es wurde zudem festgestellt, dass die vorgesehenen Materialien für die Oberflächengestaltung aufgrund ihrer Lebensdauer in einem regelmäßigen Intervall instand zu halten sind. Putze, Spachtelmassen und Anstriche sind insofern wartungsintensiv und erschweren den Rückbau, die Trennung und die Wiedereingliederung der damit behandelten Materialien in den Kreislauf sind mit erheblichem Aufwand verbunden.

Bei der Optimierung des Bauteils in *ABB. 3* wurde auf die o. g. Schichten daher grundlegend verzichtet. Für die Außendämmung wurden anstelle einer Klebeverbindung Steck- und Schraubverbindungen vorgesehen. Eine Vorsatzschale aus Sichtbeton ermöglicht eine dauerhafte Hülle ohne materielle Einbußen. Durch diese Optimierung konnten sowohl die Möglichkeiten der Nachnutzung als auch die Wertigkeit des Bauteils nachweislich verbessert werden. Die Zusammensetzung, die zu erwartende Lebensdauer einzelner Einheiten und die Möglichkeiten der Wiederverwendung oder Wiederverwertung der Materialschichten wurden bewertet, optimiert und dokumentiert.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

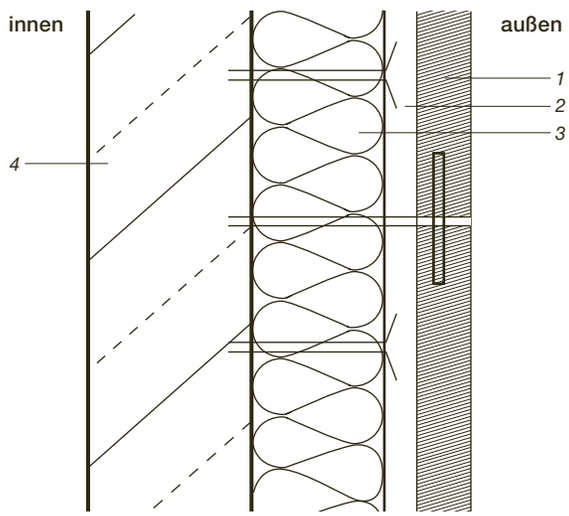


ABB. 3 *Kreislaufgerechte Optimierung der Bauweise*

Aufbau von außen nach innen

1 Fertigteil aus Stahlbeton, verankert
2 Luftschicht
3 Dämmung, mechanisch befestigt
4 Stahlbetonwand, unbehandelt
5 sichtbare Leitungsverlegung (zeichnerisch nicht dargestellt)

Materialien

Ökologisch unbedenkliche, langlebige und wertbeständige Materialien sind Teil einer Nachhaltigkeitsstrategie. Produkte, die diese Eigenschaften aufweisen, können theoretisch immer wieder verwendet oder zumindest hochwertig wiederverwertet werden. Die Materialzusammensetzung von Bauteilen und deren ausgewählte Verbindung sind entscheidend für die sortenreine und unbeschadete Trennung und damit die Wiederwendung oder -verwertung einzelner Materialien. Das vorgesehene Material ist dabei auch auf seine Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Umwelt zu analysieren. Die chemische Zusammensetzung sowie die Inhaltsstoffe und Emissionen von Materialien sind ausschlaggebend für deren mögliche und gefahrlose Nachnutzung. Zur Bewertung kann die von der Environmental Protection Encouragement Agency (EPEA) entwickelte ABC-X-Kategorisierung [4] herangezogen werden. Es handelt sich um ein Ranglistensystem, mittels dessen alle Substanzen eines Produkts nach ihren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt eingeordnet werden können.

Gemäß der ABC-X-Kategorisierung entsprechen wertbeständige und schadstofffreie Materialien der Kategorie A. Diese Materialien enthalten keine problematischen Inhaltsstoffe und können in Kreisläufen zirkulieren. Sie tragen zum Beispiel zu einer guten Innenraumlufthygiene bei, werten das Gebäude dadurch auf und haben darüber hinaus weitreichende positive Aspekte auf die Wertbeständigkeit des Gebäudes. [1]

Bei der ABC-X-Kategorisierung ist das Material auf folgende kreislaufspezifische Parameter zu analysieren:

- Materialmenge,
- Sortenreinheit,
- Bauproduktgestaltung,
- Lebensdauer, Referenzlebensdauer, Dauerhaftigkeit und Obsoleszenz,
- Umwelteinwirkung,
- Verbindungsmittel und Fügung,

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

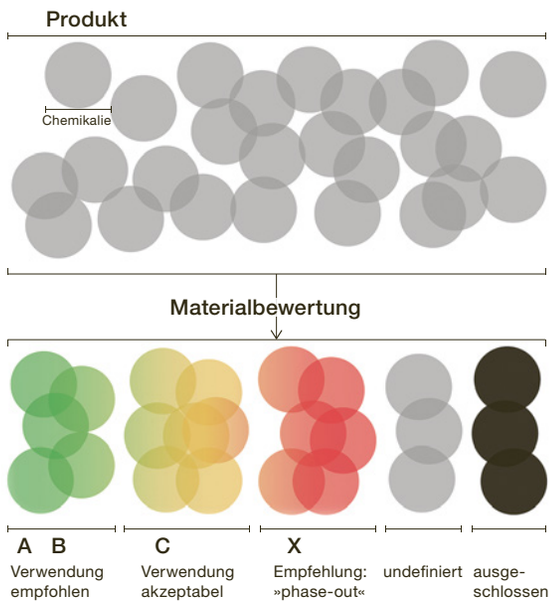


ABB. 4 *ABC-X-Kategorisierung*

- Reversibilität und Flexibilität,
- Zugänglichkeit,
- Recycling- und Nachnutzungsphasen,
- Leasing- und Rücknahmemodelle.

Die Ergebnisse dieser Analyse fließen maßgeblich in die Optimierung des Materialeinsatzes sowie in enger Zusammenarbeit mit den Architekten in die Gestaltung eines Gebäudes ein. Die gewonnenen Erkenntnisse beeinflussen zudem die Detailplanung der Materialverbindungen.

Verbindungsmittel

Bei der Entwicklung kreislaufgerechter Gebäude und Bauteilkonstruktionen kommt der Verwendung von geeigneten Verbindungsmitteln eine wesentliche Bedeutung zu. Bedingt durch die Faktoren »Zeit« und »Kosten« haben chemische Verbindungsmittel wie Verklebungen und Abdichtungen bei der Erstellung von Bauwerken in den vergangenen Jahrzehnten stark zugenommen. Chemische Verbindungsmittel jeglicher Art tragen jedoch dazu bei, dass Materialschichten nicht mehr sortenrein getrennt werden können. Selbst viele der bereits etablierten reversiblen Verbindungsmittel wurden unter dem Aspekt einer schnelleren Montage auf den Baustellen entwickelt und nicht, um die Demontage einzelner Bauteilschichten zu ermöglichen.

Generell sollten daher Verbindungsmittel zukünftig von Architektinnen und Architekten in Details entworfen, explizit benannt, kontrolliert und dokumentiert werden. Sind aus den Bauplänen keine Verbindungsmittel ersichtlich, wird dadurch die Auswahl der Verbindungen unbewusst (oder bewusst) dem Handwerker auf der Baustelle überlassen. Im Entwurf ist abzuwägen, ob Materialschichten durch reversible oder stoffgleiche Verbindungsmittel gefügt werden sollen und dadurch die Flexibilität in der Nutzungs- und Rückbauphase sichergestellt wird. Neben den klassischen Fügetechniken müssen auch neue, innovative Verbindungsmittel entwickelt werden. Immer häufiger werden zudem bereits vergessene, frühere handwerkliche Fügetechniken in kreislaufgerechten Entwürfen weiterentwickelt oder neu interpretiert.

Werkzeuge für die Planung und Dokumentation

Die Planung eines kreislaufgerechten Gebäudes bedeutet die Berücksichtigung von kreislaufgerechten Planungsparametern und den Einsatz dafür geeigneter Werkzeuge. Eine Darstellung der Materialkennwerte, der Verortung der Materialien und ihrer Mengen ist unumgänglich, um unsere gebaute Umwelt als zukünftiges Materiallager erfassen zu können. Die Darstellung und Dokumentation von Rohstoffwerten sowie Rückbauplänen einzelner Gebäude und Teile kann mit neuartigen digitalen

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

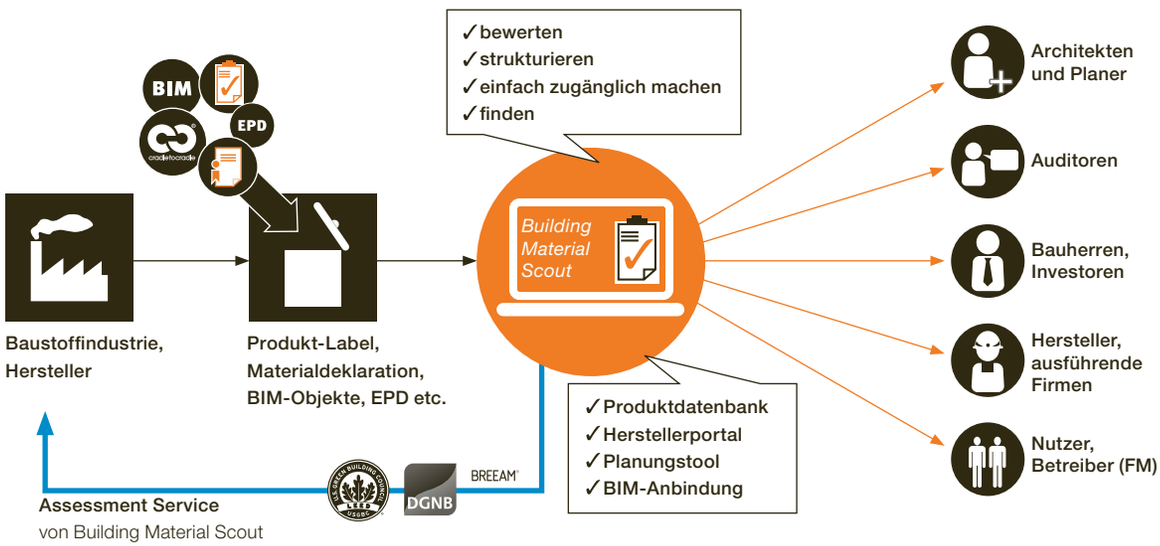


ABB. 5 *Die Materialdatenbank* Building Material Scout *kann als Unterstützung für die Materialauswahl herangezogen werden. [5]*

Werkzeugen, Datenbanken und Plattformen bereits in der Planungsphase erfolgen. Dabei ist genau darauf zu achten, dass den Planern alle notwendigen Informationen zur Verfügung stehen. [1]

Zum Zeitpunkt der Fertigstellung sollten die verbauten Mengen, die Kennwerte und die Rückbaufähigkeit der Materialien und Bauteile eines Gebäudes dokumentiert und gespeichert werden, um zukünftig anhand dieser digitalen Dokumentation Planungssicherheit für eine Wiederverwendung oder -verwertung zu garantieren. Die digitale Beschreibung der kreislauffähigen Faktoren eines Gebäudes, in der Komponenten und Systeme in einem *Urban-Mining-Kataster* zusammengeführt werden, ist für eine zirkuläre Wertschöpfung unumgänglich und stellt für die weitere, auch politische, Umsetzung einen wichtigen Schritt dar. [6]

Die Kostenfrage

Wirtschaftliche Anreize beschränken sich bisher weitestgehend auf die Umsetzung von Nachhaltigkeitsprinzipien während der Nutzungszeit von Gebäuden. Der Fokus bei der Kostenbetrachtung eines konventionellen Gebäudes liegt in der Regel auf den Investitionskosten. Die Frage von Bauherren und Investoren nach den Kosten eines Gebäudes kann aber nicht ausschließlich mit der Betrachtung der Investitionskosten und der Ermittlung des energetischen Verbrauchs beantwortet werden. Strenge Budgetvorgaben und steigende Baupreise verleiten zur Verwendung von kostengünstigen Materialien und nicht reversiblen Fügetechniken. Zahlreiche Entscheidungen über Materialien und Fügetechnik werden zudem auch aus Gewohnheit getroffen. Das vor allem in Süddeutschland bevorzugte Wärmedämmverbundsystem (WDVS) an Fassaden ist ein erschreckendes Beispiel hierfür: Der wirtschaftliche Aspekt der Investition ist bedeutend wichtiger als ein kreislauffähiges Konstruk-

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

tionsprinzip. Die Materialien eines handelsüblichen WDVS können aufgrund der Verklebungen einzelner Schichten und aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung weder sortenrein ausgebaut noch weiterverwertet werden.

Eine präzisere Antwort auf die gestellte Kostenfrage lautet daher, dass in einer Gebäudeplanung die Kosten über den gesamten Gebäudelebenszyklus inklusive eines Rückbaus und einer Nachnutzung betrachtet werden müssen sowie die qualitative Wertbeständigkeit von Materialien und Bauteilen mit eingeschlossen sein muss. In der Regel wird für Lebenszykluskostenberechnungen ein Zeitraum von 50 Jahren zugrunde gelegt. [7] Dieser Betrachtungszeitraum wird von zwei deutschen Gebäudezertifizierungssystemen, dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), für einzelne Nutzungsprofile festgelegt. [7] Für eine vollumfängliche Betrachtung von kreislauffähigen Konstruktionen reicht dieser Zeitrahmen jedoch nicht aus. Die Betrachtung von kreislaufgerechten Konstruktionen liegt bei den oben genannten Berechnungen außerhalb des Blickfelds. Hier besteht ein dringender Bedarf für die Ermittlung von Kostengruppen inklusive der Kostendarstellung von Gewinnen beim Rückbau eines Gebäudes.

Um plausible Zahlen zu erhalten, sind aufwendige Recherchen erforderlich. Im Zuge der Planung des Feuerwehrhauses in Straubenhardt wurden die Kosten für die vorgesehene Bauweise vorbehaltlich der Kostentabelle *Nutzungsdauern von Bauteilen* des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern (BKI) entnommen. Einzelne Kosten für den Mehraufwand bei der Herstellung reversibler Verbindungssysteme werden in den BKI-Kostentabellen nicht explizit ausgewiesen. Planende können anhand der dargestellten Bauteilschichten in den BKI-Kostentabellen nicht erkennen, welche Verbindungsmittel für das kalkulierte Bauteil vorgesehen sind. Zur Kostenermittlung des Feuerwehrhauses in Straubenhardt wurden daher vor der Ausschreibung zusätzlich die Kosten für relevante reversible Verbindungsmittel bei einzelnen Systemherstellern und -anbietern angefragt.

Die Kosten für den Rückbau wurden anhand von Erfahrungswerten aus anderen Projekten wie auch durch Rücksprache mit einzelnen Handwerks- und Abbruchunternehmern ermittelt. Die Analyse einzelner Materialwerte zeigte auf, dass die Nachnutzung bei der Verwendung kurzlebiger und minderwertiger Materialien aus ökonomischer Sicht aufgrund ihres zeitlichen und energetischen Aufwands über den gesamten Lebenszyklus teurer ist als bei der Investition in qualitativ hochwertige, höherpreisige, aber dafür langlebige Materialien. Anhand von Wertanalysen konnte festgestellt werden, dass derartige Materialien zudem einen hohen Wiederverkaufswert zum Zeitpunkt des Ausbaus erzielen, anstatt Entsorgungsgebühren zu kosten.

Die Berechnungen zeigen auf, dass kreislaufgerecht geplante Bauteile über einen Zeitraum von 50 Jahren bei anschließender Wiederverwendung oder -verwertung ökonomisch und ökologisch deutlich besser abschneiden als konventionelle Bauteile. Es wäre wünschenswert, dass Planenden zukünftig mehr Daten zu Rückbaukosten und Materialrestwerten in digitaler Form (z. B. Datenbanken) zur Verfügung gestellt werden.

Für das Feuerwehrhaus in Straubenhardt konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass kreislauffähige Konstruktionen im Lebenszyklus nicht kostspieliger sind – im Gegenteil. Sie amortisieren sich über eine Lebenszyklusphase von mehr als 50 Jahren durch die Wiederverwendung und -verwertung einzelner Bauteile und Materialien. Aufgrund einer genauen Analyse der Bauteilaufbauten konnten die gewählten Konstruktionen und Materialschichten

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

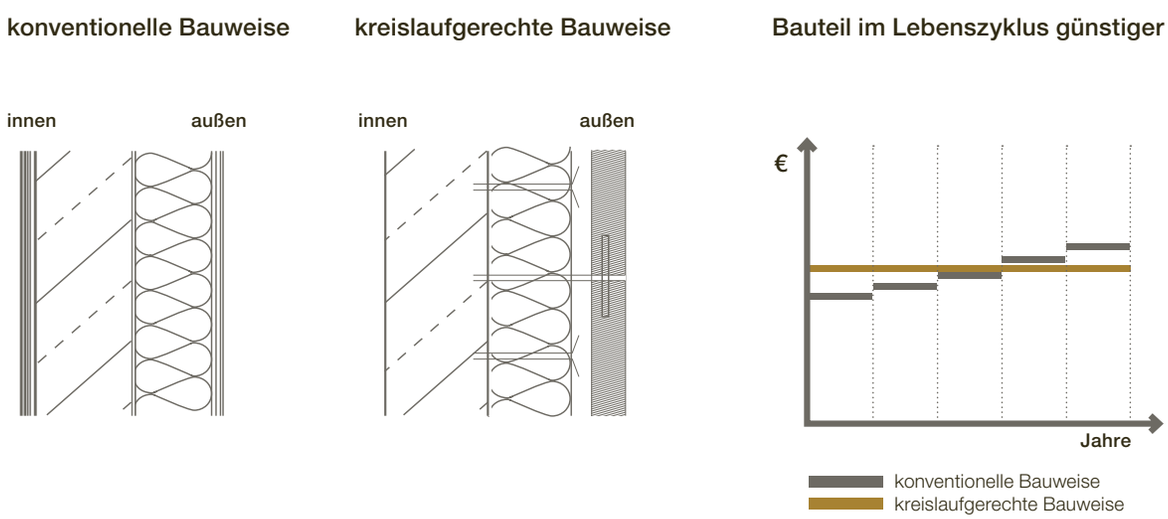


ABB. 6 *Kostenbewertung von Bauteilen, Wandaufbau Beton / Kostengruppe 330 nach DIN 276*

im Voraus für den gesamten Lebenszyklus optimiert werden. Die Optimierung von Konstruktionsmethoden im Hinblick auf ihre Kreislaufgerechtigkeit konnte dazu beitragen, dass einzelne Komponenten in hochwertiger Qualität vorgesehen wurden und zusätzliche Materialschichten entfallen konnten. Dieser Schritt führte letztendlich auch dazu, dass zahlreiche Investitions- und Folgekosten eingespart wurden. Es wurde deutlich, dass Bauteilanalysen hinsichtlich der Inhaltsstoffe einzelner Materialien, ihrer Wertbeständigkeit und der Konstruktionsweisen und Fügungsmittel in der Planungsphase sehr wichtig sind.

Global gesehen sind die Kosten eines Weiter-so – also eines nicht-kreislaufgerechten Bauens – sogar noch größer. Die Umweltauswirkungen der konventionellen Planungen der letzten Jahrzehnte sind heute deutlich sichtbar. Gebäude müssen als abfallfreie Rohstofflager für die Zukunft gestaltet werden, um auf die zu erwartenden Ressourcenengpässe und die daraus resultierenden teuren und CO_2-intensiven Importe von Materialien reagieren zu können. [8] Einfache intelligente Konstruktionen und kreislaufgerechte Planungsleitlinien geben erste Antworten auf die Frage, wie ein notwendiger Paradigmenwechsel herbeigeführt werden kann. Der Neubau des Feuerwehrhauses zeigt, dass Funktionalität, Ästhetik und kreislaufgerechte Entwurfspraktiken kein Widerspruch sein müssen. Die beschriebenen Planungs- und Dokumentationsprinzipien sind für eine Nachnutzung von kreislauffähigen Bauteilen und Gebäuden unabdingbar. Wenn bereits heute Potenziale und Problematiken erkannt und dokumentiert werden, können diese in Zukunft in den Gesamtkontext des Rückbaus, der Trennung und der Weiterbehandlung einbezogen werden. Somit können für die kommenden Generationen wertvolle Ressourcen wiedergewonnen sowie Energie und Kosten eingespart werden.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Schneider, Daniela: Cradle to Cradle®. Inspirierte Smart City. In: Etezadzadeh, Chirine (Hrsg.): Smart City. Made in Germany. Wiesbaden: Springer, 2020, vgl. S. 455 – 463

[2] Huber, Joseph: Industrielle Ökologie. Konsistenz, Effizienz und Suffizienz in zyklusanalytischer Betrachtung, VDW-Jahrestagung. Berlin, 2009

[3] König, Holger; Kohler, Niklaus; Kreißig, Johannes; Lützkendorf, Thomas: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. München: Detail, 2009, S. 41

[4] EPEA GmbH (Hrsg.): Unsere Leistungen. URL: https://epea.com/leistungen [Stand: 17.07.2020]

[5] Building Material Scout. URL: https://building-material-scout.com/de-de/ [Stand: 17.07.2020]

[6] Bott, Helmut; Grassl, Gregor; Anders, Stephan: Nachhaltige Stadtplanung. Lebendige Quartiere – Smart Cities – Resilienz. München: Detail, 2018, S. 112

[7] DGNB System (Hrsg.): DGNB Kriterium. Gebäude-bezogene Kosten im Lebenszyklus. URL: https://www.dgnb-system.de/de/gebaeude/neubau/kriterien/gebaeudebezogene-kosten-im-lebenszyklus/index.php [Stand: 17.07.2020]

[8] Umweltbundesamt (Hrsg.): Urban Mining – Rohstoffquellen direkt vor der Tür. Pressemitteilung Nr. 30. Berlin, 2017

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

No-Waste-Vault

Ein Pavillon aus Getränkeverpackungen für New York

Philippe Block ist Ingenieur und Architekt sowie Professor für Architektur und Tragwerk am Institut für Technologie in der Architektur (ITA) der ETH Zürich. Er leitet die Block Research Group (BRG) zusammen mit Dr. Tom Van Mele. Zudem ist Philippe Block seit 2017 Leiter des Nationalen Forschungsschwerpunkts (NFS) »Digitale Fabrikation« und stellvertretender Institutsleiter des ITA.

FELIX HEISEL, DIRK E. HEBEL UND PHILIPPE BLOCK

Für das IDEAS CITY Festival, das vom 28. bis 30. Mai 2015 in New York City stattfand, beauftragte das New Museum einen temporären Pavillon als Veranstaltungsort für Seminare, Vorträge und Ausstellungen. Dem Festivalthema »Die unsichtbare Stadt« folgend, zielte das Projekt darauf ab, das immense Potenzial der unsichtbaren beziehungsweise unterdrückten Ressource »Müll« für den Bausektor und die Nutzbarmachung dieses Potenzials für den architektonischen Entwurf aufzuzeigen. Industrialisierte Gesellschaften blenden durch gut organisierte Abfallentsorgungssysteme gerne die Tatsache aus, dass unser vorherrschendes lineares Wirtschaftsmodell weltweit ein stetig zunehmendes Abfallaufkommen produziert. Wir vergraben oder verbrennen diese Materialien und beruhigen uns gleichzeitig selbst, indem wir dabei von »Lagerung« oder »thermischem Recycling« sprechen. Im Endeffekt zerstören wir jedoch wichtige Rohstoffe, die durch unsachgemäße Behandlung am Nutzungsende (oftmals auch psychologisch bedingt durch deren Bezeichnung als Müll und nicht als Rohstoff) zukünftigen Generationen nicht mehr zur Verfügung stehen. Der kreislaufgerechte Entwurf sowie der Bau, die Nutzung und vor allem der sortenreine Rückbau des Pavillons *No-Waste-Vault*[10] zeigen daher Möglichkeitsfelder auf, wie einerseits durch geschickt gewählte Konstruktions- und Fügungsmethoden und andererseits durch die Auswahl ästhetisch ansprechender Kreislaufprodukte Materialien für den Bausektor erschlossen werden können, die heute noch als technisch nicht ausreichend stabil oder minderwertig betrachtet werden.

Geschreddert und gepresst

Im Jahr 2013 wurden weltweit schätzungsweise 178 Milliarden Getränke in Verpackungskartons konsumiert. [1] Diese Verpackungen bestehen meist aus verschiedenen, miteinander verklebten Materialschichten und gehören daher zur Produktklasse der Verbundmaterialien. Theoretisch könn-

10 Der ursprüngliche Name des Projekts lautete *Waste-Vault*. Nach nochmaliger Überlegung hätte dieser aber eigentlich von Anfang an *No-Waste-Vault* lauten müssen.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

▲ ***ABB. 1*** *Der* No-Waste-Vault *kurz vor der Fertigstellung*

ABB. 2 *Der* No-Waste-Vault *belebte den First Street Garden in New York im Rahmen des IDEAS CITY Festivals 2015.*

ten die einzelnen Rohstoffe (Papier 74 %, Polyethylen 22 % und Aluminium 4 %) sogar relativ gut wieder voneinander getrennt werden. Diese Aufgabe erfordert jedoch spezielle Maschinen sowie große Mengen an Wasser und Energie. Die globalen Wiederverwertungsquoten sind zwar in den letzten Jahren deutlich gestiegen, dennoch wurden noch 2010 allein in den USA rund 430 000 Tonnen Getränkekartons weggeworfen und entsorgt. [2] Ein US-amerikanisches Unternehmen nahm sich dieser Problematik an. In den Fällen, in denen ein Auftrennen der einzelnen Lagen in sortenreine Materialien nicht möglich war, schlug man anstelle der Verbrennung eine Kaskadennutzung vor. Das Ergebnis sind Platten aus geschredderten Getränkekartons, die eine Alternative zu den in den USA sehr häufig verwendeten Gipskartonplatten darstellen sollten.[11] Im Herstellungsverfahren werden die Kartons zunächst mit einer Zerkleinerungsmaschine in kleine Stücke bis 10 mm Durchmesser zerrissen. Anschließend werden sie mit Wärme und Druck auf einem Förderband gepresst und zu Platten weiterverwertet. In diesem Prozess sind weder Wasser noch Klebstoffe oder andere Zusätze erforderlich, da sich der Verbund aus Aluminium, Papier und Polyethylen durch das Aufschmelzen zu einer wasserdichten Einheit verbindet. Die Oberfläche der Platten ist durch farbige Papp- und Aluminiumteile geprägt und erzählt von der Vorgeschichte des Baustoffs. Die Platten werden in Ländern mit hoher Sonneneinstrahlung als Dachbedeckung sehr geschätzt. Das Aluminium reflektiert einen großen Teil der Sonnenstrahlung, was im Vergleich zu klassischen Metalleindeckungen zu besseren klimatischen Bedingungen führt. Darüber hinaus wird auch ein geringerer Lärmpegel mit den Platten erreicht.

11 Anmerkung der Herausgeber: Die Firma ReWall [3], die die Platten herstellte, wurde 2019 von einem Konkurrenten aufgekauft, der die Produktion der Platten seitdem eingestellt hat. Mittlerweile drängen jedoch auch andere Anbieter, vermehrt aus Indien, auf den Markt.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die einmalige Kaskade, die das Material dabei durchläuft, stellt seine Kreislaufgerechtigkeit zunächst nicht infrage. Nach der Verwendung als Plattenmaterial kann das Materialgemisch noch mehrmals vollständig zu neuen Platten wiederverwertet werden, ohne dass dabei mechanische Verluste des Produkts auftreten. Dieses Verfahren wurde beim *No-Waste-Vault* bereits einige Tage nach dem Rückbau des Pavillons angewandt, sodass die daraus gefertigten Platten nun eventuell als Gipsplattenersatz in privaten Badezimmern eine Anwendung finden. Es ist aber ebenfalls nach wie vor möglich, mit erhöhtem Aufwand die sortenreinen Rohstoffe wiederzugewinnen.

ABB. 3 *Die Struktur steht auf 400 Industriepaletten, die für die Dauer der Veranstaltung gemietet und anschließend unverändert zurückgegeben wurden.*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

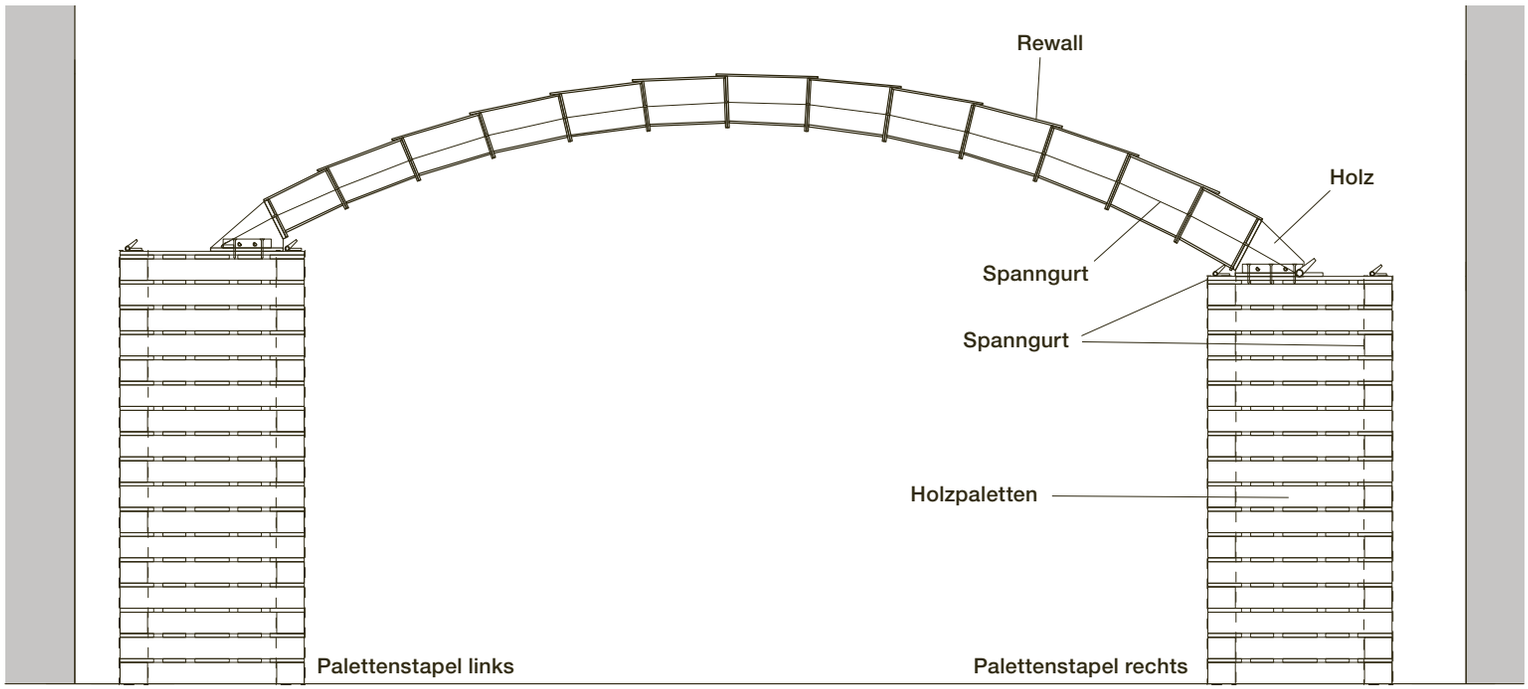
ABB. 4 *Die Oberfläche der Platten offenbart die Geschichte des Rohstoffes: Orange für Orangensaft, Blau für Milch und Schwarz für Wein.*

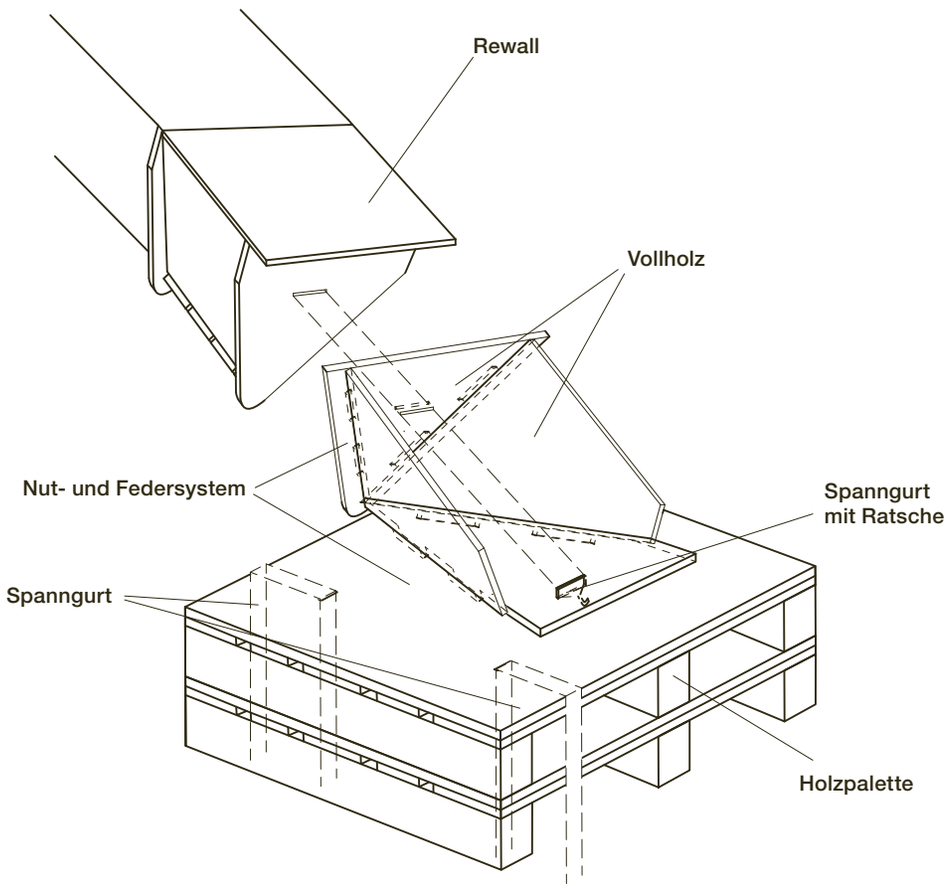
Materialgerecht und kreislaufgerecht

Beim *No-Waste-Vault* wurden die Platten erstmals als statisch tragender Baustoff im Außenbereich eingesetzt. Da sich die in Bezug auf Spannung und Biegung relativ weichen Platten leicht verformen können, optimierte das Team die Form der Struktur, angepasst an die gegebenen Materialkennwerte. Das Ergebnis war eine 90 m^2 große Schale, in der das Material aufgrund der optimierten Geometrie lediglich Druckkräften – und keinem Zug oder Biegekräften – ausgesetzt wurde. Die Schale bestand aus 34 einzelnen, vorgespannten und nebeneinandergereihten Einzelbögen. Im Detail setzte sich jeder Bogen aus dreiecksförmigen Bauteilen zusammen, die aus jeweils drei gefrästen Platten mittels PE-Verpackungsbändern zusammengefügt wurden. Die komplette Schale bestand also aus über 2000 gefrästen Plattenelementen, von denen jedes eine einzigartige Form aufwies, je nach Lage und Kraftverteilung. Die ineinander gesteckte und durch Bänder gesicherte Dreiecksform der Bögen erzielte zudem die notwendige statische Höhe, reduzierte das Gewicht der Struktur und lies eine einfache, kleinteilige Vorfertigung zu. Die Form des Pavillons entstand somit schon fast zwangsläufig aus den aus dem Material abgeleiteten Rahmenbedingungen. Zudem beeinflusste der Bauplatz in einer engen Baulücke zwischen den Gebäuden des First Street Garden die Gesamtform. Um eine ausreichende Raumhöhe zu erzielen, lagerten die Bögen des Pavillons auf temporären, linear angeordneten Stützkonstruktionen entlang der benachbarten Brandwände – aufgeschichtet aus ausgeliehenen Holz-Industriepaletten. An diesen wurden die Bögen mittels Zugbändern (ebenfalls ausgeliehene Spanngurte) befestigt. Das Gewicht der Paletten hielt die Schale am Boden, ohne dabei die Brandwände zu berühren oder invasive Spuren auf der Baustelle zu hinterlassen. Die Auflager bildeten ebenfalls die Bar- und Ausstellungsbereiche, stellten Sitzgelegenheiten bereit und schufen Trennwände oder Bühnen.

Für das Erstellen der einzelnen Elemente eröffnete das Team gegenüber dem Festivalgelände eine Pop-up-Ladenwerkstatt. In dieser Galerie wurden alle Elemente für den Bau der Schale vorbereitet. Der Aufbau im First Street Garden dauerte fünf Tage und wurde in Zusammenarbeit mit lokalen Auftragnehmern durchgeführt. Die Ausstellung *Bauen aus* Abfall, die neben vielen weiteren Veran-

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.





▲ ***ABB. 5*** *Schnittzeichnung durch einen der 34 vorgespannten Druckbögen*

ABB. 6 *Axonometrie des Auflagers einer der Druckbögen auf den Industriepaletten*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 7 *Untersicht der nur auf Druck belasteten Schale*

ABB. 8 *Im First Street Garden fanden während des Festivals diverse Musikveranstaltungen und wissenschaftliche Vorlesungen statt. Im Vordergrund ist die Ausstellung* Bauen aus Abfall *zu sehen.*

ABB. 9 *Das Material ist aufgrund seiner Zusammensetzung wasserabweisend. Durch die Anordnung der einzelnen Platten auf der Oberseite der Schale in Form eines überlappenden Schuppenkleids konnte auf Silikone oder Kleber verzichtet werden.*

staltungen und Diskussionsrunden einen Einblick in die aktuelle Forschung gab, zeigte über 25 Baumaterialien aus der lokalen Ressource »Abfall«. Schließlich wurde der Pavillon innerhalb von Stunden zurückgebaut. Die beschriebene Fügetechnik aus Spanngurten und Paketbändern – ohne jegliche Kleber oder gar Schrauben und Nägel – ermöglichte eine vollständig sortenreine und effiziente Demontage, ohne dabei neuen Abfall zu produzieren. Alle Rohstoffe wurden entsprechend der Prämisse »no waste« lediglich für kurze Zeit ausgeliehen, bevor sie in ihre vorgesehenen Kreisläufe zurückgeführt wurden.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 10 *Das IDEAS CITY Festival fand vom 28. bis 30. Mai 2015 statt. Aufgrund der kurzen Standzeit waren die Aktivierung der urbanen Mine und eine kreislaufgerechte Konstruktion besonders wichtig: ein Gebäude aus Abfall, ohne dabei Abfall zu produzieren.*

Projektangaben *No-Waste-Vault*

Konzept, Entwurf, Bauplanung und Ausführung Assistenz-Professur für Architektur und Konstruktion und Block Research Group – BRG, ETH Zürich

Projektteam Felix Heisel, Dr. Tomás Méndez Echenagucia, Samuel P. Smith, Nicholas Ashby, Ruben Bernegger, Jean-Marc Stadelmann, Edyta Augustynowicz, Diederik Veenendaal, Skyler Silverman, Chinnaya Nwosu, Michael Stirnemann, Marta H. Wisniewska, Dirk E. Hebel und Philippe Block

Auftraggeber New Museum, New York City

Projektträger ETH Zürich, Department Architektur in Zusammenarbeit mit Lukas Fitze / Featurezoo

Projektmanagement ETH Global, Jürg Brunnschweiler

Literatur

[1] Tetra Laval: The Tetra Laval Annual Report 2013 / 2014. Ensuring Food Protection. Pully: Tetra Laval, 2014

[2] Miller, Chez: Profiles in Garbage. Aseptic Boxes & Cartons. URL: http://waste360.com/mag/waste_profiles_garbage_aseptic [Stand: 17.07.2020]

[3] The ReWall Company LLC, ReWallution (ehemals)

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte
Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

4 EIN NEUES MATERIAL-VERSTÄNDNIS

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

FELIX HEISEL
UND DIRK E. HEBEL

Die Bunderepublik Deutschland gilt als rohstoffarmes Land. Auch deshalb importiert Deutschland jedes Jahr rund 642 Millionen Tonnen Materialien. Die tatsächlich verbrauchte Rohstoffmenge ist jedoch wesentlich größer, da Deutschland nicht nur Rohmaterialien, sondern auch Halbzeuge und weiterverarbeitete Produkte (Güter) importiert. Deren Rohstoffverbrauch in den Produktionsländern liegt erheblich über dem, was das fertige Produkt vermuten lässt – und zwar um den Faktor 2,5. Die direkte Materialnutzung der deutschen Wirtschaft liegt daher bei einer Masse von 1,3 Milliarden Tonnen unter Abzug der Exporte. [1] Das deutsche Umweltbundesamt geht davon aus, dass die Masse der direkten Materialnutzung in Deutschland jährlich einem Würfel aus Beton mit einer Kantenlänge von 800 Metern entspricht. Dieses Bauwerk wäre mit Abstand das höchste Gebäude Deutschlands und würde das bisherige – den Berliner Fernsehturm mit 368 m – chancenlos auf Platz zwei verdrängen. Es wäre jedoch nicht nur doppelt so hoch, die Grundfläche wäre ebenfalls doppelt so breit und doppelt so lang, wie der Fernsehturm hoch ist. Jedes Jahr würde ein Bauwerk dieser Größe hinzukommen.

Demgegenüber steht ein nicht minder imposanter Berg aus Abfall: So betrug das deutsche Brutto-Abfallaufkommen im Jahr 2017 rund 412 Millionen Tonnen. [2] Zusammengenommen bedeuten diese beiden Zahlen, dass Deutschland jährlich einen Materialstrom von 1,7 Milliarden Tonnen organisiert und dass die in Gebäuden, Infrastrukturen und langfristigen Gütern – dem anthropogenen Lager – gespeicherten Materialmengen jährlich rasant zunehmen.

Doch wie lange können wir uns dies ethisch, ökologisch und ökonomisch noch leisten? Seit der 1972 vom Club of Rome publizierten Veröffentlichung *Die Grenzen des Wachstums* wissen wir um die Endlichkeit dieses Handelns. [3] Brauchen wir nicht ein neues Materialverständnis, das auf eine reflektierte Wertschätzung dieser immensen Masse an Material zielt und deren Kreislauffähigkeit in den Vordergrund all unseres Tuns und Handelns stellt? Deutschland ist in Anbetracht seiner urbanen Mine schon lange kein rohstoffarmes Land mehr. Diese Aussage könnte aber nahelegen, dass wir aktuell in Bezug auf unsere Materialströme ein ideenarmes Land sind. Die ethischen, ökologischen und ökonomischen Vorteile liegen auf der Hand: Warum Dinge importieren, die doch in großen Mengen bereits vorhanden sind? Warum nicht neue Geschäftsmodelle und damit Arbeitsplätze entwickeln, die von der mehrmaligen Nutzung dieses materiellen Überflusses profitieren? Und warum nicht ein neues Verständnis von Ästhetik und Gestaltung etablieren, das genau hieraus seine Wertigkeit bezieht?

Architektinnen und Architekten kommt hierbei eine sehr wichtige Rolle zu. Sie sind es, die dieses neue Verständnis von Schönheit, Beständigkeit und Nützlichkeit umsetzen und uns die ungeheure Aktualität der Grundsätze eines Vitruvius vor Augen führen können. [4] Sie können eine neue Sehnsucht nach dem Offensichtlichen und ethisch Wertvolleren erzeugen. Die folgenden Kapitel versuchen genau das, indem sie den Kreislaufgedanken als neuen Imperativ des architektonischen Denkens und Planens behandeln und dadurch neue Wege einer Bauforschung fernab eines exklusiven Einmaligkeitsverständnisses von Architektur aufzeigen. Der Entwurf wird zu einem Möglichkeitsfeld mannigfaltiger materieller Konfigurationen und verinnerlicht dabei seine Weiterverwendung als Prototypologie verschiedener Aggregatszustände, im Gegensatz zu einem klassisch-industriellen Prototypen-Denken. [5] Sie erklären die Suche nach einem neuen Rollenbild und behandeln die logistischen und gesetzlichen Voraussetzungen zur Implementierung des Kreislaufgedankens in unser Wirtschaftssystem. Und sie zeigen die Schönheit dieses neuen Materialverständnisses und stoßen dabei die Tür weit auf als Einladung, unsere Materialströme neu zu verstehen, zu entdecken und zu nutzen.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Umweltbundesamt (Hrsg.): Inländische Entnahme von Rohstoffen und Materialimporte. URL: https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/rohstoffe-als-ressource/inlaendische-entnahme-von-rohstoffen [Stand: 17.07.2020]

[2] Umweltbundesamt (Hrsg.): Deutschlands Abfall. URL: https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#deutschlands-abfall [Stand: 17.07.2020]

[3] Meadows, Donella H.; Meadows, Dennis L.; Randers, Jorgen; Behrens, William W.: The Limits to Growth. The Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. New York City: Universe Books, 1972

[4] Die drei Prinzipien des Vitruvius sind Firmitas / Festigkeit, Utilitas / Nützlichkeit und Venustas / Schönheit. In: Marconi, Clemente (Hrsg.): The Oxford Handbook of Greek and Roman Art and Architecture. New York City: Oxford University Press, 1966

[5] Heisel, Felix; Hebel, Dirk E.: Pioneering Construction Materials through Prototypological Research. Biomimetics 4 (2019), Nr. 3, S. 56. URL: https://doi.org/10.3390/biomimetics4030056 [Stand: 17.07.2020]

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kreislaufdenken als neue Systemlogik

Peter van Assche ist leitender Architekt im bureau SLA und Professor für Architektur und Kreislaufdenken an der Amsterdamer Architekturakademie. Die kreislaufgerechten Bauten des bureau SLA sind mehrfach ausgezeichnet und publiziert worden und zeigen einen Weg hin zu einer neuen Systemlogik im Bauwesen auf.

PETER VAN ASSCHE

Im Jahr 1922 erschuf László Moholy-Nagy als frisch berufener Lehrer am Bauhaus in Weimar fünf Kunstwerke, die er *Konstruktionen in Emaille* nannte. Der Erzählung nach beauftragte er eine ortsansässige Emailleschilder-Fabrik mit deren Herstellung, und zwar indem er den Arbeitern seine Vorstellung der Kunstwerke über das Telefon beschrieb. Damit isolierte Moholy-Nagy sich in extremer Weise vom Schaffensprozess selbst, der mit einer Idee beginnt und in einem Kunstwerk endet. Es war die Vorstellung, auf die es ankam. Die Umsetzung dieser Idee, das Objekt, war von untergeordneter Bedeutung und wurde gänzlich anderen überlassen.[12] Moholy-Nagy war ein bedeutender, konzeptionell arbeitender Künstler. Das Produkt eines kommerziellen Schildermachers als Kunst zu bezeichnen, hielt man damals – im Jahr 1922 – für absurd.

Die Kunstwerke *Konstruktionen in Emaille* lehren uns, dass man sehr unterschiedlich mit Material umgehen kann. Man kann Material als eine wertvolle Ressource mit einmaligen Merkmalen verstehen, die durch geschickte Hände in ein Kunstwerk verwandelt werden kann – wie etwa ein Marmorblock, der laut Michelangelo bereits eine Skulptur in sich trägt.[13] Material kann aber auch dazu benutzt werden, eine Idee zu transportieren – wie in den fünf Werken von Moholy-Nagy.

Architektinnen und Architekten beschäftigen sich mit der Wirkungsweise und Komposition von Materialien. Für die meisten Entwerfenden hat dieser Vorgang eine hohe kulturelle Dimension. Intelligente Materialzusammenstellungen zeigen dabei – im besten Falle – neue Qualitäts- und Wahrnehmungsebenen auf. Wie im Beispiel von László Moholy-Nagy, überlassen Architektinnen und Architekten das eigentlich handwerkliche Bauen aber oft anderen. Sie kommunizieren ihre Ideen dabei allerdings nicht über das Telefon, sondern mithilfe von Zeich-

12 Die Konstruktionen in Emaille 2 und 3 sind im Museum of Modern Art in New York ausgestellt. Interessanterweise zog Moholy-Nagy es in seinen späteren Bauhausjahren vor, in Arbeitskleidung fotografiert zu werden, was genau die gegenteilige Haltung verkörpert: der Künstler als Handwerker.

13 *»Der Marmorblock hat die Statue schon in sich, bevor ich mit der Arbeit anfange. Sie ist schon da, ich muss nur das überzählige Material entfernen.«* und *»Ich sah den Engel im Marmor und meißelte, bis ich ihn frei ließ.«* sind beides Zitate, die Michelangelo zugeschrieben werden.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

nungen und bildlichen Darstellungen. Dabei machen sie sich zwar viele Gedanken über die Eigenschaften von Materialien, meist bleibt es jedoch bei dieser distanzierten Planungsebene, ohne selbst bei der Umsetzung Hand anzulegen. Nur sehr wenige arbeiten im Sinne von Michelangelo.

Einige Architektinnen und Architekten betonen die haptischen Qualitäten eines Materials: Sie setzen es zum Beispiel so ein, dass sich die resultierenden Räume warm und gemütlich anfühlen. Andere verwenden Material, um einen speziellen Lichteinfall oder bestimmte Raumatmosphären herauszustellen. So betrachtet kann das Material ein Mittel sein, um Gefühle der Ruhe oder Andacht zu erwecken. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts hatte der Einsatz von Materialien für den sozialen Wohnungsbau eine ausgeprägt soziale Dimension. Es sollte nicht nur gesunder Wohnraum geschaffen, sondern auch das Los der Arbeiterschaft verbessert und die Arbeiterklasse emanzipiert werden. Diese Beispiele zeigen, wie radikal verschieden die kulturelle Herangehensweise an die Materialwahl, ausgehend von einer Idee, sein kann.

Man könnte auch umgekehrt argumentieren: Materialien formen Ideen. Dieses Verständnis wird in den Projekten des bureau SLA angewandt und dabei einer Logik des Kreislaufdenkens gefolgt. Es erscheint plausibel, dass der Einsatz von kreislaufgerechten Materialien zwangsläufig zu einem radikalen Paradigmenwechsel im Bauwesen führen wird – vergleichbar mit den Veränderungen infolge der industriellen Revolution (völlig neue Materialien und Bauprozesse) oder der Erfindung des Aufzugs (als Voraussetzung für den Bau von Hochhäusern). Die Anwendung kreislaufgerechter Materialien wird zu einem Kreislaufdenken führen und folglich die Art und Weise verändern, wie wir bauen, arbeiten und leben. Diesem Wechsel liegt eine neue Systemlogik zugrunde: Materialien werden nicht mehr als anonyme Komponenten betrachtet, die man benutzt und danach entsorgt, sondern als Elemente mit einem eigenen Lebenszyklus, der ernst zu nehmen ist.

Eine lineare Wirtschaft gibt es nicht

Der Umgang mit wiederverwendeten Materialien, beim Entwerfen und im täglichen Leben, führt zwangsläufig dazu, den Lebenszyklus aller materiellen Dinge in unserer Umwelt neu zu bewerten. Die Annahme, dass Materialien eine begrenzte Lebensdauer haben, basiert im Wesentlichen auf der Vorstellung, dass deren Nutzung zeitlich begrenzt ist. Ein Holzbalken ist beim Hausbau nützlich, wird aber nach dem Abriss des Gebäudes wahrscheinlich auf der Deponie oder in der Verbrennungsanlage landen. Seine wirtschaftliche Nutzungsdauer war auf den Einsatz als Bauteil eines Hauses begrenzt, seine inhärente materielle Lebensdauer hätte aber viel länger sein können. Das Grundverständnis einer linearen Wirtschaft beruht darauf, dass nur dieser kurzen Spanne in der Nutzungsphase ein wirtschaftlicher Wert beigemessen wird. Diese begrenzte Sichtweise vernachlässigt viele der negativen (wirtschaftlichen) Aspekte im Lebenszyklus von Materialien – sei es im Rahmen der Gewinnung, der Produktion oder der Entsorgung: Die Abgase der Verbrennung von fossilen Energieträgern zur Herstellung von Produkten sind schädlich für das Klima, stellen ein Gesundheitsrisiko dar und führen dadurch zu höheren Kosten im Gesundheitswesen; Plastikmüll gerät in unsere Nahrungskette, verschmutzt unsere Strände und verändert letztendlich viele unserer natürlichen Ökosysteme. Wenn man daher nicht nur die vordergründige Nutzungsphase betrachtet, erkennt man schnell, dass der Einsatz von Materialien erheblich weitreichendere Auswirkungen auf Umwelt, Gesundheit und Wohlsein und damit auch auf unsere Gesellschaft und Wirtschaft hat. Die Tatsache, dass alle anderen Phasen neben

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 1 *Die Noorderparkbar in Amsterdam besteht vollständig aus wiederverwendeten Materialien.*

▶ ***ABB. 2*** *Der Pavillon ist nicht nur eine Sammlung von wiederverwendeten Materialien, sondern auch eine Sammlung von Geschichten.*

der reinen Nutzungsperiode von Materialien ebenfalls eine immense wirtschaftliche Rolle spielen, wurde bisher einfach ignoriert. Dies zeigt, dass die lineare Wirtschaft keineswegs so linear ist wie angenommen, wir aber die negativen Kreislauffolgen schlichtweg ausblenden. Der voranschreitende ökologische Niedergang unseres Planeten zeigt uns, dass diese Ignoranz nicht länger tragbar ist, wenn wir hier in Würde leben möchten. Mit etwas Abstand betrachtet, ist die sogenannte lineare Wirtschaft nur ein kleiner, durch den Menschen negativ beeinflusster Teil eines größeren, vermehrt gestörten Kreislaufsystems.

Es wäre daher ein intelligentes Vorgehen, wenn wir einen breiteren Nutzen aus Materialien ziehen würden, indem wir nicht nur die akute Nutzungsphase ausloten, sondern auch von den Verwandlungen und Verwertungen profitieren. »Abfall *gibt es nicht.*«[14] ist das Motto eines niederländischen Entsorgungsbetriebs. Damit unterstreicht diese Firma nicht nur ihre Firmenpolitik *»vom Abfallprodukt zum Endprodukt«*, sondern auch, dass sie doppelt verdient: erstens, indem sie für die Abfuhr von Rohmaterial (Müll) bezahlt wird, und zweitens, indem sie das Rohmaterial (Produkt) weiterverkauft. Eine Anwendung dieses Geschäftsmodells auf andere Wirtschaftszweige würde interessante Perspektiven eröffnen!

Wieder ist das neue Neu

Eines der ersten Projekte, mit denen bureau SLA diese neue Material-Logik untersuchte, wurde durch mangelnde finanzielle Mittel gefördert. Der Bauherr, ein Pianist, wünschte einen rückwärtigen Anbau an seinem Haus als Übungsraum, wofür nur ein sehr kleines Budget zur Verfügung stand. Die Lösung für diese fast unmögliche Aufgabe fand sich auf dem Online-Marktplatz »Marktplaats« (das niederländische Äquivalent zu »eBay«). Hier wurden

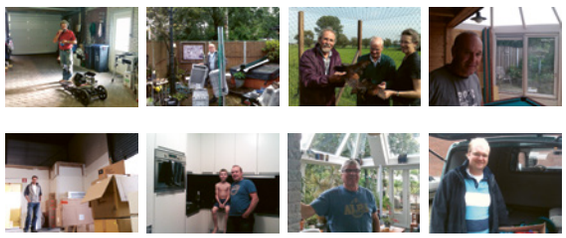
14 Firma Renewi

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kleinigkeiten

3 Kilometer Holz

Werkzeuge

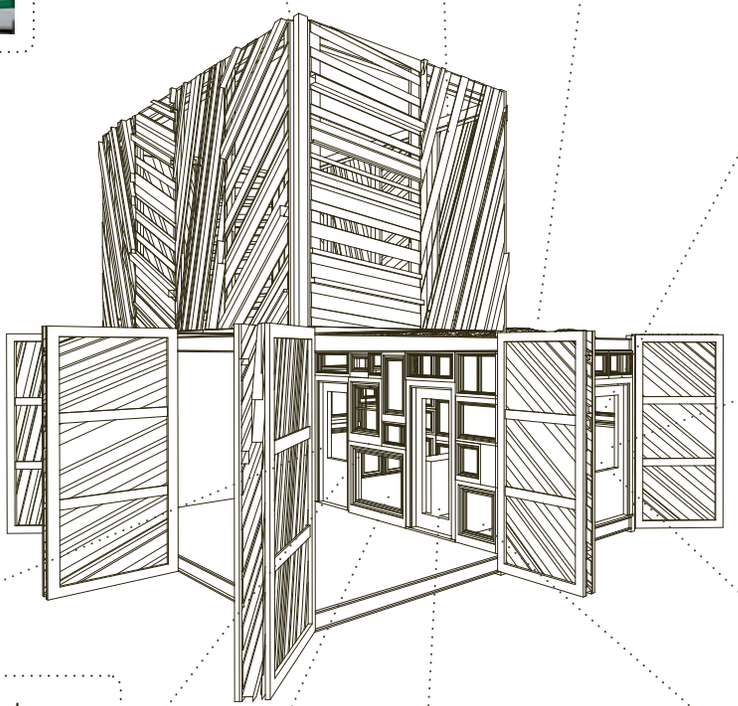


12 Dachfenster

3 Stahlrahmen

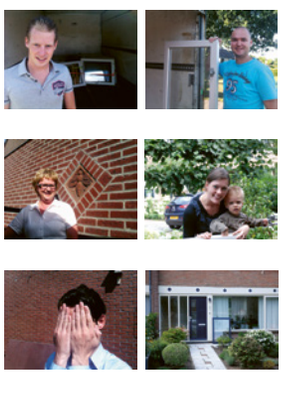
Beleuchtung

1 LKW



Sanitär

42 Fensterrahmen



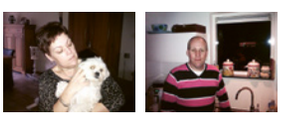
Unterbau

Folie

20 m²
grüne Fliesen

Boden

6 m² weiße Fliesen



https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 3 *Das neue Gebäude für das Amsterdamer Amt für Straßeninstandhaltung experimentiert mit mehreren kreislaufgerechten Konzepten: Es ist für die Wiederverwendung konzipiert, besteht aus wiederverwendeten und -verwerteten Materialien und stellt somit einen neuen Entwurfsansatz dar.*

sehr gut erhaltene gebrauchte Fenster sehr günstig angeboten, wenn auch in ungewöhnlichen Größen. Die Qualität der hölzernen Fensterrahmen war ausgezeichnet, weder morsch noch verwittert. Auch das Isolierglas war unversehrt und entsprach einem guten Wärmedämmstandard. Der einzige Nachteil waren die ungewöhnlichen Dimensionen, z. B. ein Fenster mit den Maßen 1,54 × 1,78 m. Innerhalb einer halben Stunde konnten genügend gebrauchte Fensterrahmen in perfektem Zustand aufgetrieben werden, um daraus eine Fassade für unter 2 000 Euro (einschließlich Transportkosten) zu entwerfen.

ABB. 4 *Die Fassade besteht aus Pflastersteinresten, die zuvor auf einem weit entfernten Gemeindehof gelagert wurden. Um diese vielen verschiedenen Steinarten mit einer ebenso großen Vielfalt an hydrophoben Eigenschaften kombinieren zu können, musste ein spezieller Mörtel entwickelt und getestet werden.*

Der Auftrag für den Entwurf eines kleinen Cafés im Norden Amsterdams, der Noorderparkbar, bot eine umfassendere Gelegenheit, das Potenzial von wiederverwendeten Materialien zu erforschen. In Zusammenarbeit mit der Agentur Overtreders W untersuchte bureau SLA einen neuen Entwurfsansatz für den Einsatz von Materialien: Der ganze Pavillon wurde aus wiederverwendeten Bauteilen errichtet – ohne jegliche Ausnahme. Die Dokumentation wurde ernst genommen: Beim Ankauf jedes dieser Elemente wurden Aufnahmen der vorhergehenden Anwendungen und Besitzer gemacht. Der Pavillon sollte nicht nur ein Bauwerk aus wiederverwendeten Materialien sein, sondern auch eine Sammlung von Geschichten. Mithilfe dieser Dokumentation

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

erhielten alle Materialien – sei es ein Fensterrahmen oder ein übrig gebliebener Eimer weiße Farbe – eine Geschichte und Identität und damit einen Wert.

Obgleich gebrauchte Materialien verwendet wurden, sollte der Pavillon neu und frisch aussehen. Das Ziel war, sich so weit wie möglich von der Vorstellung zu entfernen, dass ein Entwurf aus gebrauchten Materialien wie ein Sammelsurium von Flohmarktartikeln aussehen muss. Folgende Fragen standen im Raum: Was wäre, wenn die Verwendung von gebrauchten Materialien Gestaltungsmöglichkeiten eröffnet, die mit neuwertigen Materialien nie erreicht werden könnten? Ist es möglich, eine neue Gestaltungssprache zu entdecken? Und kann Wiederverwendetes vielleicht sogar attraktiver sein als Neues?

Bureau SLA hat diesen Ansatz im Rahmen eines weiteren Projekts getestet: ein Bürogebäude für das Amsterdamer Amt für Straßeninstandhaltung. Das Hauptmerkmal dieses Gebäudes sind übrig gebliebene Pflastersteine, die zuvor auf einem entfernten Lagerplatz der Gemeinde aufbewahrt wurden. Um die vielen verschiedenen Steinarten mit ihren ebenso vielen wasserabweisenden Eigenschaften kombinieren zu können, musste zunächst ein spezieller Mörtel entwickelt werden. Als Nächstes wurde ein Katalog aller Pflastersteine auf dem Lagerplatz erstellt, der für die Entwicklung der neuen Gebäudefassade als Entwurfsgrundlage diente.

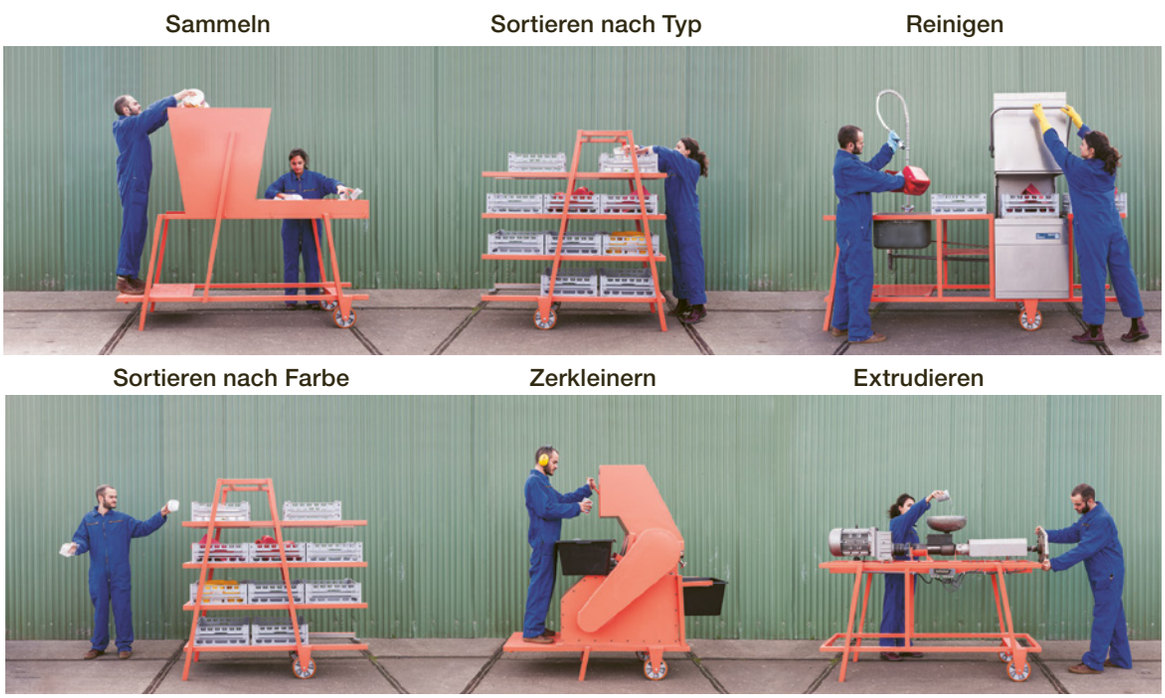


ABB. 5 *Das erste Pretty-Plastic-Werk bestand aus sechs selbst gebauten Maschinen, die mit einem Team von vier Personen 100 einzigartige, wiederverwertete Fliesen pro Tag herstellen konnten.*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 6 *In der Kombination aus Pretty-Plastic und handelsüblichen grauen Recycling-Kunststoffpaneelen aus Pferdeställen konnten Innenelemente fast vollständig aus wiederverwertetem Kunststoffabfall hergestellt werden.*

Abfall als Rohstoff

In einem weiteren Kooperationsprojekt von bureau SLA und Overtreders W in Amsterdam Noord mit dem Titel *Pretty Plastic*, wurde versucht herauszufinden, wie man die ungenutzten Phasen im Leben von Plastik aktivieren könnte. Der Auftrag lautete, »etwas« mit den Tonnen an Plastikmüll des Stadtviertels zu machen. Das Metier des bureau SLA ist die Architektur und daher erschien es sinnvoll, den Müll in ein nützliches Fassadenmaterial zu verwandeln. Auf keinen Fall sollten Schlüsselanhänger, Vasen oder Lampenschirme produziert werden, da das Material ein besseres Los verdiente, als in einem weiteren unnützen Konsumgut zu enden. Wie wäre es, wenn aus einer Shampooflasche ein dauerhaftes und schönes Fassadenelement werden könnte? Eines ist sicher: Der kommerzielle Wert würde dadurch erheblich gesteigert. Die Frage war, wie das aussehen könnte. Sollten die Fassadenelemente die bekannte Ästhetik von Plastikprodukten nachahmen oder könnte der Plastikmüll dabei helfen, eine neue Gestaltungssprache zu entwickeln? Wie schon bei der Noorderparkbar war das Ziel, das volle Designpotenzial von Abfall auszuloten.

Als Erstes fand eine Besprechung der Ideen mit Experten aus der Kunststoffherstellung statt, die sich bald als Sackgasse entpuppte. Industrielle Kunststofffertigung basiert auf der Produktion großer Stückzahlen mit identischen Eigenschaften in hoher Geschwindigkeit. Das erfordert riesige und sehr komplizierte Maschinen und den Einsatz von Neumaterial. Hier war jedoch Vielfalt im Produkt gewünscht. Der Reiz bestand darin, dass man dem Produkt aufgrund des sichtbaren Angusses den Extrudierprozess ansehen konnte, dass jedes Produkt unterschiedlich war. Auf diese Wunschvorstellungen reagierten viele Kunststoffhersteller mit Stirnrunzeln. Eine schnelle Serienproduktion war notwendig, aber gleichzeitig wurde Wert auf Handwerk gelegt. Daraus resultierte der Entschluss, eine eigene Kunststoff-Recycling-Fabrik zu entwerfen und zu bauen: das Pretty-Plastic-Werk. Sechs gut ausgelegte, tischgroße Maschinen erledigten die Aufgabe. Mit vier Arbeitskräften konnten etwa 100 Fassadenfliesen pro Tag hergestellt werden. In Kombination mit handelsüblichen, grauen Recycling-Kunststoffpaneelen (aus Schweinefarmen und Pferdeställen) wurde eine Reihe Lesekabinen für den Innenbereich entworfen und gebaut, die – mit Ausnahme der Stahldrähte, Schrauben und Leuchten – zu 100 % aus den Kunststoffabfällen der Gemeinde bestehen.

Durch den Erfolg des Pretty-Plastic-Werks zeigten kommerzielle Kunststoffhersteller plötzlich Interesse. In Zusammenarbeit mit einer Kunststoff-Recycling-Firma aus Belgien[15] entstand eine Produktionsstätte für Pretty-Plastic-Fassadenfliesen, die aus 100 % weiterverwertetem Kunststoff hergestellt werden. Das Produkt hat zwischenzeitlich alle notwendigen Zulassungen als Fassadenmaterial erhalten. Der Produktionsprozess folgt weiterhin dem gleichen Ansatz, allerdings werden nun täglich etwa 500 Fliesen produziert. Der Verkaufspreis von 88 €/m^2 hält dem Wettbewerb mit konventionellen Fassadenplatten stand.

15 Firma Govaplast

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 7 *Pretty-Plastic-Fassadenplatten bestehen zu 100 % aus wiederverwerteten Plastikabfällen und sind seit 2020 kommerziell erhältlich.*

Ein einfacher Ansatz zur Materialdynamik: Aggregatszustände

Für ein wirkliches Kreislaufdenken brauchen wir eine sehr enge Beziehung zu unseren Baumaterialien. Wir müssen uns damit vertraut machen, für welchen Zweck wir ein Material zu den unterschiedlichen Zeiten seines Lebenszyklus einsetzen. Wir müssen uns darüber klar werden, dass wir dem Kreislauf eines Baumaterials durch dessen Einsatz eine neue Richtung geben. Wenn wir in den natürlichen Kreislauf eines Materials eingreifen (wie dies im Bau geschieht), müssen wir seinen zukünftigen kommerziellen Wert sicherstellen. Das gebaute Objekt ist insofern nicht das (alleinige) Ziel des Entwurfs-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 8 *Die Fassade des 3 000 m² großen Pavillons besteht aus Lagermaterialien in Standardgröße, die mit Klemmsystemen montiert werden.*

prozesses. Vielmehr muss der Entwurf neben dem ersten Bauwerk auch bereits das nächste im Auge behalten. In einem vom Kreislaufdenken geprägten Entwurfsprozess ist es daher wichtig, dass wir auch das *Nachleben* des Gebäudes mit entwerfen.

Im Lauf der letzten Jahrzehnte wurden viele neue Ansätze zur Systemlogik einer Kreislaufwirtschaft formuliert. Beispiele sind die Konzepte der Ellen MacArthur Foundation, das Schichtenmodell von Stewart Brand, der Cradle-to-Cradle-Ansatz, die 10 R der Kreislaufwirtschaft, die 7 R des Recyclings und so weiter. All diese Logiksysteme zielen darauf ab, den verantwortungsvollen Umgang mit Materialien im Entwurfs- und Bauprozess zu verankern.

In der Physik finden wir eine einfache Definition der Dynamik von Materialien – die Aggregatzustände. Materie kann in vier verschiedenen Formen vorkommen: fest, flüssig, gasförmig und als Plasma. Nehmen wir Wasser als Beispiel. Hier können drei der Aggregatzustände leicht unterschieden werden: flüssig, fest (als Eis) und gasförmig (als Dampf). Wenn Eis schmilzt, wird es Wasser; wenn man Wasser erhitzt, verwandelt es sich in Dampf. Das Bewundernswerte an diesen Vorgängen ist, dass – egal wie oft diese Umwandlungsprozesse vollzogen werden – die Qualität des Wassers immer gleich bleibt. Das Wasser aus dem Wasserhahn hat zuvor über Millionen Jahre in den unterschiedlichen Aggregatzuständen existiert – und ist immer noch dasselbe Wasser. Um den Aggregatzustand zu ändern, brauchen wir nur eines: Energie.

Im Idealfall trifft dieses Prinzip auch auf Baumaterialien zu. Es sollte keinen Unterschied machen, ob ein Stück Holz heute ein Teil eines Hauses und morgen ein Bilderrahmen ist. Materialien sollten, ähnlich wie Wasser, ohne Qualitätsverlust von einem Aggregat- oder Nutzungszustand in einen anderen übergehen können. Architektinnen und Architekten können die Regisseure dieser Übergänge zwischen Aggregatzuständen sein. Und entsprechend entworfen entstehen dabei – wie beim Wasser – keine Qualitätsverluste.

Die folgenden Abschnitte beschreiben zwei Beispiele für temporäre Bauten, die jeweils als eine Manifestation eines möglichen Nutzungszustands entworfen wurden: Der erste (nicht gebaute) Entwurf von bureau SLA ist ein temporäres Ausstellungsgebäude für ein globales Unternehmen. Die Firma bewegt sich langsam in Richtung nachhaltiger Produktionsmethoden und wollte mit diesem Pavillon ihre Ambitionen bezüglich Nachhaltigkeit zum Ausdruck bringen. Der Pavillon sollte für Besprechungen, Vorführungen und die Bewirtung von Gästen genutzt werden. Der Vorschlag von bureau SLA für einen Pavillon mit einer Grundfläche von 3 000 m² basiert auf 108 Einheiten, die mehrstöckig in verschiedenen Funktionseinheiten arrangiert werden können. Nach der Pavillonnutzung können die

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

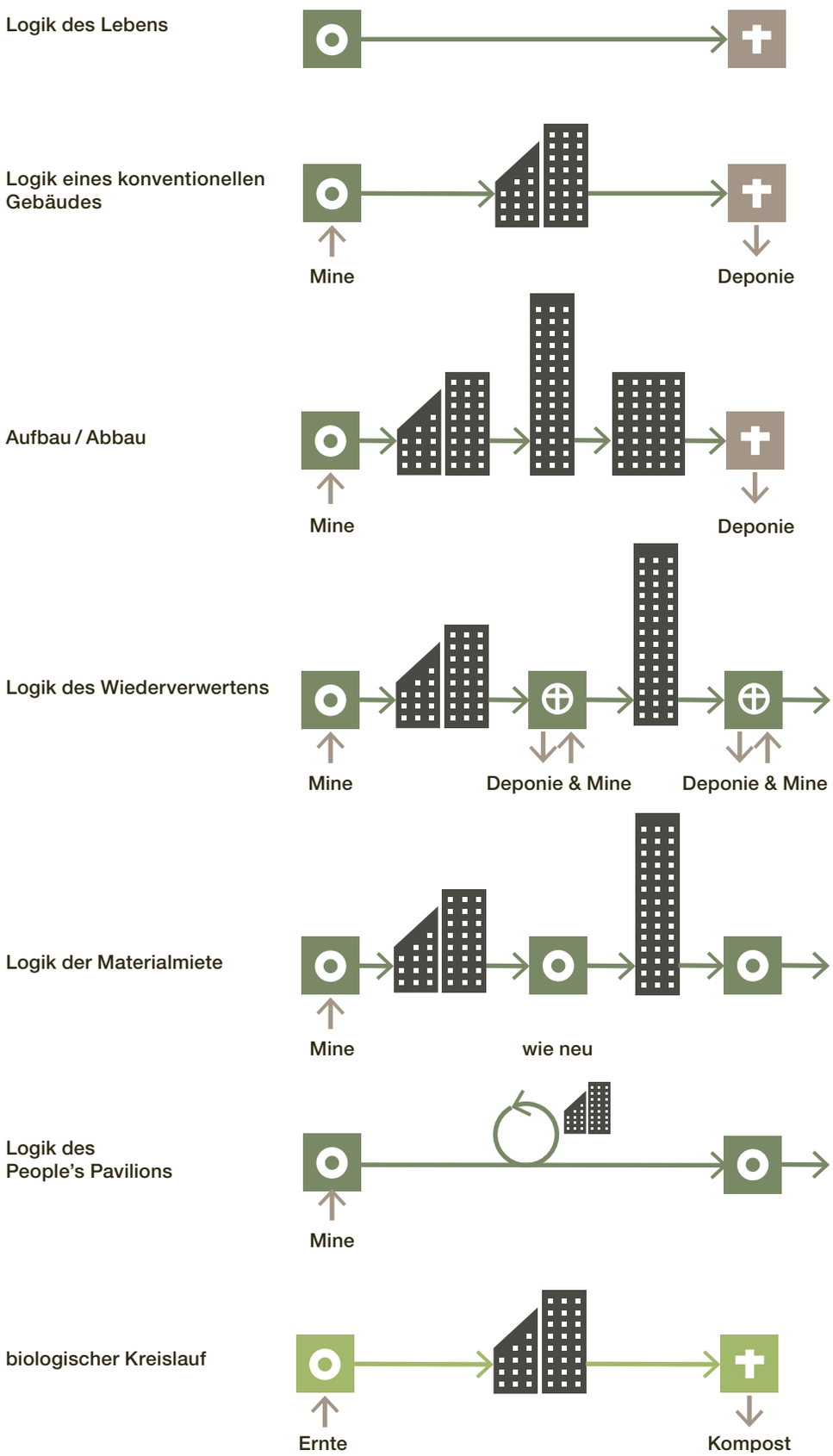


ABB. 9 *Die Diagramme zeigen verschiedene einfache und direkte Methoden eines kreislaufgerechten Bauens.*

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

▲ ***ABB. 10*** *Der* People's Pavillon *auf der Dutch Design Week 2017*

ABB. 11 *Die Pretty-Plastic-Fassadenfliese ist ein Produkt, das der konventionellen Systemlogik trotzt: Jede wiederverwertete Plastikfliese ist anders.*

Einheiten neu zusammengefügt werden, etwa als Schule, Wohnhaus oder neuer Pavillon. Die modulare Konstruktion des Baus erlaubt dabei verschiedene Kombinationen und Nutzungsszenarien. Jede der 4 × 4 × 12 Meter großen Einheiten ist aus wiederverwerteten Materialien geplant und wieder in ihre Einzelteile zerlegbar. Die Komponenten können dann auf der Materialebene wiederverwendet werden.

Der Entwurf sah für die Fassade des Pavillons die Verwendung von bereits am Markt erhältlichen Produkten der Wiederverwertung, wie Polykarbonat- oder Glaskeramikplatten vor. Durch den Einsatz in normalen Produktionsgrößen müssen die Paneele nicht geschnitten werden. Aufgrund der

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

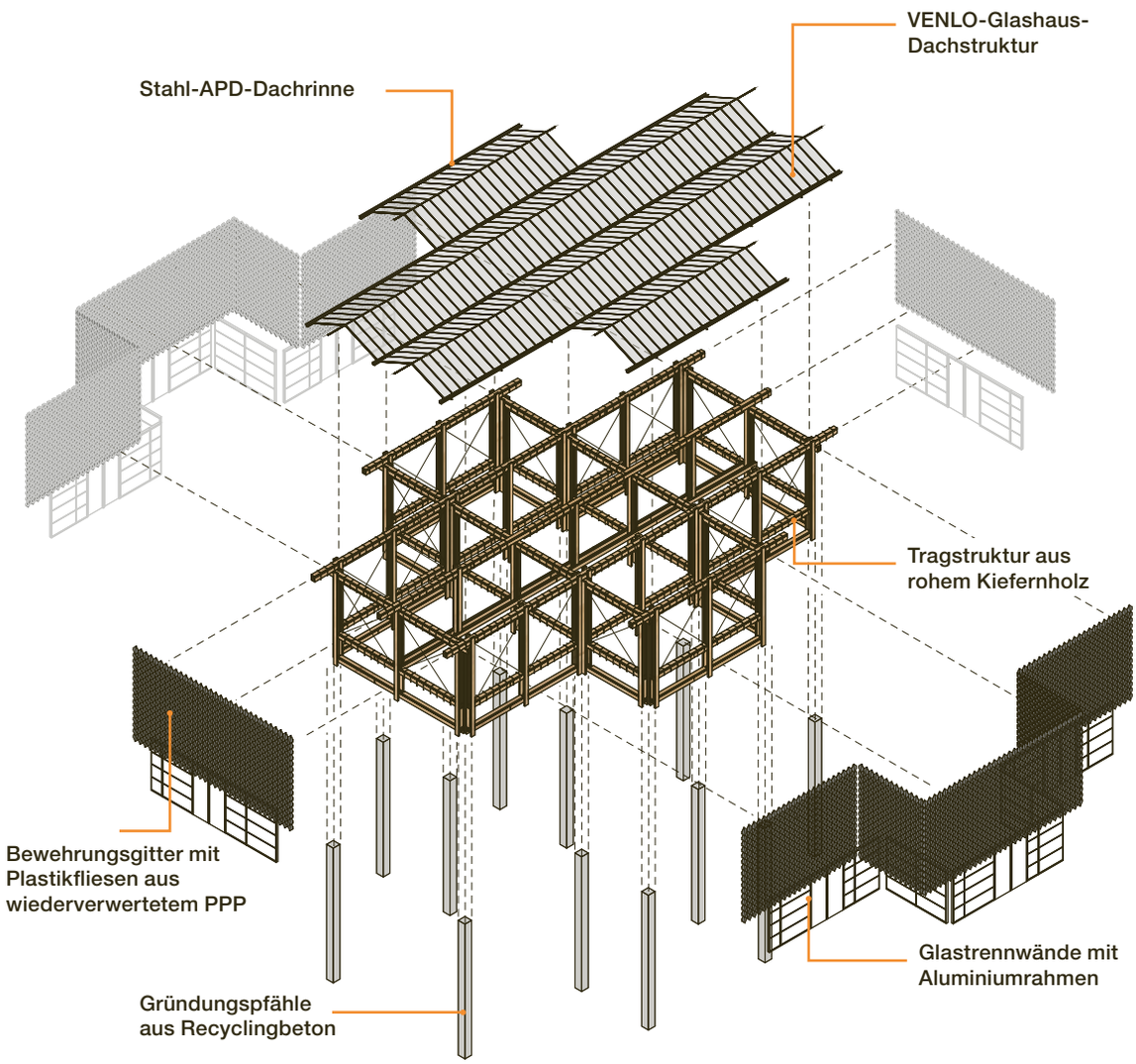


ABB. 12 *Alle Baumaterialien – wiederverwertet und neu – wurden von den Lieferanten und Anwohnern ausgeliehen und nach der Veranstaltung unbeschädigt zurückgegeben.*

reversiblen Montage durch Klemmung sind auch keine Bohrungen notwendig. Der Entwurf sieht insofern Nutzungszustände auf verschiedenen Ebenen vor: Die 108 Einheiten des Baus können in sich unverändert zu neuen Kompositionen zusammengefügt werden. Außerdem können die Einheiten in standardisierte und unbeschadete Materialien zerlegt werden, die dann wiederum in neuen Bauprojekten eingesetzt werden können.

Das zweite Beispiel ist ein ausgeführtes Projekt für die Dutch Design Week 2017. Der Auftraggeber, die Dutch Design Foundation, benötigte einen zentralen Pavillon als Hauptveranstaltungsort für Vorträge, Empfänge, Preisverleihungen und Diskussionen während der neuntägigen Veranstaltung. Außerdem sollte der Pavillon in Bezug auf Nachhaltigkeit im Bauwesen ein Ausrufezeichen setzen. Auf den ersten Blick erschienen diese Wünsche widersprüchlich und überambitioniert. Wie kann man ein Gebäude mit einer Nutzungsphase von etwas mehr als einer Woche als nachhaltig bezeichnen? Die Anmietung eines Zirkuszelts schien die nachhaltigste Lösung für diesen Auftrag. Doch dann kam dem bureau SLA und Overtreders W der Gedanke, dass dieses Gebäude ein perfektes Beispiel für die intelligente und emissionsfreie Wiederverwendung von vorhandenen Materialien werden könnte. Wenn alle Materialien, die für den Bau eines Pavillons für 600 Personen benötigt werden,

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ausgeliehen und nach neun Tagen in neuwertigem Zustand wieder zurückgegeben werden könnten, wäre die ökologische Belastung gleich null. In diesem Falle wäre es sogar unwichtig, ob wiederverwertetes Material oder Neuware benutzt wird. Allerdings gab es eine Bedingung: Alle Materialien mussten unbeschädigt bleiben, das heißt, der Bauprozess musste ohne Schrauben, Kleben, Sägen oder Bohren auskommen, was die Entwicklung neuer Konstruktionsmethoden nach sich zog. In Zusammenarbeit mit Ingenieuren von Arup Amsterdam und der Technischen Universität Eindhoven wurde die Methode der *Stacks and Straps* (das Zusammenbinden vieler einzelner Komponenten) entwickelt, mit der das 250 m^2 große Gebäude gebaut und – nach der Nutzungsphase – wieder in seine Ausgangskomponenten zerlegt werden konnte. Die Kreisläufe all dieser Materialien waren nach wie vor unverändert: 50 m^3 Holzbalken gingen zurück in die Lager der Firmen, das Glasdach wurde wieder auf dem Glashaus montiert, von dem es ausgeliehen worden war, und die 150 Jahre alten Bänke nahmen wieder den Platz in ihrer Kirche in Amsterdam ein. Die Fassade des Pavillons bestand aus 9 000 Pretty-Plastic-Fliesen aus weiterverwertetem Kunststoffmüll der Einwohner Eindhovens. Als ein materielles Zeichen der Anerkennung seines Beitrags konnte jeder Bewohner nach der Veranstaltung eine oder mehrere Fliesen mitnehmen – womit sich auch dieser Kreislauf schloss.

Das Ausleihen der Materialien für neun Tage (bzw. zwei Monate, einschließlich der Bauzeiten) eröffnet neue Perspektiven. Wäre es möglich, dass sich eine neuntägige Miete in eine neunjährige Pacht verlängern ließe? Kann man ein Gebäude errichten, dessen Materialien nach jahrelanger Nutzung neuwertig zurückgegeben werden? Das ist möglich!

Paradigmenwechsel

Der Imperativ des Kreislaufdenkens führt zu einem Paradigmenwechsel. Die Geschichte lehrt uns, dass die Erfindung innovativer Konstruktionssysteme und neuer Baumaterialien sowie industrieller Bauprozesse zu einem radikalen Wechsel in unserer Lebens- und Arbeitsweise geführt hat. Neue Materialoptionen haben nicht nur zu neuen Bauweisen geführt, sondern haben auch neue Gesellschaften gebildet, unter anderem die sogenannte Wegwerfgesellschaft. Wir stehen erst am Anfang des Übergangs von einem linearen Modell zu einer Kreislaufwirtschaft, aber die Auswirkungen dieser neuen Systemlogik werden sich auf mehr als nur den Einsatz von Material und die Wahl der Baumethode erstrecken.

Wie die o. g. Experimente gezeigt haben, wird ein Kreislaufdenken zu einer neuen Ästhetik und zu neuen Typologien im Bauwesen führen. Die neue Rolle, die wiederverwendete und wiederverwertete Materialien im Baubereich einnehmen, führt auch zu kulturellen Veränderungen, die wir noch nicht vollends absehen, aber schon erahnen können.

Unsere Gesellschaft steht vor Problemen, die das konventionelle Denken und Handeln nicht zu lösen vermag. Möglicherweise kann uns ein Kreislaufdenken neue Lösungen aufzeigen, wie zum Beispiel die Schaffung erschwinglichen, städtischen Wohnraums, die nachhaltige, auch energetische, Sanierung von Wohnanlagen aus der Nachkriegszeit oder die Erstellung altersgerechter Wohnungen aussehen und funktionieren können. Wenn wir anfangen, Materialien in ihren endlosen Lebenszyklen ernst zu nehmen, anstatt nur einen kleinen Teil ihrer Lebensdauer zu nutzen, werden wir einen enormen gesellschaftlichen Gewinn daraus ziehen. Dies wird nicht nur die Nutzung von Materialien verbessern, sondern auch unterbrochene Kreisläufe auf unserem Planeten wieder schließen.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Materialpässe und Materialkataster für die Dokumentation und Planung

FELIX HEISEL UND
SABINE RAU-OBERHUBER

Sabine Rau-Oberhuber ist Spezialistin für Kreislaufwirtschaft und Mitbegründerin von *Turntoo*, dem ersten auf die Kreislaufwirtschaft spezialisierten Unternehmen der Niederlande. Sie begleitet Organisationen bei der Entwicklung und Implementierung von Strategien und Geschäftsmodellen für die Kreislaufwirtschaft und ist Gastdozentin an verschiedenen Universitäten. Außerdem ist sie Mitbegründerin von *Madaster* und Co-Autorin von *Material Matters*.

Die Gebäude von heute sind die Materiallager von morgen. Diese Prämisse setzt ein radikales Umdenken in der Art und Weise voraus, wie Ressourcen innerhalb der Bauindustrie und der gebauten Umwelt verwaltet werden. Ähnlich einer Lagerhaltung, müssen die Materialbestände und -flüsse von Gebäuden, Städten und Regionen im Auge behalten und antizipiert werden. Das Ziel muss es sein, zu inventarisieren, zu dokumentieren und (zum richtigen Zeitpunkt) zu kommunizieren, welche Materialien in welchen Mengen und Qualitäten wo und zu welchem Zeitpunkt in der Zukunft zur Wiederverwendung oder -verwertung verfügbar werden. [1] Die Auswirkungen auf den Entwurfs- und Bauprozess, die Liefer- und Wertschöpfungsketten innerhalb der Bauindustrie sowie die Datengenerierung und -verwaltung sind erheblich und stehen derzeit im Mittelpunkt verschiedener globaler Forschungsinitiativen. [2] – [6]

Das kreislaufgerechte Bauen erfordert folglich detaillierte Datensätze, um Materialflüsse zu verstehen und ihre Kreisläufe schließen zu können. Vor diesem Hintergrund ist das Konzept der Materialpässe entstanden. [7] – [9] In den letzten Jahren wurden mehrere Produktlösungen entwickelt, die entweder kurz vor der Marktreife stehen oder gerade erst auf den Markt gekommen sind. [10] – [12] Im Allgemeinen versteht man unter Materialpässen ein digitales Inventar aller in einem Gebäude verbauten Materialien, Komponenten und Produkte sowie detaillierte Informationen über Mengen, Qualitäten, Abmessungen und Positionen aller Materialien. Neben dieser gründlichen Dokumentation auf der Ebene des einzelnen Gebäudes stellt zudem die Standardisierung und zentrale Registrierung solcher Pässe auf Materialpass-Plattformen oder in offiziellen Katasterplänen eine Voraussetzung für ein zirkuläres Ressourcenmanagement in der gebauten Umwelt dar. [13]

Zur Erläuterung dieses Vorgehens dient hier die Fallstudie der *Urban Mining and Recycling Unit* auf der Materialpass-Plattform *Madaster* sowie die anschließende Berechnung einiger Indikatoren für kreislaufgerechtes Bauen auf Basis dieser Datengrundlage. Die in den Niederlanden gegründete Plattform ist als Onlineregister eingerichtet und stellt

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

privaten, industriellen und staatlichen Benutzern sowohl die Datenbank als auch Software und Werkzeuge zur Verfügung, um individuelle Materialpässe zu erstellen, zu speichern und in Portfolios zu verwalten. [14]

Materialpässe und Indikatoren für kreislaufgerechte Materialien

Eine gute Dokumentation ist einer der wichtigsten Eckpfeiler des Übergangs von einem linearen Wirtschaftssystem zu einer Kreislaufwirtschaft. Einerseits ermöglichen derartige Daten eine Bewertung dieses Übergangs sowie eine Messung des Fortschritts durch Indikatoren. Andererseits stellen sie eine Voraussetzung für die Verwaltung der Bestände und Ströme im System sowie für den Abbau von Barrieren bei der Umsetzung dar. Materialpässe erfassen die materielle Zusammensetzung eines Produkts oder Gebäudes. Um als wirksames Instrument zur Messung des Potenzials dieses Materialbestands für eine zukünftige Wiederverwendung oder -verwertung zu dienen, sind jedoch noch zusätzliche qualitative Informationen, wie zum Beispiel die Toxizität von Materialien, erforderlich. Ein zentrales Planungswerkzeug stellen Kreislauffähigkeits-Indikatoren dar, die die Verwendung von Rohstoffen sowie deren Potenzial zur Wiedereinführung in Wirtschaftskreisläufe bewerten.

Im Jahr 2015 veröffentlichte die britische Ellen Mac Arthur Foundation einen Vorschlag, wie sich Materialien und Produkte auf deren Kreislauffähigkeit hin bemessen lassen. [15] Die Methode beruht auf einer Quantifizierung der Materialströme nach den folgenden vier Grundprinzipien:

1. Verwendung von Material aus erneuerbaren bzw. aus wieder- oder weiterverwerteten Quellen bei der Herstellung
2. Wieder- oder Weiterverwendung von Komponenten oder Materialien nach der Nutzung
3. Verlängerung der Nutzungsdauer von Produkten (z. B. durch Reparatur)
4. Intensivierung der Nutzung von Produkten (z. B. durch Dienstleistungsmodelle)

Der daraus abgeleitete Indikator soll anzeigen, inwieweit der lineare Fluss von Materialien minimiert und der kreislaufbasierte Fluss maximiert wurden. Zudem wird betrachtet, wie lange und intensiv ein Produkt im Vergleich zu einem ähnlichen branchenüblichen Erzeugnis genutzt wird. Der Indikator setzt sich daher im Wesentlichen aus einer Kombination von drei Produktmerkmalen zusammen: der Masse V eines bei der Herstellung verwendeten Primärrohstoffs, der Masse W der nicht zurückgewinnbaren Abfälle, die dem Produkt zugeschrieben werden, und einem Nutzungsfaktor X, der die Länge und Intensität der Nutzung des Produkts berücksichtigt. [15]

Aufbauend auf der Arbeit der Ellen MacArthur Foundation und angepasst an die Besonderheiten der Bauindustrie, entwickelte die Madaster Foundation den sogenannten *Circularity Indicator*. Der *Circularity Indicator* bewertet den Grad (zwischen 0 und 100 Prozent) der Kreislauffähigkeit von Gebäuden basierend auf den zur Verfügung gestellten Informationen. So gilt zum Beispiel ein Gebäude, das aus neu gewonnenen Materialien errichtet wurde und nach einer unterdurchschnittlichen Nutzungsphase auf der Deponie entsorgt wird, als vollständig linear und erhält einen *Circularity Indicator* von 0 %. Am anderen Ende des Spektrums befindet sich ein Gebäude, das aus wiederverwendeten und / oder nachwachsenden Materialien gebaut wurde, die erst am Ende der Nutzungszeit demontiert werden und leicht an anderer Stelle wiederverwendet werden können – ein vollständig kreislaufgerechtes Gebäude mit einer Bewertung von 100 %. [13] Dabei ergibt sich der Gesamtwert aus

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ABB. 1 *Die* Urban Mining and Recycling Unit *von Werner Sobek mit Dirk E. Hebel und Felix Heisel im* NEST *der Empa Dübendorf*

der Kumulation der drei folgenden spezifischen Teilindikatoren: der Bauphase, der Nutzungsphase und der Abriss- / Rückbauphase.

Bauphase

Der Teilindikator für die Bauphase stellt das Verhältnis von Primärmaterial zu wiederverwendeten, wiederverwerteten und nachwachsenden Materialien dar und wird mit der Formel

$$CI_{Construction} = F_U + F_R + F_{RR}$$

berechnet, wobei F für den Anteil der jeweiligen Materialien (re-**U**se, Recycling, **R**apid **R**enewables) in Prozent am Gesamtgewicht steht. Der Teilindika-

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

tor wird weiter durch Variablen für die Effizienz des Recyclingprozesses vor der Bauphase und die Masse des während des Verwertungsprozesses erzeugten Abfalls ausgeglichen.

Nutzungsphase

Der Teilindikator für die Nutzungsphase stellt die erwartete Lebensdauer der verwendeten Produkte, verglichen mit der durchschnittlichen Lebensdauer von vergleichbaren branchenüblichen Produkten in derselben Anwendung, dar. Die Formel für den Indikator lautet

$$CI_{Use} = L / L_{av},$$

wobei L die potenzielle funktionelle Lebensdauer eines Produkts in Jahren und L_{av} die durchschnittliche Lebensdauer der Gebäudeschicht, in der dieses Produkt eingesetzt wird, darstellt. Die tatsächliche Punktzahl wird durch Berechnung des gewichteten Durchschnitts aller Produkte aus den verschiedenen Systemschichten ermittelt.

Abriss- / Rückbauphase

Der Teilindikator für die Rückbauphase stellt das Verhältnis zwischen Abfallmaterialien und wiederverwendbaren und / oder -verwertbaren Materialien dar, die bei der Renovierung oder dem Abriss eines Gebäudes anfallen. Die entsprechende Formel lautet

$$CI_{End\text{-}of\text{-}Life} = C_U + C_R \times E_C,$$

wobei C für den Anteil in Prozent am Gesamtgewicht der jeweiligen Materialien steht, die am Ende ihrer Nutzungsdauer potenziell wiederverwendet und wiederverwertet werden können, und E für die Effizienz des Verwertungsprozesses.

Da eine Wiederverwendung oder -verwertung nur möglich ist, wenn Materialien auch sortenrein und schadenfrei aus einem Gebäude entnommen werden können, müssen Komponenten oder Produkte folgende Bedingungen erfüllen, um auf C_R angerechnet werden zu können:

- Das Bauteil kann leicht ausgebaut werden, ohne dass dabei andere Bauteile im Gebäude beschädigt werden müssen. Die Befestigungsmittel sind leicht zugänglich.
- Das Bauteil kann schadenfrei in sortenreine Materialien zerlegt werden.
- Die für die Installation des Bauteils verwendeten Befestigungen und Halterungen sind standardisiert und vorgefertigt.

Datenerfassung und beispielhafte Berechnungen

Die digitale Version der *UMAR-Unit* auf der Plattform *Madaster* besteht aus 32 Materialdatenblättern und 90 Produktdatensätzen. [16] Erstere enthalten Werte wie Name, spezifisches Gewicht, Lieferant, Lebensdauer, Rohstoffquellen und -qualität, Verwertungsweg am Lebensende und Effizienz des Verwertungsprozesses. Die Produktdatensätze umfassen Werte wie Marke, Herstellernummer, Lieferant, funktionelle und technische Lebensdauer, Volumen, Menge, Anschlussdetails im Hinblick auf Demontagefreundlichkeit und Materialtrennung sowie eine Stückliste. Da die meisten Produkte heutzutage aus einer Vielzahl von Materialien hergestellt werden, verweist die Stückliste oft auf mehrere verschiedene Materialdatenblätter in wechselnden Volumen oder Prozentsätzen.

Detaillierte Informationen über die Position eines Produkts innerhalb eines Gebäudes sind wichtig im Hinblick auf sein Wiederverwendungs- und -verwertungspotenzial sowie seine erwartete funktionelle Nutzungsdauer. In dieser Hinsicht verknüpft die *Madaster*-Plattform das Produkt zusätzlich über

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

TAB. 1 *Zusammenfassung des Materialdatenblatts des in der* UMAR-Unit *verwendeten Fichtenholzes (Daten von [19]) Legende: Designwerte (normal) / Sensitivitätsanalyse (kursiv)*

Materialdatenblatt Fichtenholz	
Dichte (kg/m^3)	450
Materialfamilie	Holz
Hersteller	Kaufmann GmbH
Lebensdauer (Jahre)	100
Beschreibung	
Rohstoffquelle	
% verwertet	0
% nachwachsend	100
% gefördert	0
Verwertungsweg	
% verwertet	100 *(80)*
% deponiert	0
% verbrannt	0 *(20)*
Effizienz	
% Effizienz Herstellung	100
% Effizienz Verwertung	100

eine Bauelementliste (klassifiziert nach dem niederländischen NL161 / SfB oder dem internationalen OmniClass Standard) mit dem von Stewart Brand entwickelten Gebäudeschichtenmodell (Boden / Struktur / Hülle / Ausstattung / Innenausbau / Möblierung) [17], welches erlaubt, Austausch- oder Wartungsintervalle eines bestimmten Produkts innerhalb eines Gebäudes abzuschätzen. Zudem werden die verbauten Materialien den Materialfamilien Stein, Glas, Metall, Kunststoff, Holz und organische Materialien zugeordnet.

Holzkonstruktionen

Die (in Bezug auf ihre Masse) am häufigsten eingesetzte Materialfamilie in der *UMAR-Unit* ist Holz, das überwiegend in der Rahmenstruktur der Module sowie in deren strukturellen Boden- und Deckenelementen zu finden ist. Die drei Holzarten – Fichte, Weißtanne und Braunkernesche – wurden alle FSC-zertifiziert in den Wäldern bei Bregenz im österreichischen Vorarlberg geschlagen. Die Transportentfernungen wurden auf ein Minimum beschränkt, da sich sowohl das Sägewerk als auch die Schreinerei und der Generalunternehmer des Projekts im selben Tal befinden. Ein beispielhafter Materialdatensatz ist in *Tab. 1* dargestellt.

Im kreislaufgerechten Bauen sollte der Verwertungsweg im biologischen Kreislauf keine Verbrennung erlauben, da unbehandeltes organisches Material (z. B. Holz) durch eine Kompostierung ohne Verluste in den Stoffwechsel zurückgeführt werden kann, unabhängig von seinem Nutzungswert selbst am Ende einer Kaskadennutzung ohne toxische oder sortenverunreinigende Substanzen. Die Effizienz eines sortenreinen biologischen Kreislaufs hat insofern einen Rechenwert von 100 %. [15] Das Design und die Konstruktion der *UMAR-Unit* erfüllen die oben genannten Bedingungen für einen geschlossenen biologischen Stoffwechsel.

Glaskeramik

Die *UMAR-Unit* verwendet das Material Glas in zwei verschiedenen Produkten: als Flachglas für die Fassadenfenster und als Glaskeramik für die Badezimmerwände und die Küchenarbeitsplatte. Der folgende Datensatz gehört zum zweiten Produkt.[16] Diese Glasplatten werden zu 100 % aus

16 Ein Glaspaneel, das unter dem Markennamen Ice Nugget verkauft und von der deutschen Firma Magna Glaskeramik GmbH hergestellt wird.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

TAB. 2 *Zusammenfassung des Materialdatenblatts der in der* UMAR-Unit *verwendeten Glaskeramik (Daten von [19]) Legende: Designwerte (normal)/Sensitivitätsanalyse (kursiv)*

Materialdatenblatt Glaskeramik	
Dichte (kg/m^3)	2'400
Materialfamilie	Glas
Hersteller	Magna Glaskeramik
Lebensdauer (Jahre)	15
Beschreibung	
Rohstoffquelle	
% verwertet	100
% nachwachsend	0
% gefördert	0
Verwertungsweg	
% verwertet	100 *(80)*
% deponiert	0 *(20)*
% verbrannt	0
Effizienz	
% Effizienz Herstellung	100
% Effizienz Verwertung	100

Scherben von Industrie- und Behälterglasabfällen hergestellt und können am Ende ihrer Lebensdauer zu 100 % zu neuen Glasprodukten mit gleichem Wert und Nutzen wiederverwertet werden. [18]

Das zu obigem Datensatz gehörende Produktdatenblatt enthält die Information, dass alle Einzelelemente in Standardabmessungen verwendet und oben und unten mit Klammern gehalten werden. Die Abdichtung in den Nassbereichen wird durch Quetschdichtungen erreicht. Es wurden keine Silikone oder andere Klebstoffe in der Einheit zugelassen, sodass alle diese Produkte ohne Wertverlust sortenrein in den Glaskreislauf zurückgeführt werden können.

TAB. 3 *Zusammenfassung des Produktdatenblatts der in der* UMAR-Unit *verwendeten Türgriffe von Jules Wabbes*

Produktdatenblatt Türgriffe	
Produktname	JW door lever
Herstellernummer (EAN/GTIN)	–
Hersteller	Rotor DC
Funktionelle Lebenszeit (Jahre)	7
Technische Lebenszeit (Jahre)	> 50
Gewicht (kg)	3,02
Beschreibung	
Toxizität [21]	nein
Position (NL/SfB)	32.31
Rohstoffquelle	
% wiederverwendet	100
Verwertungsweg	
% wiederverwendet	100
Konstruktive Lösungen	■ Das Bauteil kann schadenfrei ausgebaut werden und die Befestigungen sind zugänglich. ■ Das Bauteil kann in sortenreine Materialien zerlegt werden. ■ Befestigungen und Halterungen sind standardisiert und vorgefertigt.
Stückliste	
Material (%)	Bronze (100 %)

Türgriffe von Jules Wabbes

1974 erhielt der renommierte Designer Jules Wabbes den Zuschlag für die Neugestaltung der Inneneinrichtung des Hauptsitzes der Générale de banque in Brüssel. Mit dem Ziel, die Zuverlässigkeit der Bank widerzuspiegeln, wählte Jules Wabbes kostbare

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

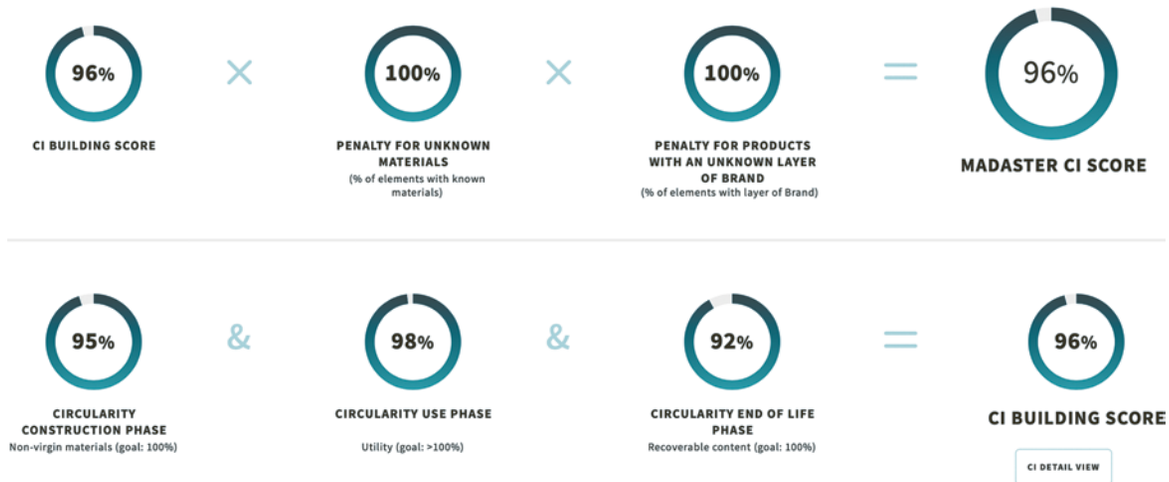


ABB. 2 *Screenshot der* Madaster-*Plattform, der die Kreislauffähigkeits-Indikatoren für die Bau-, Nutzungs- und Verwertungsphasen sowie den* Circularity Indicator (CI) *für die* UMAR-Unit *zeigt*

und hochwertige Materialien wie Granit, Bronze oder Messing. Als der neue Eigentümer des Gebäudes dessen Abriss im Jahr 2016 beantragte, erlaubte die Stadt diesen nur unter der Auflage, dass alle von Jules Wabbes entworfenen Gegenstände einer Wiederverwendung zugeführt werden. Daraufhin übernahm die Firma Rotor Deconstruction das Inventar, demontierte die Elemente sorgfältig und begann deren Neuverteilung – was schließlich auch zum Einbau von zehn Jules-Wabbes-Türgriffen in der *UMAR-Unit* führte. Als Leihgaben kehren diese nach Ablauf ihrer Nutzung an die Firma Rotor Deconstruction zurück, wodurch die kontinuierliche Wiederverwendung dieser Gegenstände in weiteren Gebäuden sichergestellt wird. [20]

Berechnung des *Circularity Indicator* und Ergebnisse

Neben der Archivierung der Datensätze errechnet die *Madaster*-Datenbank auf der Grundlage von 122 Material- und Produktdatensätzen zudem verschiedene Indikatoren für kreislaufgerechte Materialien gemäß den oben erläuterten Formeln.

Die Ergebnisse werden nach den drei Nutzungsphasen (Bau, Nutzung, Verwertung) mit dem entsprechenden Teilindikatorwert in Prozent angezeigt. Basierend auf dem Gesamtgewicht aller im Gebäude verwendeten Materialien, wurde die *UMAR-Unit* – laut der *Madaster*-Plattform – zu 95 % aus wiederverwendeten und wiederverwerteten Materialien gebaut, hat eine Nutzungsrate von 98 % und 92 % der Materialien können am Ende ihrer Nutzung in einen reinen Materialkreislauf zurückkehren. Der aggregierte Gesamtwert weist der *UMAR-Unit* eine Kreislauffähigkeit von 96 % zu.

Um ein Verständnis für die Bedeutung einer korrekten Materialhandhabung während der Verwertungsphase zu erhalten, wurde zudem eine sogenannte Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dazu wurden bei entscheidenden Faktoren in den jeweiligen Materialpässen absichtlich geringere Werte angesetzt, um zu verstehen, welchen Einfluss eine fehlerhafte Verwertung auf die Indikatoren hätte. Unter der Annahme, dass 20 % aller Materialien durch Fehler in der Prozesskette entweder verbrannt oder deponiert würden – anstatt wie geplant einer hochwertigen Verwertung zugeführt zu werden – erreicht

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

die *UMAR-Unit* nach wie vor ein sehr gutes Ergebnis hinsichtlich des kreislaufgerechten Bauens: Der Teilindikator für die Rückbauphase beispielsweise reduziert sich in diesem Szenario in vergleichsweise geringem Maße. Anstatt 92 % könnten immer noch 86 % der Materialien ohne Wertverlust in sortenreine Materialkreisläufe zurückgeführt werden. Wie bereits erwähnt, zielen die Annahmen dieser Sensitivitätsanalyse darauf ab, ungeplante oder unvorhergesehene Verwertungsszenarien innerhalb der Berechnung zu antizipieren und die Bedeutung eines gut geplanten und kontrollierten Rückbaus zu betonen.

Die Erfahrungen aus dieser Fallstudie können einen Branchenmaßstab für einen hohen Grad an Kreislaufgerechtigkeit liefern, der bereits heute erreicht werden kann. Zudem zeigen die Werte die Bedeutung der interdisziplinären Teamarbeit bei Entwurf und Konstruktion in allen beteiligten Disziplinen, vom Anfang bis zum Ende des Prozesses. Die *UMAR-Unit* fungiert als wichtige Fallstudie bei der Vermittlung dieser Prinzipien und ihrer Vorteile an die beteiligten Akteure. Sie zeigt auch die vielen Hindernisse auf politischer und administrativer Ebene, die auf dem Weg zu einer kreislaufgerechten Bauindustrie noch überwunden werden müssen. Und letztlich liefert sie einen einzigartigen Satz an Materialien, Details und Daten für die laufende Forschung und zur Hochskalierung kreislaufgerechter Prototypologien, [22] zu kreislaufgerechten Herstellungsprozessen und einer kreislaufgerechten Städteplanung.

Derzeitige Grenzen der Betrachtung

Die *Madaster*-Plattform konzentriert sich auf die Bestände und Ströme von Materialfraktionen innerhalb der Bauwirtschaft. Sie stützt sich daher auf Definitionen und Formeln, die diese Vorgaben abdecken. Ein Beispiel hierfür ist die Definition der Verwertungseffizienz als »*das Massenverhältnis der verwerteten Fraktionen zur Summe aller Fraktionen, ausgedrückt in Prozent.*« [23] Wichtige andere Indikatoren für nachhaltiges und kreislaufgerechtes Bauen wie die graue Energie und damit der CO_2-Fußabdruck von Materialien und Produkten, der Energieverbrauch des Gebäudebetriebs oder das für Produktion und Betrieb während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes benötigte Wasser werden vorerst aus der Berechnung der Indikatoren des kreislaufegerechten Bauens ausgenommen. [24] Ferner gilt es zu beachten, dass auch die *Madaster*-Plattform mit der in diesem Buch bereits thematisierten oftmals mehrdeutigen Definition von Recycling zu kämpfen hat. Eine Unterscheidung zwischen Wieder- und Weiterverwendung bzw. -verwertung wird zum Beispiel noch nicht vorgenommen. Der Unterschied zwischen einer hochwertigen Glaswiederverwertung und einer Weiterverwertung als Schüttgut oder der Wiedereinsatz ganzer Produkte oder Komponenten kann (und muss) derzeit lediglich über den Effizienzwert erfolgen. Hier sind weitere vordefinierte und durch externe Dritte beurteilte Material- und Produktdatensätze von Nöten, um vergleichbare und genaue Berechnungsergebnisse in Übereinstimmung mit den Definitionen der Kreislaufwirtschaft zu erreichen. Die Entwicklung entsprechender Funktionalitäten und notwendiger Datensätze ist jedoch geplant und wird sich mit dem Stand der Forschung weiter differenzieren.

Weiterentwicklungen des Systems

Innerhalb dieser Einschränkungen kann die Plattform aber bereits heute ein wichtiges Instrument zur Bewertung von Entwurfsentscheidungen und deren effektiver Umsetzung darstellen. Konkret zeigen Indikatoren für kreislaufgerechtes Bauen / kreis-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

laufgerechte Materialien die Menge der in einer Planung oder einer Konstruktion verwendeten Sekundärmaterialien und das Potenzial, diese Materialien oder Produkte am Ende ihrer Lebensdauer wieder in sortenreine Kreisläufe zurückzuführen. Solche Berechnungen können selbstverständlich nach Fertigstellung eines Gebäudes durchgeführt werden (wie im Fall von *UMAR*), um Annahmen zu verifizieren, die während der Entwurfs- und Bauphase getroffen wurden, und um einen Werterhalt von Materialien in der Abbruchphase zu gewährleisten. Sie könnten und sollten aber auch in der Entwurfsphase zu einem Werkzeug werden. In diesem Zusammenhang wäre es wichtig, verschiedene Optionen für unterschiedliche Analysetiefen zu haben. Beginnend mit schnelleren und verständlicherweise gröberen Berechnungen könnte der Prozess allmählich detaillierter und genauer werden, je weiter das Projekt vom Entwurf über die Genehmigung zum Bau und schließlich zur Renovierung und zum Rückbau voranschreitet. Das Circular Construction Lab an der Cornell University arbeitet aktuell an der Entwicklung derartiger Software-Werkzeuge. Integriert in die Oberflächen der CAD-Softwares *Rhino3D* und *Grasshopper*, erlaubt es dieser Plug-in, Entwurfsentscheidungen auf ihre Auswirkungen hinsichtlich der Frage, ob Konstruktion und Materialwahl kreislaufgerecht sind, bereits in frühen Entwurfsphasen zu prüfen. Durch eine Kompatibilität mit der *Madaster*-Plattform lassen sich die Ergebnisse dieser Studien und die daraus erstellten Materialpässe zudem direkt in die Datenbank speichern.

Einer der Hauptgründe für die Implementierung (und Nutzung) von Plattformen wie *Madaster* ist aktuell in erster Linie der Bedarf an einer detaillierten Dokumentation der Materialbestände und -flüsse innerhalb von Gebäuden. Dieser neue Wissensstand würde es erlauben, die gebaute Umgebung als Materiallager der Zukunft zu verstehen und aktiv zu nutzen. Nur wenn wir wissen, welche Materialien in welcher Qualität wann und wo verfügbar werden, können wir damit beginnen, Angebot und Nachfrage von Wiederverwendungs- und -verwertungsströmen in Einklang zu bringen. [1]

Aufgrund der Kenntnisse über Materialeigenschaften, Abmessungen, Standorte und Kreislauffähigkeit ermöglicht *Madaster* schon heute auch eine finanzielle Bewertung des Materialbestands (Übergang von einem Materiallager zu einer Materialbank), was ein wichtiges Mittel ist, um die mögliche Werterhaltung durch eine kreislaufgerechte Bauweise und ihre Materialwahl aufzuzeigen. Die Erwartung ist, dass diese finanzielle Bewertung wiederum als Motor für das kreislaufgerechte Bauen fungieren kann. Vollständig kreislaufgerechte Fallstudien wie *UMAR* können dabei als wertvolle Beispiele für die Entwicklung und Bewertung von Branchenrichtlinien dienen.

Darüber hinaus kann eine kontinuierliche Materialdokumentation die notwendigen Informationen über die Nutzungsdauer eines Gebäudes liefern, um Genehmigungen und finanzielle Hürden für die direkte Wiederverwendung von Materialien in hochwertigen und leistungsintensiven Anwendungen wie z. B. Baustahl zu senken. [25] In dieser Hinsicht müssen die in der *Madaster*-Plattform gespeicherten Informationen als ein dynamischer Datensatz verwaltet werden, als ein digitaler Zwilling des eigentlichen Gebäudes, der jedes Mal aktualisiert wird, wenn sich am / im Gebäude etwas ändert oder etwas mit dem Gebäude geschieht. Dazu gehören nicht nur geplante Renovierungsprojekte, sondern auch Brände, Erdbeben oder andere Ereignisse, die einen Einfluss auf den Nutzen und den Wert des Materialbestands haben können.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] von Richthofen, Aurel; Wei, Zeng; Asada, Shiho; Burkhard, Remo; Heisel, Felix; Müller Arisona, Stefan; Schubiger, Simon: Urban Mining. Visualizing the Availability of Construction Materials for Re-Use in Future Cities. Paper presented at IV2017 – 21st International Conference on Information Visualisation, London: Asada, 2017

[2] Debacker, Wim; Manshoven, Saskia: D1 Synthesis of the State-of-the-Art. Brüssel: BAMB Buildings as Material Banks, 2016

[3] Acharya, Devni; Boyd, Richard; Finch, Olivia: From Principles to Practices. First Steps towards a Circular Built Environment. London: Arup, 2018

[4] Thelen, David; Van Acoleyen, Mike; Huurman, Wouter; Thomaes, Tom; van Brunschot, Carolien; Edgerton, Brendan; Kubbinga, Ben: Scaling the Circular Built Environment. Pathways for Business and Government. Amsterdam: Circle Economy, WBCSD, 2018

[5] Circle Economy (Hrsg.): The Circularity Gap Report. Closing the Circularity Gap in a 9 % World. Amsterdam: Circle Economy, 2019

[6] Ellen MacArthur Foundation, CE100 (Hrsg.): The world's leading circular economy network. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/our-work/activities/ce100 [Stand: 17.07.2020]

[7] Hansen, Katja; Braungart, Michael; Mulhall, Douglas: Resource Repletion, Role of Buildings. In: Loftness, Vivian; Haase, Dagmar: Sustainable Built Environments. New York City: Springer New York, 2013, S. 502 – 525

[8] Hutton, John; Adams, Katherine; Hobbs, Gilli; Cari, Isabelle; Bricout, Jodie; Ollerenshaw, Clare; Steinhausen, Jasper; Oberhuber, Sabine: Circularity in the Built Environment. Case Studies. A Compilation of Case Studies from the CE100. London: Ellen MacArthur Foundation, 2016

[9] Luscuere, Lars; Mulhall, Douglas: Circularity Information Management for Buildings. The Example of Material Passports. In: Charter, Martin: Designing for the Circular Economy. New York City: Routledge, 2018

[10] Maersk Line: Triple-E. Total Vessel Recycling, 2012

[11] EPEA and SundaHus (Hrsg.): Framework for Materials Passports. Brüssel: BAMB Buildings as Material Banks, 2017

[12] EPEA (Hrsg.): Circularity Passports. URL: http://www.epea.nl/circularity-passports/ [Stand: 17.07.2020]

[13] Madaster (Hrsg.): Madaster for Private Individuals. URL: https://www.madaster.com/en/private-individuals/madaster-for-private-individuals [Stand: 17.07.2020]

[14] Rau, Thomas; Oberhuber, Sabine: Material Matters. Hoe wij onze relatie met de aarde kunnen veranderen. Haarlem: Bertram + de Leeuw Uitgevers BV, 2016

[15] Ellen MacArthur Foundation; Granta Design (Hrsg.): Circularity Indicators. An Approach to Measuring Circularity. London: Ellen MacArthur Foundation, 2015

[16] Heisel, Felix; Rau-Oberhuber, Sabine: Calculation and Evaluation of Circularity Indicators for the Built Environment Using the Case Studies of UMAR and Madaster. Journal of Cleaner Production 243 (2015). URL: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118482 [Stand: 17.07.2020]

[17] European Wood Initiative (Hrsg.): European Wood. Selected European Wood Species and Their Characteristics. Brüssel: European Wood Initiative, 2010

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

[18] Magna Glaskeramik (Hrsg.): Magna Glaskeramik. URL: https://www.magna-glaskeramik.com/about-us/magna/ [Stand: 17.07.2020]

[19] ift Rosenheim GmbH (Hrsg.): Umweltproduktdeklaration (EPD). Environmental Product Declaration. No. EPD-MGK-23.0. Rosenheim: ift Rosenheim GmbH, 2016

[20] Heisel, Felix; Hebel, Dirk E.; Sobek, Werner: Resource-respectful construction – the case of the Urban Mining and Recycling Unit (UMAR). SBE19 Brussels – BAMB-CIRCPATH Buildings as Material Banks – A Pathway For A Circular Future. Brüssel: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 225, 2019

[21] MBDC LLC, EPEA GmbH (Hrsg.): Banned Lists of Chemicals. Cradle to Cradle Certified Product Standard. Version 3.0. URL: https://s3.amazonaws.com/c2c-website/resources/certification/standard/C2CCertified_Banned_Lists_V3_121113.pdf [Stand: 17.07.2020]

[22] Heisel, Felix; Hebel, Dirk E.: Pioneering Construction Materials through Prototypological Research. Biomimetics 4 (2019), Nr. 3, S. 56. URL: https://doi.org/10.3390/biomimetics4030056 [Stand: 17.07.2020]

[23] Europäische Kommission (Hrsg.): Commission Regulation Nr. 493 / 2012. Brüssel: Europäische Kommission, 2012

[24] Madaster (Hrsg.): Explanation Madaster Circularity Indicator. Utrecht: Madaster Services B.V., 2018

[25] Heisel, Felix; Schlesier, Karsten; Hebel, Dirk E.: Prototypology for a Circular Building Industry. The Potential of Re-Used and Recycled Building Materials. Sustainable Built Environment Conference SBE 2019. Graz: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 323, 2019

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Wiederverwendung von Baustahl

Wie Materialpässe finanzielle Barrieren der Wiederverwendung im Bausektor senken – ein Beispiel aus Großbritannien

Anse Smeets und Ke Wang arbeiten bei *VITO* als Forscher auf dem Gebiet der Kreislaufwirtschaft und der nachhaltigen Materialwirtschaft, mit den Schwerpunkten auf kreislaufgerechter Geschäftsinnovation und Strategieentwicklung. Das Flämische Institut für technologische Forschung *VITO* ist eine unabhängige Forschungs- und Technologieorganisation in den Bereichen Cleantech und nachhaltige Entwicklung.

Michał P. Drewniok ist Research Associate im Bauingenieurwesen an der Universität Cambridge, wo er Möglichkeiten zur Reduzierung von Kohlenstoffemissionen über den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken erforscht.

ANSE SMEETS, KE WANG UND MICHAŁ P. DREWNIOK

Mehr als die Hälfte der globalen Stahlproduktion kann dem Bau- und Infrastruktursektor zugeordnet werden – mit steigender Tendenz. [1], [2] Erfreulicherweise werden in Großbritannien bis zu 93 % dieser Baustahlelemente am Ende ihrer Nutzungsphase ausgebaut und verwertet. [3] In Anbetracht des dadurch vermiedenen Abbaus neuer Rohstoffe und der Materialeinsparung ist dies eine durchaus positive Bilanz.

Paradoxerweise werden allerdings etwa 78 % des gesamten Stahlschrottaufkommens Großbritanniens exportiert. [4] Darin enthalten ist auch der Stahlschrott von Bauwerken, der aufgrund seiner relativ konstanten Eigenschaften teurer als anderer Stahlschrott gehandelt wird und in Anbetracht der großen Mengen für die Stahlwerke sehr wertvoll wäre. Im Inland wiederverwertet, könnte diese Menge 40 bis 80 % der nationalen Nachfrage nach Baustahl decken. [5]

Leider ist der Wiederverwertungsprozess selbst bei Anwendung modernster Technologien immer noch sehr energieintensiv. [6] Durch die Wiederverwertung von Stahl lässt sich heutzutage die Herstellungsenergie im Vergleich zur Neuproduktion etwa halbieren. [7] Im Gegensatz dazu vermeidet eine Wiederverwendung von Stahl bis zu 96 % der mit der Neuproduktion assoziierten Umweltbelastung. [6] Aus technischer Sicht ist Baustahl zudem gut für eine Wiederverwendung geeignet. Die physikalischen und mechanischen Eigenschaften verschlechtern sich über die Nutzungsdauer hinweg nur unter großer Hitze oder im Falle von Ermüdungserscheinungen. [8] Außerdem besteht ein erheblicher Preisunterschied zwischen neu produziertem Baustahl (ca. 1 100 – 1 700 €/t)[17] und Stahlschrott (ca. 110 – 230 €/t), und zwar bereits unter Berück-

17 Alle Preisangaben und Kosten in diesem Kapitel wurden durch die Herausgeber von Britischen Pfund in Euro umgerechnet und die Werte jeweils auf- bzw. abgerundet. Maßgeblich war der Wechselkurs am 09.06.2020.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

sichtigung der zusätzlichen Kosten, durch zum Beispiel deren Transport. Die Wiederverwendung besitzt also neben dem ökologischen auch ein erhebliches ökonomisches Potenzial.

Dennoch ist die Wiederverwendungsrate in Großbritannien mit 8–11 % (schwere Profile aus dem Abbruch) [5] recht gering und eher abnehmend. [9] Bekannte Hindernisse für die Wiederverwendung von Baustahlelementen sind sowohl Schwierigkeiten bei der Rückverfolgung und Neuzertifizierung der Profile und bei der Beschaffung als auch die fehlende Nachfrage und psychologische Gründe (alt versus neu). [5], [10] Eine Wiederverwendung wird zudem nicht in Erwägung gezogen, wenn dadurch höhere Kosten oder Verzögerungen im Projekt auftreten könnten. [5] Zurzeit fehlen dem Bausektor schlicht die Mittel, um eine Wiederverwendung zu ermöglichen, und vor allem, um die wohl schwierigste Hürde auf dem Weg dorthin zu überwinden: die Bewertung konstruktiver Bauelemente auf ihr Wiederverwendungspotenzial und die Suche nach geeigneten Komponenten.

Das aufkommende Konzept der Materialpässe hat das Potenzial, die Wiederverwendung von Baustahl zu erleichtern. Wie im Horizon2020-Projekt der EU *Gebäude als Materialbanken (BAMB)* beschrieben, handelt es sich bei Materialpässen um Datensätze, die definierte Eigenschaften von Materialien in Produkten oder ganzen Gebäuden erfassen, um die Wertigkeit dieser Materialien, Produkte und Komponenten zu erhalten bzw. zu erhöhen und dadurch Anreize und die notwendige Logistik für deren Rücknahme zu schaffen. [11] Es gilt zu betrachten, inwieweit eine derartige Bereitstellung relevanter Daten die Akteure der Wertschöpfungskette dazu motivieren kann, Baustahl wiederzu-

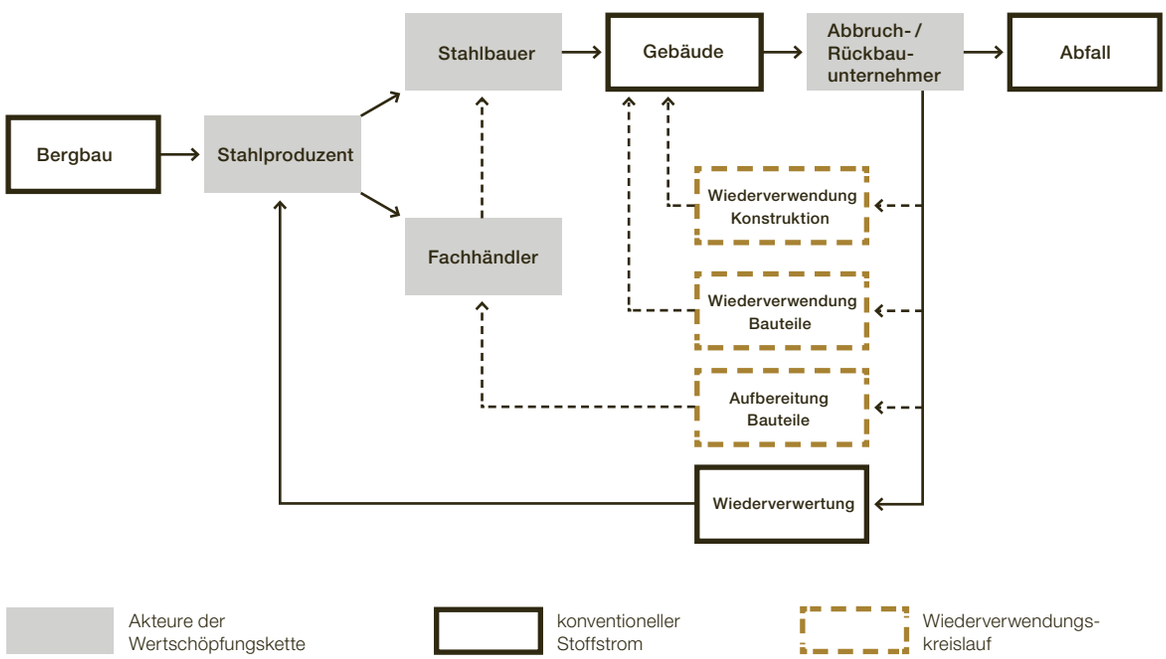


ABB. 1 *Wertschöpfungskette von Baustahl nach Informationen aus der Literatur und Interviews mit Baustahlexperten aus dem Hochschulbereich, mit Fachhändlern, Stahlbauern und Abbruchunternehmern, durchgeführt zwischen Februar und Juni 2018 (basierend auf [12])*

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

verwenden, und welche Informationen dazu notwendig und hilfreich sind. [12] Zudem müssen die finanziellen Auswirkungen der Wiederverwendung ausgelotet und den verschiedenen Datensätzen potenzielle Einsparmöglichkeiten zugeordnet werden.

Die Wertschöpfungskette von Baustahl – Möglichkeiten und Hindernisse der Wiederverwendung

Das Schema in *ABB. 1* zeigt die Wertschöpfungskette von Baustahl in Großbritannien. Ohne zwischen primärer und sekundärer Produktion zu unterscheiden, verkauft das Stahlwerk zunächst Stahl an einen Fachhandel oder eine Stahlbaufirma. Von dort aus gelangen die Elemente auf die Baustelle und werden in Gebäude eingebaut, welche schließlich wieder abgerissen oder rückgebaut werden. Das Ergebnis ist entweder Abfall oder ein Verwertungsprozess, an dessen Ende der Schrott als Rohstoff wieder ins Stahlwerk geliefert wird. Dieser äußere Kreislauf repräsentiert den Status quo der heutigen Stahlindustrie, während die inneren Schlaufen des Schemas Möglichkeiten der Wiederverwendung und Wiederaufbereitung zeigen.

Um das Potenzial und die Grenzen dieser kleineren und direkteren Kreisläufe verstehen zu können, muss die Kostenstruktur dieser Wertschöpfungskette betrachtet und überlegt werden, wie eine direkte Wiederverwendung und Wiederaufarbeitung aus finanzieller Sicht gefördert werden kann. *TAB. 1* vergleicht die minimalen und maximalen Kosten in der Wertschöpfungskette für neu produzierte und wiederverwendete Stahlelemente. Daraus geht hervor, dass die Wiederverwendung von Stahl zurzeit noch etwa 8 – 10 % (ca. 90 – 160 €/t) teurer ist als der Einsatz von neu produziertem Stahl, und zwar hauptsächlich aufgrund der hohen Kosten für Materialprüfungen, die Aufbereitung und den Rückbau.

Wenn wir die Kosten der Wiederaufarbeitung innerhalb eines Wiederverwendungsszenarios den verschiedenen Akteuren zuordnen, wird klar, dass sich – verglichen mit dem üblichen Szenario – die Rolle des Fachhändlers erheblich verändert: Während der Fachhändler in der traditionellen Wertschöpfungskette hauptsächlich die Verbindung zwischen Angebot und Nachfrage herstellt (wobei die Länge der Lieferzeit eine Rolle spielt), übernimmt er nun die zusätzliche Aufgabe, die ausgebauten Elemente zu prüfen, um den nachfolgenden Akteuren, vor allem den Stahlbauern, anschließend entsprechende Gewährleistungen geben zu können.

Die Bedeutung von Materialpässen

Möglichkeiten zur Kostensenkung durch Datenspeicherung

Einsparungen in der Materialprüfung

Eines der wichtigsten Hindernisse für die Wiederverwendung von Stahl sind Bedenken bezüglich der Materialeigenschaften. [10] Dieser Aspekt hat durch die Einführung der Richtlinie zur CE-Kennzeichnung in der Bauindustrie 2014 nochmals an Bedeutung gewonnen. Eine CE-Kennzeichnung bestätigt die Konformität eines im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) verkauften Produkts mit den Normen für Sicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltschutz. Alle Stahlkonstruktionen müssen entsprechend von einem Stahlbauer zertifiziert worden sein, was Auswirkungen auf die Auswahl der eingesetzten Elemente hat. Sofern der Produzent und das Alter eines wiederverwendeten Stahlbau-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kostenkomponente	neu produzierter Stahlträger (€/t)		wiederverwendeter Stahlträger (€/t)		Hauptakteur/ Kostenträger
	min.	max.	min.	max.	
Rückbau	–	–	135	185	Abbruch-/Rückbauunternehmen
Material	595	842	225	337	Fachhändler
Bearbeitung	124	124	124	124	
Materialkosten	449	674	101	213	
Aufpreis für ungewöhnliche Profile	22	45	–	–	
Prüfung	–	–	163	197	
Aufbereitung	–	–	112	225	Stahlbauer
Sandstrahlen	–	–	17	62	
Entfernen von Schweißstellen	–	–	–	28	
Entfernen der Kopfplatten	–	–	95	135	
Stahlbau	559	786	559	786	
Verwaltung	56	73	56	73	
Entwurf	62	90	62	90	
Schrauben/Grundierung	28	39	28	39	
Aufbau/Konstruktion	135	185	135	185	
Trennen/Schweißen/Bohren/Sandstrahlen	279	399	279	399	
Transport/Abwicklung	22	28	73	84	andere
Gesamt	1177	1656	1267	1814	
Differenz			+90	+157	

TAB. 1 *Vergleich der Kosten von neu produzierten und wiederverwendeten Elementen [12]*

teils bekannt sind, können die Eigenschaften in Konstruktionsrichtlinien nachgeschlagen werden (wie etwa das vom British Steel Construction Institute veröffentlichte *Blue Book* oder *Green Book* [13] in Großbritannien). Oft sind jedoch der bestimmte Profiltyp oder das Alter des Gebäudes schlichtweg unbekannt oder es fehlt aufgrund der Profilmaße und Toleranzen das nötige Vertrauen in die der Literatur entnommenen Materialeigenschaften. In diesen Fällen werden entweder konservative Annahmen bezüglich der Baustatik getroffen [14] oder zusätzliche Prüfungen in externen Laboren durchgeführt.

Zudem werden Materialtests oft aus Gründen der Haftpflicht angeordnet oder um das Kundenvertrauen zu stärken. Sowohl Stahlbauer, Fachhändler und Bauherren wünschen sich besonders im Hinblick auf die durch eine CE-Kennzeichnung entstehenden Verpflichtungen ein offizielles Prüfzeug-

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

nis für Ausbauelemente. Dabei werden chemische und zerstörende Laborprüfungen zerstörungsfreien Prüfungen an mobilen Geräten bevorzugt. Die letztere Methode ist wesentlich billiger und kann auf der Baustelle durch den Fachhändler, das Abriss-/Rückbauunternehmen oder den Bauingenieur durchgeführt werden, aber sie liefert nicht die gleiche Ergebnistiefe und genießt deshalb nicht das gleiche Vertrauen wie ein Prüfbericht eines unabhängigen Labors.

Aus technischer Sicht sind Laborprüfungen allerdings selten notwendig, da Stahlbauteile ihre ursprünglichen Materialeigenschaften erhalten, vorausgesetzt sie waren während der Nutzungsdauer keiner großer Hitze, Ermüdungsbeanspruchungen oder zersetzenden Umwelteinflüssen ausgesetzt. [8] Notwendige Informationen, um die Qualität gebrauchter Stahlelemente zu bestimmen, beinhalten insofern die ursprünglichen Materialeigenschaften sowie detaillierte Angaben zur Nutzungsgeschichte. Beispiele hierfür sind die Stahlsorte, das Lieferwerk, das Produktionsdatum und die Schweißbarkeit. Zusätzlich werden Informationen über den genauen Einsatz der Bauteile im ursprünglichen Gebäude benötigt, wie zum Beispiel die Profilgrößen, der Einbauort, Konstruktionsdetails und die Verbindungsgeometrie. Daten über die Nutzungsgeschichte beinhalten etwa Angaben zur Belastung, zur Funktion des Gebäudes, zu etwaigen Brandvorfällen oder zur gewählten Rückbaumethode.

Wenn aufgrund einer ausreichenden und vertrauenswürdigen Datengrundlage, wie etwa eines Materialpasses, auf Materialtests verzichtet werden kann, sparen Fachhändler potenziell ca. 160 bis 200 Euro pro Tonne. In Anbetracht des oben genannten Preisunterschieds zwischen neu produzierten und wiederverwendeten Bauteilen machen diese Einsparungen einen entscheidenden Unterschied: Über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg betrachtet wird die Wiederverwendung dadurch finanziell attraktiver als der Einsatz von Neustahl.

Einsparungen in der Aufbereitung

Aus Bauwerken entnommene Stahlelemente haben gewöhnlich sehr unterschiedliche Dimensionen und sind zudem mit Löchern, Aussteifungen, Schweißnähten oder Endplatten versehen. [5] Vor einem Wiedereinbau müssen sie insofern aufbereitet werden, wodurch erhebliche Kosten entstehen können. Wie aus *TAB. 1* ersichtlich, ist zum Beispiel das Entfernen einer Kopfplatte ein sehr teurer Vorgang. In der Praxis werden die Enden daher einfach abgetrennt, obgleich dadurch die Länge der Bauteile reduziert wird, was sowohl das Wiederverwendungs- als auch das Gewinnpotenzial mindert.

Da Farbreste zu Haftproblemen beim nächsten Anstrich führen können oder aus ästhetischen Gründen vom Bauherrn unerwünscht sind, müssen Bauteile zudem oft sandgestrahlt werden. Wenn ein Träger mit einem unbekannten Anstrich ausgebaut wird, muss mit erhöhter Vorsicht vorgegangen werden, da die Farbreste eine potenzielle gesundheitsschädliche Gefahr darstellen können. Gerade Brandschutzanstriche müssen sehr vorsichtig behandelt werden.

Detaillierte Informationen über die ursprünglichen Anstrich- oder Beschichtungsprodukte dieses Trägers können daher die Aufbereitungskosten erheblich senken. Auf Grundlage dieser Daten lässt sich entscheiden, ob der bestehende Anstrich für einen Wiedereinsatz geeignet oder mit einem zweiten Anstrich kompatibel ist. Falls ja, muss er möglicherweise nicht entfernt werden; falls nein, lässt sich die günstigste Methode für die Entfernung ausloten. Folgende Daten sind dafür erforderlich: der Handelsname des Produkts, die angewandte Technologie, das Datum des Auftrags, die ausführende Firma sowie Gewährleistungsinformationen.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Wenn Klarheit über bestehende Anstriche besteht, kann gegebenenfalls ein unnötiges Sandstrahlen vermieden werden. Dies würde eine weitere Einsparung von ca. 20 bis 60 Euro pro Tonne bedeuten und insofern zusätzlich die finanziellen Hürden der Wiederverwendung abbauen.

Einsparungen im Rückbau

Wenn Stahlelemente nicht als Schrott wiederverwertet, sondern direkt wiederverwendet werden sollen, muss anstatt des üblichen Abbruchs ein vorsichtigerer Rückbau stattfinden. Ein Rückbau, der in Großbritannien derzeit nur in Städten vorgeschrieben ist, ist wesentlich arbeitsintensiver als ein Abbruch. Leider wurde ein Rückbau in den meisten Gebäudeentwürfen zudem nicht vorgesehen. Die vielen dafür notwendigen manuellen Handgriffe können zusätzliche Kosten, auch durch den Arbeitsschutz, nach sich ziehen. [5] Ein »Design for Disassembly« (DfD) und neuartige Rückbaumethoden sind daher erforderlich, um die Rückbaukosten langfristig zu senken. In diesen Fällen wird die Rückbauanleitung ein wichtiger Bestandteil der Gebäudedokumentation.

Abgesehen davon könnten Abbruchunternehmer noch weitere Gewinnvorteile des Rückbaus gegenüber konventionellen Abbruchmethoden wahrnehmen. Zum Beispiel werden derzeit unbeschädigte, gebrauchsfähige Elemente zum gleichen Preis pro Tonne verkauft wie Schrottmetall. Um die Weichen in Richtung eines umfassenden Rückbaus zu stellen, wird eine tiefgreifende Umverteilung der finanziellen Vorteile entlang der ganzen Lieferkette notwendig sein.

Einsparungen bei der Beschaffung

Die bestehende Ungewissheit über die Verfügbarkeit von wiederverwendbaren Elementen ist eine der wichtigsten Barrieren der Wiederverwendung. Die Suche nach Elementen oder Konstruktionen mit den gewünschten Eigenschaften und Maßen und in den gewünschten Mengen ist extrem zeitaufwendig. Die daraus entstehenden Beschaffungskosten könnten mithilfe von Daten über Angebot und Nachfrage deutlich gesenkt werden, da sie den Zeit- und Kostenaufwand von Stahlbauern, Ingenieuren und/oder Unternehmern verringern könnten.

Werden all die oben genannten Daten in Materialpässen zur Verfügung gestellt, ergibt sich insgesamt ein Einsparpotenzial von ca. 180 bis 260 Euro pro Tonne wiederverwendeten Stahls. Sofern dadurch einzelne Elemente oder sogar ganze Strukturen direkt in ihrem Originalzustand wiederverwendet werden können, ergeben sich sogar mögliche Einsparungen von ca. 430 bis 660 Euro pro Tonne, da die Kosten für die Aufbereitung und bestimmte Stahlbauarbeiten entfallen. In diesem Fall ist die Wiederverwendung dem Einsatz neu produzierter Elemente ökonomisch betrachtet weit überlegen. Kommt zudem noch eine CO_2-Bepreisung auf Neustahl ins Spiel, wie auf europäischer Ebene angedacht, liegt der Vorteil nochmals deutlich höher.

Auf der Grundlage dieser Finanzanalyse wurden drei Geschäftsmodelle für den Einsatz von Daten in der Wiederverwendung von Baustahl identifiziert, die in *TAB. 2* zusammengefasst sind. *TAB. 3* zeigt die Daten, die für erfolgreiche Materialpässe erforderlich sind, sowie einen Überblick über die Quellen dieser Daten.

Gemeinsam zeigen die *TAB. 2* und *3* auf, dass Fachhändler und Stahlbaufirmen sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite die wichtigsten Akteure für die datengestützte Wiederverwendung von Baustahl sind. Die Ermittlung der entsprechenden Daten kann ein größeres Problem darstellen, da sie Anstrengungen in der Gegenwart erfordert, während ihr Nutzen erst in der langfris-

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

TAB. 2 *Geschäftsmodelle für den Einsatz von Materialpässen in der Wiederverwendung von Baustahl [12]*

Anwendung	Nutznießer	Vorteile der Dokumentation	Mehrwert
direkte Wiederverwendung von Konstruktionen	Generalunternehmer	Vorteile bei der Beschaffung, niedrigere Baukosten	bis zu 1123 €/t
direkte Wiederverwendung von Bauteilen	Stahlbauer	Vorteile bei der Beschaffung, niedrigere Kosten für Prüfung, Aufbereitung und Stahlbau durch Material- und Nutzungsdaten	bis zu 898 €/t
Wiederaufbereitung von Bauteilen	Fachhändler Stahlbauer	niedrigere Kosten für Prüfung und Aufbereitung durch Material- und Nutzungsdaten	168–281 €/t

TAB. 3 *Überblick über die erforderlichen Materialpassdaten und deren Informationsquellen im ursprünglichen Gebäude [12]*

erforderliche Daten	Informationsquelle
Materialeigenschaften Bauteil	
Stahlsorte Schweißbarkeit	Stahlbauer
Herstellerwerk Bauteil	Stahlbauer
Produktionsdatum Bauteil	Stahlbauer
Stahlbaudetails Bauteil	
Konstruktionsdetails Profilgrößen Einbauorte Verbindungsgeometrie	Architekt/Bauingenieur Stahlbauer Bauingenieur/Stahlbauer Stahlbauer
historische Gebäudeinformationen	
statische Belastungen Funktionen des Gebäudes Brandbelastungen	Gebäudemanager
Anstrich/Beschichtung Bauteil	
Handelsname des Produkts angewandte Technik Datum des Auftrags ausführende Firma Gewährleistungen	Stahlbauer

tigen Zukunft erwächst. Dennoch gibt es schon jetzt verschiedene Modelle für Materialpässe, die auf diesen Überlegungen beruhen.

Die Profiteure der Wiederverwendung

Die Bereitstellung von Daten in Form von Materialpässen kann zu erheblichen Einsparungen in der Wertschöpfungskette führen, die aber leider nicht gleichmäßig verteilt sind. Um die Wiederverwendung zu fördern, wäre es vorteilhaft, für finanzielle Anreize bei allen beteiligten Akteuren zu sorgen.

Durch Daten erzielte Einsparungen bei der Wiederverwendung kommen in erster Linie den Fachhändlern zugute, die bereits durch den niedrigeren Einkaufspreis im Vergleich zu neu produziertem Stahl motiviert werden. Für die Stahlbauer sind durch den Einsatz der Daten geringe Einsparungen bei den Wiederaufbereitungskosten möglich. Wenn die Bauteile jedoch nicht direkt und nur durch eine zusätzliche und aufwendige Aufbereitung eingesetzt werden können, ist die Wiederverwendung für die Stahlbauer eventuell trotzdem teurer als der Einsatz von Neustahl. Abbruchunternehmen hingegen haben keine Kosteneinsparungsvorteile, da

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

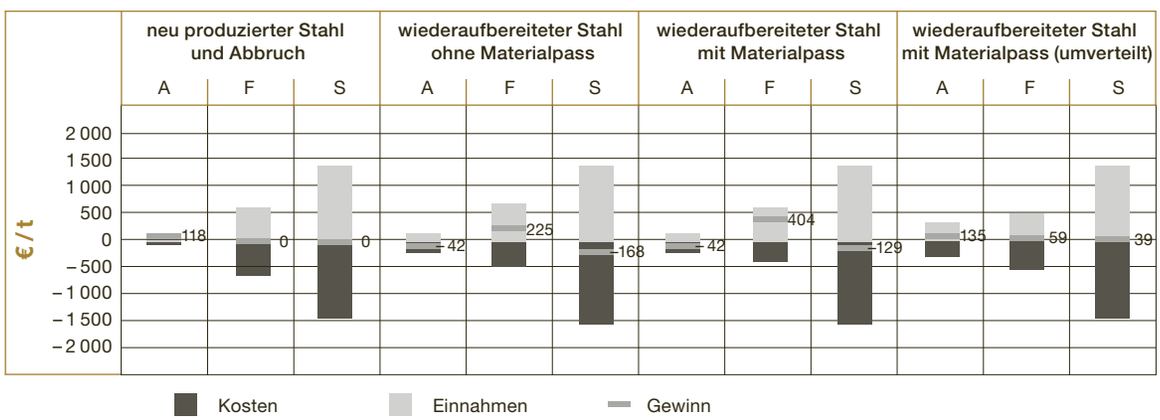


ABB. 2 *Kostenverteilung über die gesamte Wertschöpfungskette:*

A Abbruchunternehmer
F Fachhändler
S Stahlbauer

Um die Komplexität einzugrenzen, wurde die Berechnung mit den durchschnittlichen Minimal- und Maximalkosten aus TAB. 1 *durchgeführt. In Anbetracht des Umstands, dass die tatsächlichen Transferpreise zwischen Fachhändlern und Stahlbauern und Stahlbauern und deren Kunden nicht bekannt sind, wird ferner angenommen, dass deren Einnahmen gleich den Kosten für den Einsatz von neu produziertem Stahl sind, d. h., dass ihr Gewinn im ersten Szenario gleich null ist. [12]*

ihre Kosten durch einen Rückbau im Vergleich zum Abbruch sogar erheblich steigen.

ABB. 2 zeigt einen Vorschlag für die Umverteilung der oben erörterten Einsparungen innerhalb des Wiederverwendungs-Szenarios mit der geringsten Gewinnspanne: die Wiederaufarbeitung von Bauteilen. Den Berechnungen liegt die Annahme zugrunde, dass der Fachhändler dem Abbruch- bzw. Rückbauunternehmer für Ausbaustahl einen höheren Preis bezahlt und dem Stahlbauer einen niedrigeren Preis berechnet, um so über einen neu definierten Transferpreis die Gewinne des Fachhändlers aufzuteilen und die Anreize gleichmäßiger zu verteilen.

Die folgenden vier Szenarien werden verglichen:

1. Einsatz von neu produzierten Stahlelementen im Bau und Abbruch der Gebäude am Ende ihrer Nutzungsdauer
2. Aufbereitung von Ausbaustahlelementen für eine Wiederverwendung im Bau
3. Aufbereitung von Stahlelementen mit Materialpässen für eine Wiederverwendung im Bau
4. Aufbereitung von Stahlelementen mit Materialpässen für eine Wiederverwendung im Bau und gleichmäßigere Verteilung der Gewinne über die gesamte Wertschöpfungskette.

Das Beispiel zeigt, dass die Schaffung finanzieller Anreize entlang der gesamten Wertschöpfungskette zur Wiederaufarbeitung von Baustahl machbar ist. Eine zusätzliche positive Maßnahme könnte darin bestehen, die Anzahl der an der Wertschöpfungskette für wiederverwendeten Stahl beteiligten Akteure zu begrenzen, indem die Lieferkette verkürzt oder durch die Kombination verschiedener Rollen vertikal integriert wird. Auf diese Weise gibt es weniger Akteure, auf die die Kosten verteilt werden müssen. Konstruktionsaspekte wie die reversible Konstruktion von Gebäuden, einschließlich reversibler Verbindungsmethoden, könnten einen weiteren Anreiz für die Wiederverwendung von Baustahl bieten, da mit ihrer Hilfe die Rückbauzeit und -kosten reduziert und die Arbeitsbedingungen, die Qualität und der Wert der Ausbaukomponenten verbessert werden können. Ferner ist, wie schon zuvor erwähnt, die direkte Wiederverwendung von Bauteilen oder ganzen Konstruktionen die attraktivste Lösung in finanzieller und umweltbezogener Hinsicht, was Entwurfsstrategien nahelegen würde, die auf eine Standardisierung von Elementlängen und Verbindungen hinarbeiten.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Becqué, Renilde; Mackres, Eric; Layke, Jennifer; Aden, Nate; Liu, Sifan; Managan, Katrina; Nesler, Clay; Mazur-Stommen, Susan; Petrichenko, Ksenia; Graham, Peter: Accelerating Building Efficiency. Eight Actions for Urban Leaders. Washington: World Resources Institute, 2016

[2] Allwood, Julian M.; Cullen, Jonathan M.: Sustainable Materials. With Both Eyes Open. Cambridge: UIT Cambridge, 2012

[3] Sansom, Michael; Avery, Nicholas: Briefing. Re-use and recycling rates of UK steel demolition arisings. Engineering Sustainability 167 (2014) Nr. 2, S. 89 – 94

[4] UK Steel (Hrsg.): Key Statistics 2016. London: UK Steel, 2016

[5] Dunant, Cyrille; Drewniok, Michał; Sansom, Michael; Corbey, Simon; Allwood, Jonathan; Cullen, Julian: Real and perceived barriers to steel re-use across the UK construction value chain. Resources, Conservation & Recycling 126 (2017), S. 118 –131

[6] Tingley, Densley; Allwood, Julian: Re-use of structural steel. The opportunities and challenges. Middlesbrough: European Steel Environment & Energy Congress, 2014

[7] Norgate, Terry; Jahanshahi, Sharif; Rankin, William: Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2006), Nr. 8 / 9, S. 838 – 848

[8] Kodur, Venkatesh; Dwaikat, Mahmud; Fike, Rustin: High-Temperature Properties of Steel for Fire Resistance. Journal of Materials in Civil Engineering 22 (2010), Nr. 5, S. 423 – 434

[9] Drewniok, Michał; Cullen, Jonathan; Dunant, Cyrille: Structural steel re-use. How to increase re-use of steel. Oslo: Norwegian Steel Day, 2018

[10] Tingley, Densley; Cooper, Simone; Cullen, Jonathan: Understanding and overcoming the barriers to structural steel reuse, a UK perspective. Journal of Cleaner Production 148 (2017), S. 642 – 652

[11] Buildings As Material Banks (BAMB): Material Passports. URL: https://www.bamb2020.eu/topics/materials-passports/ [Stand: 17.07.2020]

[12] Smeets, Anse; Wang, Ke; Drewniok, Michał: Can Material Passports lower financial barriers for structural steel reuse? Brüssel: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019

[13] Dunant, Cyrille; Drewniok, Michał; Sansom, Michael; Corbey, Simon; Cullen, Jonathan; Allwood, Julian: Options to make steel reuse profitable: An analysis of cost and risk distribution across the UK construction value chain. Journal of Cleaner Production 138 (2018), S. 102 –111

[14] The Steel Construction Institute; The British Constructional Steelwork Association Ltd. (Hrsg.): Steel Building Design: Design Data. Berkshire, London: The Steel Construction Institute, The British Constructional Steelwork Association Ltd., 2015

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Der ästhetische Reiz der urbanen Mine

Eine neue Wertigkeit von Baumaterialien im Kreislaufprozess

Sandra Böhm ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Professur Nachhaltiges Bauen der KIT-Fakultät Architektur und verantwortlich für die Neuausrichtung und Konzeption der Materialbibliothek an der Fakultät. Sie ist zudem verantwortlich für die Innovationsplattform *ChangeLab!*.

SANDRA BÖHM

Baumaterialien aus der urbanen Mine, wie sie auf den folgenden Seiten vorgestellt werden, stehen für ein neues Verständnis und Wertesystem in der Architektur. Wurde dem Wiederverwenden oder Wiederverwerten von Baumaterialien in der Vergangenheit wenig ästhetische Attraktivität zugesprochen, stellen sich neue Entwicklungen in einem ganz anderen Licht dar. Bereits durch die Aufbereitung von Sekundärrohstoffen und durch den weiteren Herstellungsprozess werden die eigenständige Ästhetik der vormalig als »Abfall« bezeichneten Materialien geschickt hervorgehoben und spezifische Materialqualitäten unterstrichen. Glasscherben zum Beispiel werden in einem neuen Verfahren nur angeschmolzen, um ein einzigartiges Erscheinungsbild durch Lichtbrechungen zu generieren. Wiederverwerteter Kunststoff wird durch die Farbverläufe zu marmorierten Plattenwerkstoffen verarbeitet. Und Bauschutt wird unter einem neuen Namen als Lifestyleprodukt vermarktet. All diese Ansätze spielen mit der Psychologie des Käufers / Nutzers, sei es durch die reine Gestalt *(»Das muss ich haben, obwohl es vorher Müll war!«)* oder aber durch die Geschichte des Materials *(»Das muss ich haben, weil es vorher Müll war!«)* und dessen Versprechen einer durchdachten Kreislaufstrategie.

In der Materialgeschichte der Architektur etabliert sich derzeit ein neues Werteverständnis. Sicherlich haben dazu auch gesellschaftliche Moden beigetragen, wie zum Beispiel *Shabby Chic*, ein Phänomen des frühen 21. Jahrhunderts: In der ablesbaren Geschichte des Produkts oder des Materials wurde ein Wert erkannt, eine Eigenständigkeit, die massenhaft produzierten Gütern des immer Gleichen nicht innewohnte. Paradoxerweise wurde den Produkten oder Materialien eben dieser scheinbar individuelle und einzigartige »Look« erst in einem späteren Bearbeitungsprozess massenhaft verpasst. Es scheint eine neue Sehnsucht nach dem Original zu geben, dem nur einmal so Vorhandenen. Den besonderen Reiz macht die gefühlte oder geahnte Geschichte der nur noch teilweise erkennbaren Glasscherben *(»Schau mal, es war mal ein Gurkenglas!«)* oder bruchstückhaft lesbaren Schriftzüge im neu geschaffenen Plattenmaterial *(»Da steht 1912!«)* aus. Jedes einzelne Produkt wird so – trotz einer modernen und industriellen Serienproduktion – aufgrund seines Rohstoffs zum Unikat

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

und trägt diesem wachsenden Bedürfnis des Konsumenten nach mehr Individualität Rechnung. Dies gilt ebenfalls für wiederverwendete Produkte. Die Phantasie der Geschichte *(»Wer hat diese Türklinke wohl mal angefasst?«)* schafft einen ungeahnten Mehrwert.

Bei den auf den folgenden Seiten vorgestellten Baumaterialien wird so geschickt die Vorgeschichte der eingesetzten Rohstoffe für ein gezieltes Marketing genutzt und eine Zielgruppe mit wachsendem Bewusstsein angesprochen. Im Buch *Material Design* schreibt Thomas Schröpfer: *»Materialien spiegeln die Eigenschaften ihrer Fabrikationsprozesse und die damit verbundenen Werte wider. [...] Der wahrgenommene Wert eines Materials liegt oftmals nicht in ihm selbst begründet, sondern in der Sorgfalt und Fertigkeit seiner Bearbeitung. Ein Material und seine Eigenschaften außerhalb der für es typischen Anwendung zu erkunden, kann daher bedeuten, seinen wahrgenommenen Wert neu zu bestimmen.«* [1]

Architektinnen und Architekten können mit diesem Wert einer Materialgeschichte gestalten und entwerfen. Die Materialgeschichte kommt ohne Preisaufschlag hinzu und greift die Komponente der Zeit und des Kreislaufs als prozesshafte Konstante mit auf. Dies erlaubt ein neues Rollenverständnis der Architektinnen und Architekten, das um die Disziplin der Recherche nach frei werdenden Ressourcen ergänzt wird.

So kann der Wert von Baumaterialien generell neu definiert werden, wenn es gelingt, alle Materialien einem technischen oder biologischen Kreislauf zu entnehmen und garantiert wieder dorthin zurückzuführen. Dadurch verändern und erweitern sich die Anwendungsmöglichkeiten für Sekundärrohstoffe stetig und führen zudem auch zu völlig neuen Geschäftsmodellen. Solch ein Szenario steht für eine Abkehr von der Wegwerfgesellschaft und für die konstante Werterhaltung bzw. Aufwertung des Materials selbst, egal, wie oft und in welcher Form es eingesetzt wird.

Die folgende Materialauswahl stammt aus der jahrelangen Recherche von Dirk E. Hebel, Felix Heisel und Sandra Böhm, dem Fachgebiet Nachhaltiges Bauen am KIT Karlsruhe, dem Circular Construction Lab an der Cornell University, der 2hs Architekten und Ingenieur PartGmbB sowie deren Projektpartnern.

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Weiterverwertung

Trockenbauplatten aus Lehm und Hanf

Die Lehm-Hanf-Trockenbauplatte ist fest und stabil und für den Einsatz im Trockenbau geeignet. Alle Materialien können zu 100 % in den biologischen Kreislauf zurückgegeben werden. Die eingebaute Trockenbauplatte wird zunächst mit einem Lehmputzmörtel als Unterputz versehen. Dieser besteht aus Naturbaulehm, gemischtkörnigem Sand und Fasern von Gerstenstroh.

LEHM-HANF-TROCKENBAUPLATTE
(Greentech 700, Firma Claytec e. K. in Viersen, Deutschland)

Besondere Merkmale
- *Rohdichte: 700 kg/m³*
- *Brandverhalten: B-s1, d0 (schwer entflammbar, keine/kaum Rauchentwicklung, kein Abtropfen/Abfallen), gemäß DIN EN 13501-1*
- *verfügbare Dimension: 1 250 × 625 × 22 mm*

[2]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dämmmaterial aus Schilf

Zur Fertigung des Produkts werden Rohrkolben-Schilf-Fasern mit einer Bindefaser auf Maisstärkebasis vermischt, zu einem Vlies aufgestreut und mit Luft erhitzt. Durch die Wärme schmelzen die Bindefasern auf und verbinden sich bei der anschließenden Abkühlung miteinander. Auf diese Weise erhält die Dämmplatte ihre Stabilität. Weil dem Material keine Zusatzstoffe beigemischt werden, lässt es sich nach Ablauf seiner Nutzungsdauer vollständig kompostieren.

ROHRKOLBEN-SCHILF-FASER-DÄMMPLATTE
(Firma Naporo Klima Dämmstoff, in Braunau am Inn, Österreich)

Besondere Merkmale
- *Wärmeleitfähigkeit: 0,040 W/(mK)*
- *Brandverhalten: E (normal entflammbar), gemäß DIN EN 13501-1/B2 (normal entflammbar), gemäß DIN 4102*

verfügbare Dimensionen: 1 220 × 570 × 30 / 40 / 50 / 60 / 80 / 100 / 120 / 140 / 160 mm

[3]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Myzelium-gebundene Holzwerkstoffplatten

Das Myzelgeflecht von Pilzorganismen wird genutzt, um Zuschlagstoffe aus biologischen Sekundärrohstoffen miteinander zu verbinden. Das resultierende Material kann entweder als Isolationsmaterial genutzt oder in Platten gepresst als Alternative zu üblichen Holzbauplatten verwendet werden. Weil dem Material keine Zusatzstoffe beigemischt werden, lässt es sich nach Ablauf seiner Nutzungsdauer vollständig kompostieren.

MYZELIUM-GEBUNDENE HOLZPARTIKEL- UND -FASERPLATTE
(produziert im Labor der Alternative Construction Materials Unit am Future Cities Laboratory der ETH Zürich in Singapur)

Besondere Merkmale
- *Druckfestigkeit Plattenmaterial: 6–8 MPa*
- *verfügbare Dimension: 900 × 1 800 mm*
- *organisch gewachsene, einzigartige Oberfläche*

[4]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dämmmaterial aus Jeansstoff

Jeansstoff wird aus gefärbten Baumwollfäden hergestellt und als Abfall kategorisiert, sobald das Textil nicht mehr in Gebrauch ist. Die zerkleinerten Stoffe können jedoch direkt als lose Einblasdämmung verwendet oder im weiteren Verfahren mechanisch verdichtet und zu Bahnen gepresst werden. Nach der Nutzung kann die Dämmung wiederverwertet werden. Die Einblasdämmung kann abgesaugt und die Bahnen können wieder zerkleinert werden. Aufgrund der eingebrachten Salze und der Farbstoffe sollte die Baumwolle nicht kompostiert werden. Aus diesem Grund ist eine möglichst häufige Wiederverwertung anzustreben.

DÄMMMATERIAL AUS JEANSSTOFF
(Ultratouch Denim Insulation, Firma Bonded Logic in Arizona, USA)

Besondere Merkmale
- *Wärmeleitfähigkeit: 0,125 – 0,030 W/(mK)*
- *Dichte: 20 – 25 kg/m³*
- *verfügbare Dimensionen: 1 220 / 2 320 / 9 750 × 381 / 584 × 51 / 89 / 140 / 203 mm*

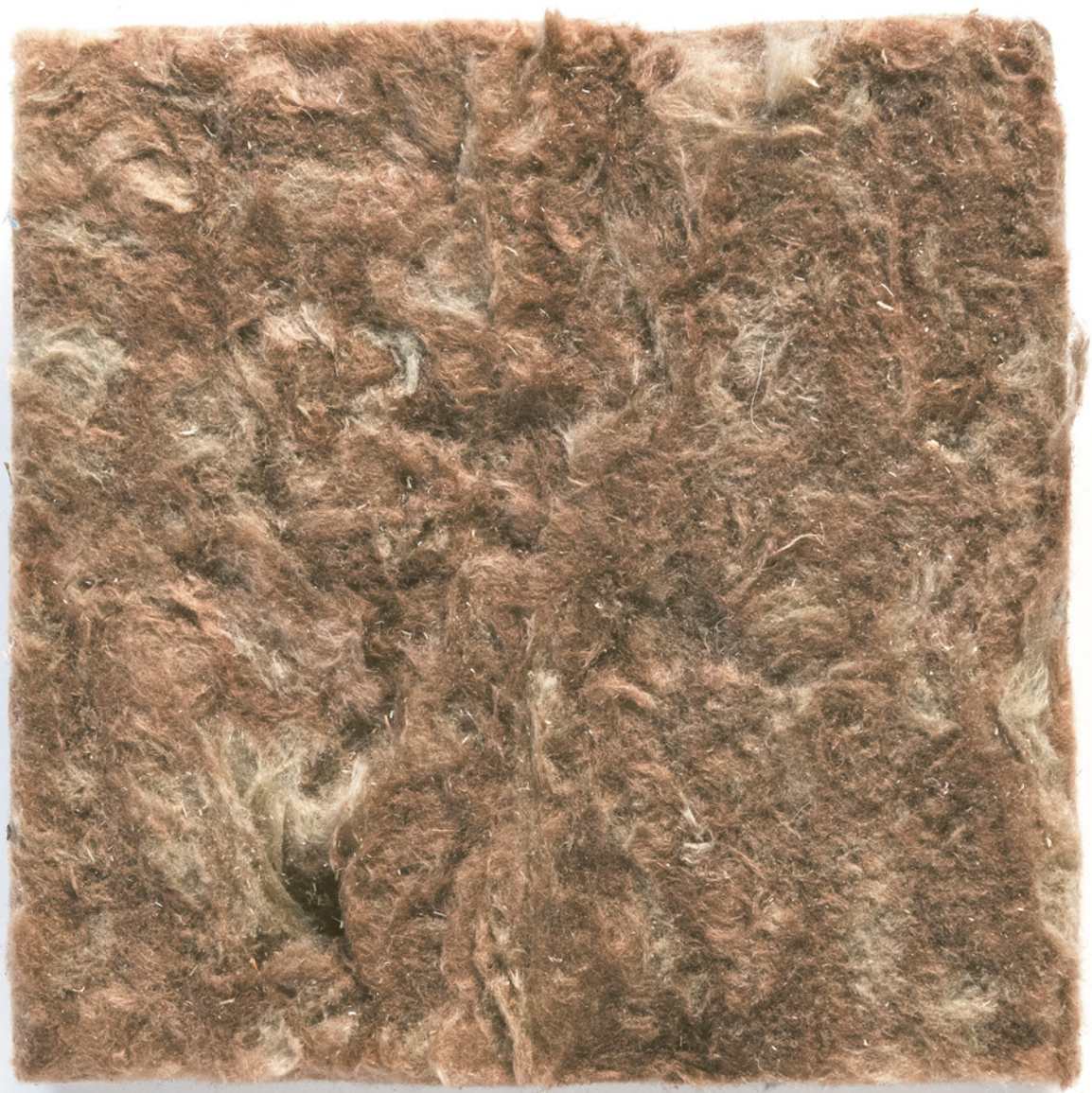
[5]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dämmmaterial aus Stein

Die Dämmplatte aus Steinwolle ist nicht brennbar, wasserabweisend, diffusionsoffen und dimensionsstabil. Das Dämmprodukt wird mit einem natürlichen Bindemittel aus überwiegend nachhaltigen Rohstoffen, ohne Zugabe von Formaldehyd, hergestellt. Dadurch werden höchste Ansprüche an das Innenraumklima wie auch an Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) erfüllt. Das Material ist zu 100 % wiederverwertbar.



STEINWOLLE-DÄMMPLATTE
(Firma Flumroc AG in Flums, Schweiz)

Besondere Merkmale
- *Wärmeleitfähigkeit: 0,035 W/(mK)*
- *Brandverhalten: A1 (nicht brennbar, ohne brennbare Bestandteile), gemäß DIN EN 13501-1*
- *verfügbare Dimensionen: 1 000 × 575 / 600 × 30 / 40 / 50 / 60 / 80 / 100 / 120 / 140 / 160 / 180 / 200 / 220 / 240 mm*

[6]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dämmmaterial aus Glas

Den Hauptrohstoff für die Herstellung von Schaumglas bilden heute zu mehr als 66 % wiederverwertete Auto- und Fensterscheiben. Dadurch entfällt ein großer Teil der energieaufwendigen Vorstufe der Glasherstellung aus Quarzsand. Das Material ist langlebig, druckresistent und kann zu 100 % wiederverwertet werden.

SCHAUMGLAS-WÄRMEDÄMMUNG
(Deutsche Foamglas GmbH in Stuttgart, Deutschland)

Besondere Merkmale
- *Rohdichte: 165 kg/m^3*
- *Wärmeleitfähigkeit: 0,050 W/(mK)*
- *Brandverhalten (Baustoffklasse): A1 (nicht brennbar, ohne brennbare Bestandteile), gemäß DIN EN 13501-1*

[7]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Absorptionsplatten aus Glas

Blähglaskugeln, die ausschließlich aus Recyclingglas hergestellt werden, bilden die Rohstoffe für diese Leichtbauplatten. Die Kügelchen werden zu leichten Platten mit vielseitigen Eigenschaften versintert. Das Resultat kann als Wärmedämmplatte oder als leichter Schallabsorber eingesetzt und nach der Nutzungsphase erneut dem Recycling in sortenreiner Form zugeführt werden. Das Plattenmaterial ist feuchtigkeitsunempfindlich, nicht brennbar und besitzt eine offenporige Struktur. Aufgrund seiner schlichten Optik kann es durchaus im sichtbaren Bereich eingesetzt werden.

ABSORPTIONS- UND DÄMMPLATTE AUS RECYCLINGGLAS
(Reapor, Firma Liaver GmbH & Co. KG in Ilmenau, Deutschland)

Besondere Merkmale
- *Rohdichte: 270 kg/m^3*
- *Wärmeleitfähigkeit: 0,08 W/mK*
- *Brandverhalten (Baustoffklasse): A1 (nicht brennbar, ohne brennbare Bestandteile), gemäß DIN EN 13501-1*

[8]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Keramikplatten aus Glas

Teilweise transluzente Farben und unterschiedliche Oberflächenausführungen rufen eine individuelle Ästhetik von Glaskeramikplatten hervor. Bei der Herstellung werden Glasabfälle nur so weit miteinander verschmolzen, dass die einzelnen Bruchstücke noch erkennbar bleiben. Glaskeramik kann dem Kreislauf nach der Nutzungsphase ohne Wertverluste wieder vollständig zugeführt werden. Bei der Herstellung von Glaskeramik kommen geringere Temperaturen zum Einsatz als bei der Herstellung von Flachglas.

GLASKERAMIKPLATTE MIT DEUTLICH SICHTBAREN GLASSCHERBEN
(Ice-Nugget, Firma MAGNA Glaskeramik GmbH in Teutschenthal, Deutschland)

Besondere Merkmale
- *Rohdichte: ca. 2 480 kg/m^3*
- *Gewicht: 50,4 kg/m^2 bei 21 mm Materialstärke*
- *verfügbare maximale Dimension: 3 500 mm × 1 500 mm*

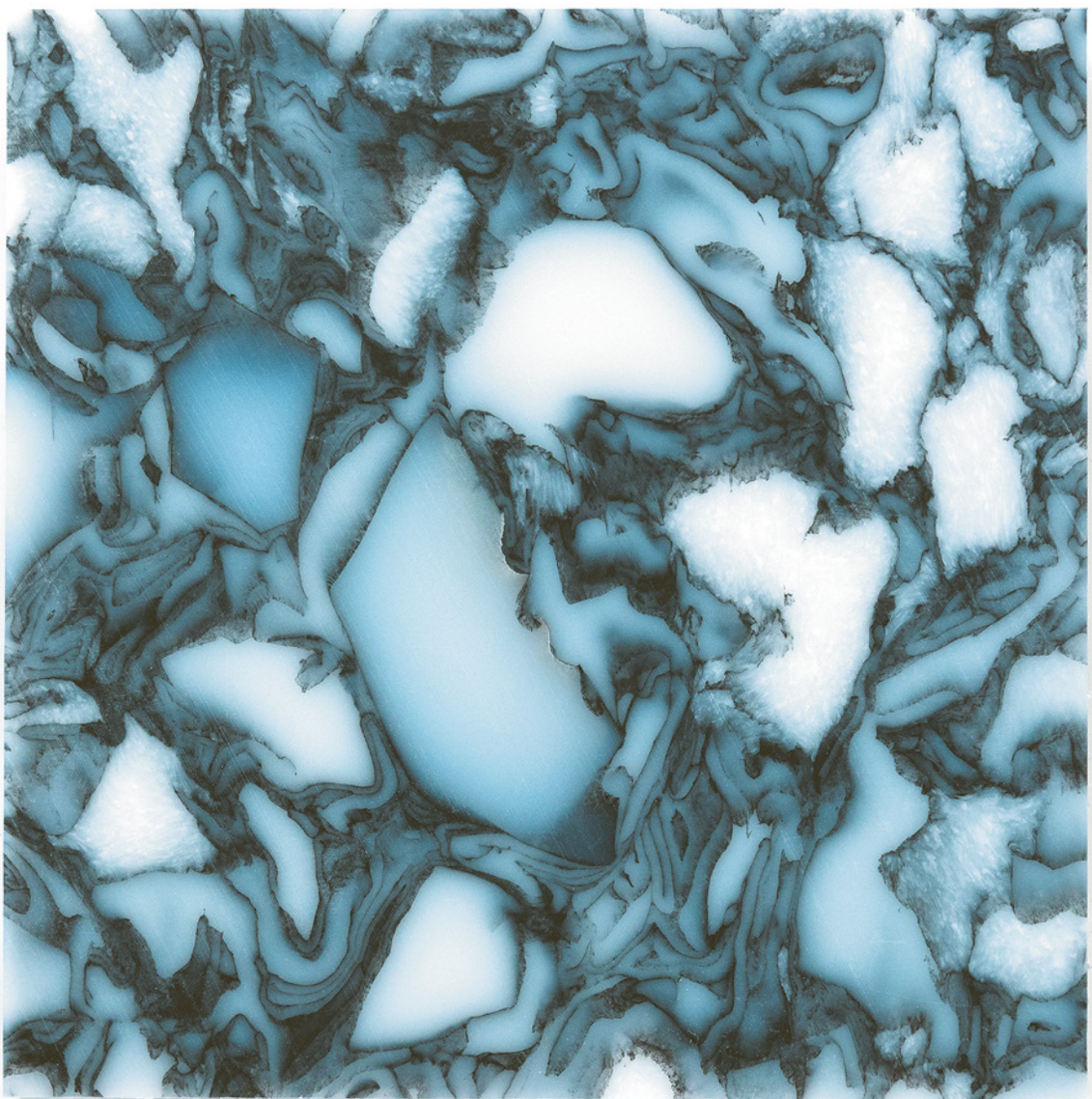
[9]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Platten aus Kunststoff

Plattenwerkstoffe aus wiederverwerteten Materialien erzählen ihre eigene Geschichte. Diese Kunststoffplatten aus hochwertigem HDPE hatten beispielsweise ein Vorleben als Schneidebrett, Trinkflasche oder Verpackung. Die sehr unterschiedlichen Ausgangsmaterialien lassen eine vielfältige Gestaltung in diversen Farben und Mustern zu. Marmorierte oder gesprenkelte Flächen, Farbverläufe und natürlich unifarbene Designs sind möglich. Eine neue Ästhetik entsteht und geht mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten in Küchen, Badezimmern oder im Außenbereich einher.



PLATTE AUS DEM WIEDERVERWERTETEN HDPE EHEMALIGER KÜCHENSCHNEIDEBRETTER
(Black Dapple, Firma Smile Plastics in Gower, United Kingdom)

Besondere Merkmale
- *Rohdichte: 950 kg/m^3*
- *Brandverhalten (Baustoffklasse): E (normal entflammbar), gemäß DIN EN 13501-1*
- *verfügbare maximale Dimensionen: 2 000 × 1 000 × 12/20 mm*

[10]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Platten aus Verbundwerkstoffen

Ausgediente Getränkekartons und verschiedene Lebensmittelverpackungen aus Kunststoff stellen die Ressourcen für diesen Plattenwerkstoff dar. Das Abfallmaterial wird zerkleinert und dann ohne zusätzliche Klebstoffe oder Bindemittel in einer Heißpresse zu Platten verarbeitet. Dabei entstehen Unikate, die vereinzelt den Hersteller oder die Art des Ausgangsmaterials preisgeben. Der Plattenwerkstoff ist dauerhaft und feuchtigkeitsbeständig.

PLATTE AUS WEITERVERWERTETEN TETRAPACK-GETRÄNKEKARTONS
(NakedBoard, Firma ReWall Solutions (heute Continuus Materials), USA)

Besondere Merkmale
- *Gewicht: 7,32 kg/m²*
- *Brandverhalten (Baustoffklasse): in Europa nicht zertifiziert*
- *verfügbare Dimensionen: 1 200 / 2 400 / 2 700 mm ± 3,2 mm × 1 200 mm ± 3,2 mm × 9,5 mm ± 1,6 mm*

[11]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Ziegelsteine aus mineralischem Abbruchmaterial

Mit der Verwendung von Bauschutt für die Produktion neuer Bauprodukte können Abfallströme der Bauindustrie minimiert und in einen Kreislauf überführt werden. Neue, hochwertige und ästhetische Baustoffe aus Beton- oder Ziegelbruch entstehen, indem frischer Ton mit den Sekundärrohstoffen vermischt und zu neuen Ziegeln geformt wird. Nach einer vorherigen sortenreinen Trennung der Ausgangsmaterialien entstehen Produktlinien mit charakteristischen Farbigkeiten.

ZIEGELSTEINE AUS ABBRUCHMATERIAL
(WasteBasedBricks, Firma StoneCycling BV in Amsterdam, Niederlande)

Besondere Merkmale
- *mittlere Druckfestigkeit: 65 N/mm^2 (senkrecht zur Lagerfläche)*
- *Wärmeleitfähigkeit: 0,96 W/mK*
- *verfügbare Dimensionen: Standard 210 × 100 × 50 mm, Maßanfertigungen möglich*

[12]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Geschirr-Porzellanbruch

Gebrochenes Porzellan aus dem Produktionsausschuss der Porzellanindustrie und von Recyclinghöfen wird gemahlen und als sortenreiner Sekundärrohstoff angeboten. Als Bodenschicht im Außenbereich aufgebracht, entsteht eine außergewöhnliche Ästhetik. Die Bruchstücke glitzern und schimmern im Tageslicht, Fragmente alter Porzellanmalereien sind zu erkennen und rufen individuelle Assoziationen beim Betrachter hervor. Darüber hinaus fungiert das Recyclingprodukt als Ersatz für Kies und schont so natürliche Rohstoffe.

GEBROCHENES UND GEMAHLENES PORZELLAN
(bezogen bei der Firma Spitzer – Rohstoffhandelsges. mbH in Selb, Deutschland)

Besondere Merkmale
- *weiterverwendete weiße Ware mit farbigen Punkten*
- *gemahlen und getrocknet*
- *Fraktionen: 0–11 mm und 6–10 mm*

[13]

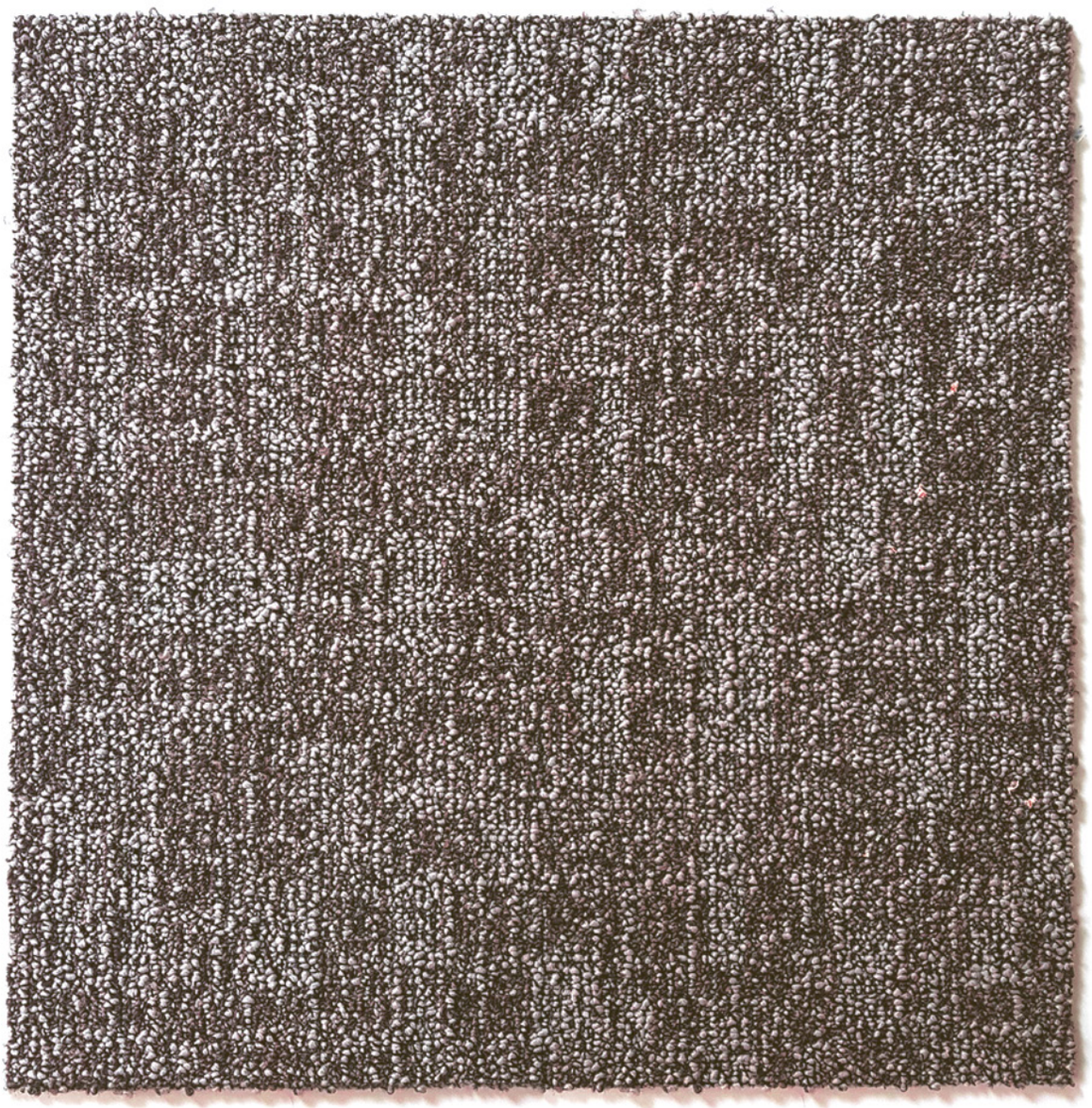
entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Wiederverwertung

Teppichböden

Die Teppichschlaufen bestehen zu 100 % aus regeneriertem Nylon, das aus wiederverwertbaren Abfallstoffen hergestellt wird. Die Rückenbeschichtung enthält Kalziumkarbonat, das in einem Upcycling-Prozess von lokalen Trinkwasserunternehmen aufbereitet wird. Da die Fliesen zu 100 % aus kreislaufgerechten Materialien bestehen, vermietet das Unternehmen dieselben, um sie nach der Gebrauchsphase wieder selbst in den Kreislauf einspeisen zu können.



UPCYCLING-TEPPICH-FLIESEN
(Desso EcoBase Carpet Tiles Gold, Firma Desso Holding BV in Waalwijk, Niederlande)

Besondere Merkmale
- *Schallabsorption: 0,15 αw*
- *Brandverhalten: B_{fl}-s1 (schwer entflammbar), gemäß DIN EN 14041*
- *verfügbare Dimensionen: 500 × 600 × 6 mm*

[14]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Wandverkleidung / Textilien

Filz weist eine schalldämpfende und isolierende Funktion auf, wirkt als Staubfilter und kann Feuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben. Das Material ist durch die Einwirkung von Feuchtigkeit, Wärme, Druck und Bewegung verfestigt. Die Herstellung erfolgt ohne Zusatz von Bindemitteln. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Filz aus sortenreiner Schafwolle, der zu 100 % wiederverwertbar oder kompostierbar ist.

DESIGNFILZ AUS UNBEHANDELTER SCHAFWOLLE
(Firma M&K Filze GmbH in Spalt, Deutschland)

Besondere Merkmale
- *Rohdichte: 280 kg/m^3, nach DIN 61200*
- *Brandverhalten: B_{fl}-s1 (schwer brennbar, schwach qualmend), gemäß DIN EN 13501-1*
- *verfügbare Dimensionen: Rollenware in 180 cm Breite; Dicke: 3 / 5 mm*

[15]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Vorhänge

Der Vorhangstoff besteht aus einem biologisch abbaubaren Material. Der Hersteller stellt durch seinen garantierten Rücknahmeprozess sicher, dass die Vorhänge nach Gebrauch zu ihm zurückgelangen, damit er die fachgerechte Industriekompostierung durch einen Partner im süddeutschen Raum einleiten kann. Damit gewährleistet er den ersten zertifizierten geschlossenen Kreislauf im Bereich Heimtextilien.

VORHANGSTOFF AUS BIOLOGISCH ABBAUBAREM MATERIAL
(GEMMA, Firma Möbel Pfister AG in Suhr, Schweiz)

Besondere Merkmale
- *Cradle to Cradle-Gold-Zertifizierung*
- *Beschaffenheit: glänzendes, dicht gewobenes Satin, in verschiedenen Farben erhältlich*
- *verfügbare Dimensionen: Rollenbreite 2 750 mm*

[16]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Wieder- und Weiterverwendung

Holzverkleidungen

Vermehrt werden Hölzer aus Rückbauten alter Gebäudebestände weiterverwendet. Die Hölzer werden hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für den Wiedereinbau geprüft und anschließend durch Bürstung gereinigt. Charakteristisch sind unterschiedliche Färbungen, bedingt durch den Reinigungsprozess: härtere Faserbündel bleiben aufgrund der teils jahrzehntelangen Einwirkung klimatischer Bedingungen in den Originalbauten dunkel, die weicheren Faserstränge werden im Reinigungsprozess leicht abgeschliffen und bilden sich dadurch heller aus.

WEITERVERWENDETES FICHTEN-SCHNITTHOLZ
(bezogen bei der Firma Hubert Rupp Historische Baustoffe in Niederrimsingen, Deutschland)

Besondere Merkmale
- *weiterverwendete Fichtenholzbretter*
- *unterschiedliche Färbungen infolge der Reinigung mit Bürste*
- *Verfügbarkeit je nach Ausbaupotenzial*

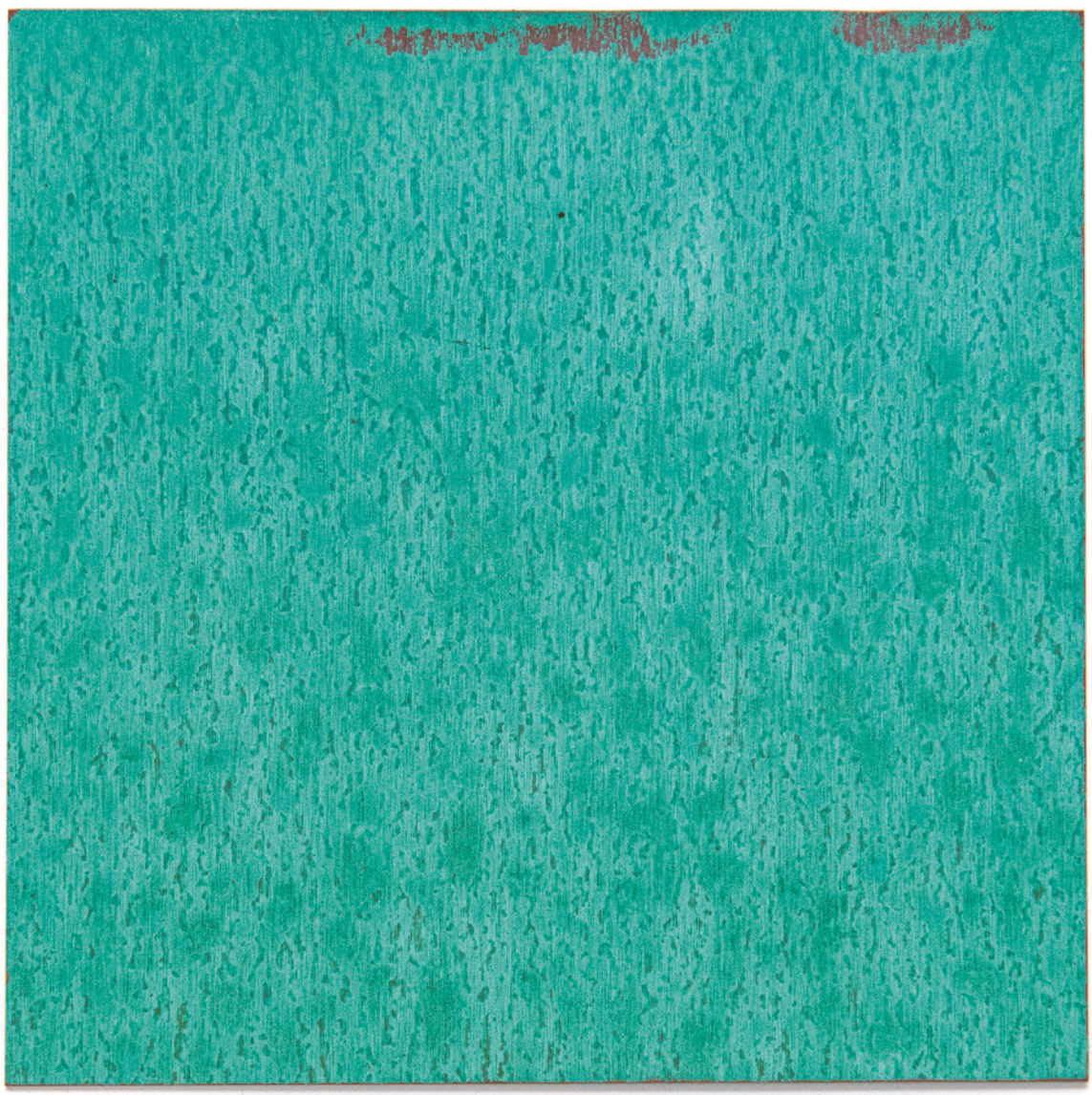
[17]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kupferdachdeckung

Wieder- und weiterverwendete Kupferplatten von Fassaden und Dächern erhalten ihren besonderen Reiz durch die verschiedenen Stadien der Oxidation. Das anfangs rot glänzende Metall bildet im Laufe der Zeit eine schützende Schicht aus, die erst verschiedene Braunabstufungen und dann eine grünliche Farbe annimmt. Durch die Kombination dieser Farbtöne entstehen individuelle Erscheinungsbilder.



OXIDIERTE KUPFER-OBERFLÄCHE
(bezogen bei der Dachdeckerei – Spenglerei Ing. Gunter Rusch GmbH in Alberschwende, Österreich)

Besondere Merkmale
- *wieder- und weiterverwendete Kupferplatten*
- *Farbabstufungen: Kupferrot, Braun, Schwarzbraun, Grün*
- *Rohdichte: 8 940 kg/m^3*

[18]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Baustahl

Stahl gilt grundsätzlich als wiederverwendbar, allerdings müssen dafür die Materialkennwerte der vorherigen Nutzungsfunktion und etwaige Beschädigungen durch Hitzeeintrag oder Verformungen durch Krafteinträge bekannt sein. Liegen diese Informationen nicht vor, müssen Untersuchungen für ihre Ermittlung durchgeführt werden.

WIEDERVERWENDBARER BAUSTAHL
(bezogen bei der Firma Hagedorn GmbH in Gütersloh aus dem ehemaligen Kohlekraftwerk Kneppers bei Dortmund, Deutschland)

Besondere Merkmale
- *wiederverwendeter Baustahl*
- *Rohdichte: 7 856 kg/m^3*
- *Zugfestigkeit S235JR: 270 – 410 MPa*

[19]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Türgriffe und Beschläge

Viele Bauteilbörsen regen mit ihren Onlineshops die Wiederverwendung von Baumaterialien an. Die Firmen demontieren, vermarkten und verkaufen gebrauchte Materialien, Möbel und Einrichtungsgegenstände verschiedenster Art. Auch Beschläge für Schränke und Türen sind ein fester Bestandteil dieser Sortimente. So finden ausgewählte Stücke aus ehemaligen Bankgebäuden oder Museen eine neue Verwendung und werden in den Beneluxländern bereits in Baumärkten angeboten.

SCHRANKGRIFF AUS ALUMINIUM, 1950ER-JAHRE
(bezogen bei der Firma Rotor Deconstruction in Anderlecht, Belgien)

Besondere Merkmale
- *wiederverwendetes, sortenreines Aluminium*
- *verfügbare Dimensionen: je nach Produkt*
- *100 % wiederverwendet, wiederverwendbar und -verwertbar*

[20]

entspricht 1 cm

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Literatur

[1] Schröpfer, Thomas: Material Design. Materialität in der Architektur. Kultur und handwerkliche Qualität. Basel: Birkhäuser, 2011, S. 22

[2] Firma Claytec e. K. (Hrsg.): CLAYTEC Greentech 700. URL: https://www.claytec.de/Medien%20in%20anderen%20Sprachen/Englisch/PB_Greentech%20700_11-2018_RZ_EN.pdf [Stand: 17.07.2020]

[3] Capatect Baustoffindustrie GmbH (Hrsg.): Capatect Hanf Flex Gefachdämmung. URL: https://www.capatect.at/files/ti_gen/CapatectHanfFlexGefachdaemmung_TI_1027_SCREEN.pdf [Stand: 17.07.2020]

[4] Future Cities Laboratory (Hrsg.): Alternative Construction Materials. URL: https://fcl.ethz.ch/research/archipelago-cities/alternative-construction-materials.html [Stand: 17.07.2020]

[5] Firma Inno-Therm®: URL: http://www.inno-therm.com [Stand: 17.07.2020], Informationen von URL: https://emmy.rb.rwth-aachen.de/de/products/used-denim-insulation/ [Stand: 17.07.2020] (Die amerikanische Firma Bonded Logic war einer der ersten Hersteller auf dem Markt. Die britische Firma Inno-Therm® stellt die Wärme- und Schalldämmung nach EU- und UK-Standards her.)

[6] Flumroc AG (Hrsg.): Flumroc Produkte Bauprodukte Außenwände. URL: https://www.flumroc.ch/produkte/bauprodukte/aussenwaende [Stand: 17.07.2020]

[7] Deutsche Foamglas GmbH (Hrsg.): Foamglas Produkte Wärmedämmung. URL: https://www.foamglas.com/de-de/produkte [Stand: 17.07.2020]

[8] Liaver GmbH & Co. KG (Hrsg.): Produktdatenblatt Reapor. URL: http://www.liaver.com/reapor/reapor-absorberplatte/ [Stand: 17.07.2020]

[9] Magna Glaskeramik: (Hrsg.): Technische Daten. URL: https://www.magna-glaskeramik.de/fileadmin/glaskeramik/pdf/de/TechnischeDaten.pdf [Stand: 17.07.2020]

[10] Smile Plastics (Hrsg.): Datasheet. URL: https://smile-plastics.com/wp-content/uploads/2017/09/Datasheet-Smile-Plastics-May19.pdf [Stand: 17.07.2020]

[11] Da die Firma ReWall Solutions ihre Produktion z. Zt. ruhen lässt, gibt es folgende Alternative: Recycled Roofing Sheets, Technical Specifications; Green Wave Eco Ply, Corporate Office: 807, Rama Equator, Morwadi, Pimpri, Pune – 411018, Indien

[12] StoneCycling BV (Hrsg.): Leistungserklärung. URL: https://www.stonecycling.com/ [Stand: 17.07.2020]

[13] Spitzer – Rohstoffhandelsgesellschaft mbH, Geheimrat-Rosenthal-Straße 110a, 95100 Selb, Deutschland

[14] Desso Holding BV, URL: www.desso.nl [Stand: 17.07.2020]

[15] M&K Filze GmbH (Hrsg.): Datenblatt Designfilze. URL: https://filzfabrik.de/dokumente/Datenblatt-Design-Filz.pdf [Stand: 17.07.2020]

[16] Möbel Pfister AG, Suhr, Schweiz. URL: https://www.pfister.ch/de/produkt/7005317/pfister-eigenmarke-fertigvorhang-gemma-vorhang

[17] Firma Hubert Rupp Historische Baustoffe (Hrsg.): Angebot und Herkunft. URL: http://www.rupp-historische-baustoffe.de/bretter-und-dielen/ [Stand: 17.07.2020] (die Materialmuster wurden bezogen bei Landwirt Matthias Hotz, Wittnau)

[18] Ing. Gunter Rusch GmbH Dachdeckerei – Spenglerei, Nannen 721, 6861 Alberschwende, Österreich

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

[19] Hagedorn Holding GmbH, Gütersloh aus dem ehemaligen Kohlekraftwerk Knepper bei Dortmund. URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_Gustav_Knepper [Stand: 17.07.2020]

[20] Rotor Deconstruction. URL: https://rotordc.com/ [Stand: 17.07.2020]

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte
Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

5 ANHANG

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Quellennachweis

1 EINFÜHRUNG

Werner Sobek – Für mehr Menschen mit weniger Material bauen

ABB. 1, 2 Gabriela Metzger, ILEK Stuttgart

ABB. 3, 4, 5 Zooey Braun, Stuttgart

Walter R. Stahel – Wirtschaften in Kreisläufen. Eine Begriffsklärung für den Bausektor

ABB. 1 Sonja Steenhoff, basierend auf Informationen von Walter R. Stahel

2 GESCHLOSSENE KREISLÄUFE IM BAUWESEN

TAB. 1 Felix Heisel, basierend auf VDI 2243

Annette Hillebrandt – Kreisläufe schließen. Urban-Mining-Design, Urban-Mining-Index und Urban-Loop-Design

ABB. 1 Sonja Steenhoff, basierend auf Daten des Global Footprint Network, 2019, National Footprint Accounts

ABB. 2 Annette Hillebrandt in: Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies, Johanna: Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource. München: Detail, 2018, S. 63

ABB. 3 Annette Hillebrandt in: Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies, Johanna: Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource. München: Detail, 2018, ABB. B 2.4a, S. 64

ABB. 4 Anja Rosen in: Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies, Johanna: Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource. München: Detail, 2018, S. 143

TAB. 1 Annette Hillebrandt unter Mitarbeit von Jan Martin Müller: Urban Mining Design. URL: www.urban-mining-design.de [Stand: 17.07.2020]

TAB. 2 Annette Hillebrandt unter Mitarbeit von Jan Martin Müller und dem Masterkurs Studio Nachhaltiges Bauen und Architekturperformance der Universität Wuppertal: Urban Mining Design. URL: www.urban-mining-design.de [Stand: 17.07.2020]

Kerstin Müller – Das Lesen und Weiterschreiben der gebauten Umwelt

ABB. 1–3, 5–14, 16, 17, 20–22, 24 baubüro in situ ag; Fotograf: Martin Zeller

ABB. 4, 15, 18, 19, 23 baubüro in situ ag

Emmanuel Cortés und Arne Vande Capelle – Urban Mine Incorporation

ABB. 1–11, 13–19 Rotor DC

ABB. 12 GETTY images

Felix Heisel, Karsten Schlesier und Dirk E. Hebel – Der *Mehr.WERT.Pavillon* auf der Bundesgartenschau Heilbronn. Hindernisse auf dem Weg zu einer standardisierten Kreislaufwirtschaft

ABB. 1, 2, 4, 6, 14 Zooey Braun, Stuttgart

ABB. 3, 8, 7, 9, 12 2hs Architekten und Ingenieur PartGmbB

ABB. 5 Jonathan Preker Copterbrothers

ABB. 10 Dietrich Rall

ABB. 11 Wojciech Zawarski

ABB. 13 Felix Heisel

TAB. 1, 2 2hs Architekten und Ingenieur PartGmbB

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

3 SORTENREINHEIT IM BAUWESEN

Felix Heisel und Dirk E. Hebel – Die Urban Mining and Recycling (UMAR) Unit

ABB. 1, 2, 10, 12–17 Zooey Braun, Stuttgart

ABB. 3, 4 Werner Sobek mit Dirk E. Hebel und Felix Heisel

ABB. 5, 7 Wojciech Zawarski

ABB. 6 Siegfried Mäser

ABB. 8 Felix Heisel und Sara Schäfer

ABB. 9 Felix Heisel und Laura Mrosla

ABB. 11 Empa

ABB. 18 Rene Müller, Stuttgart

Daniela Schneider – Einfach intelligent konstruieren. Kreislaufgerechte Konstruktionen zur Ressourcenschonung und langfristigen Kostenersparnis

ABB. 1 wulf architekten Stuttgart, 2019

ABB. 2, 3, 6 wulf architekten Stuttgart, 2019, mit Ergänzungen der Autorin

ABB. 4 EPEA GmbH – Part of Drees & Sommer, 2019

ABB. 5 EPEA GmbH – Part of Drees & Sommer, 2019: Building Material Scout. URL: https://building-material-scout.com/de-de/ [Stand: 17.07.2020]

Felix Heisel, Dirk E. Hebel und Philippe Block – No-Waste-Vault. Ein Pavillon aus Getränkeverpackungen für New York

ABB. 1–4, 7–10 Albert Vecerka/Esto

ABB. 5, 6 Projektteam *No-Waste-Vault*

4 EIN NEUES MATERIALVERSTÄNDNIS

Peter van Assche – Kreislaufdenken als neue Systemlogik

ABB. 1 Jeroen Musch

ABB. 2, 5, 12 bureau SLA & Overtreders W

ABB. 3, 4, 8, 9 bureau SLA

ABB. 6 Jorn van Eck

ABB. 7, 11 Jeroen van der Wielen

ABB. 10 Filip Dujardin

Felix Heisel und Sabine Rau-Oberhuber – Materialpässe und Materialkataster für die Dokumentation und Planung

ABB. 1 Zooey Braun, Stuttgart

ABB. 2 Felix Heisel

TAB. 1–3 Felix Heisel

Anse Smeets, Ke Wang und Michał P. Drewniok – Wiederverwendung von Baustahl. Wie Materialpässe finanzielle Barrieren der Wiederverwendung im Bausektor senken – ein Beispiel aus Großbritannien

ABB. 1 Sonja Steenhoff, basierend auf: Smeets, Anse; Wang, Ke; Drewniok, Michał: Can Material Passports lower financial barriers for structural steel reuse? Brüssel: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019

ABB. 2 Smeets, Anse; Wang, Ke; Drewniok, Michał: Can Material Passports lower financial barriers for structural steel reuse? Brüssel: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019

TAB. 1–3 Smeets, Anse; Wang, Ke; Drewniok, Michał: Can Material Passports lower financial barriers for structural steel reuse? Brüssel: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Sandra Böhm – Der ästhetische Reiz der urbanen Mine. Eine neue Wertigkeit von Baumaterialien im Kreislaufprozess

Abb. S. 179, 180, 182, 183, 185–188, 192, 195 Rene Müller

Abb. S. 181 Carlina Teteris, FCL Singapore

Abb. S. 184, 189, 190, 194, 196 Bernd Seeland

Abb. S. 191 Elena Boermann

Abb. S. 193 Felix Heisel

Abb. S. 197 Wojciech Zawarski

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Stichwortverzeichnis

A
Abfall 16, 33ff., 49ff., 65ff., 95ff., 120, 131, 133ff., 146, 150, 160, 170, 177
Abfallwirtschaft 13, 16, 18, 47
abiotischer Rohstoff 10
abiotische Stoffe / Materialien 16
anthropogene Reserven 20
anthropogenes (Rohstoff-)Lager 16, 51
Anthroposphäre 16, 46
Anthropozän 16, 33ff.

B
biotische Stoffe / Materialien 16, 116

C
Cradle-to-Cradle-Ansatz 152
Cradle to Cradle (C2C) 17, 193
Cradle-to-Cradle-Prinzip 115, 124

D
Deponie 17, 49ff., 115, 145, 158
Downcycling 17, 54ff.

E
Effizienz 17f., 20, 24, 40, 59, 65, 160f., 164

G
graue Energie 17, 36, 41, 65, 66, 164
grauer Kohlenstoff 17

K
Kaskadennutzung 17, 35, 54f., 66, 95, 134, 161
Kompositbaustoff 53
Konsistenz 17f., 20, 51
Kreislaufgerechtigkeit 18, 88, 124ff., 135, 164
Kreislaufwirtschaft 18, 53, 79ff., 90ff., 108, 152, 158, 164
kumulierter Energieaufwand (KEA) 18

L
Landfill Mining 18
Lebenszykluskosten 18, 102, 130

M
Materialpass 18, 125, 157, 172
Mehr.WERT.Pavillon 102

N
No-Waste-Vault 139
Nutzungsphase 19ff., 26f., 65f., 97, 124f., 145ff., 158ff.

O
Ökobilanz 19, 102

P
Post-Consumer-Abfall 19
Pre-Consumer-Abfall 19
Primärrohstoff 19, 21, 97, 158

R
Recycling 19, 23ff., 52ff., 66, 75, 90ff., 108, 112, 133, 150, 152, 157ff.
Reichweite 25, 49
Reichweite (statische) 19
Reserve 19f., 49, 62
Ressource 20, 33ff., 49ff., 65ff., 79, 90, 95, 100, 112, 116, 125, 131, 133, 138, 144, 157, 178

S
Sekundärrohstoff 20, 97, 177f.
Sharing / Performance Economy 20, 121
Sortenreinheit 20, 125
stoffliche Verwertung 20
Stoffstrommanagement 20
Suffizienz 17f., 20, 51f., 120, 124

T
thermische Behandlung 20
thermische Verwertung 21, 54

U
Upcycling 21
Urban Mining 21, 31, 51f., 65, 67, 79f., 85, 108, 112, 157
Urban Mining and Recycling Unit 122

https://doi.org/10.51202/9783736805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

W

Weiterverwendung 17, 21, 66ff., 95, 116, 164
Weiterverwertung 17, 21, 54f., 95, 116, 164
Wiederverwendung 21, 34ff., 52, 73, 79ff., 95ff., 112ff., 126ff., 155, 157ff., 168ff.
Wiederverwertung 21, 52, 54f., 86, 97, 100, 117, 121, 126, 134, 154, 164, 168

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Fraunhofer IRB Verlag

Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Energetische Potenziale von Siedlungen

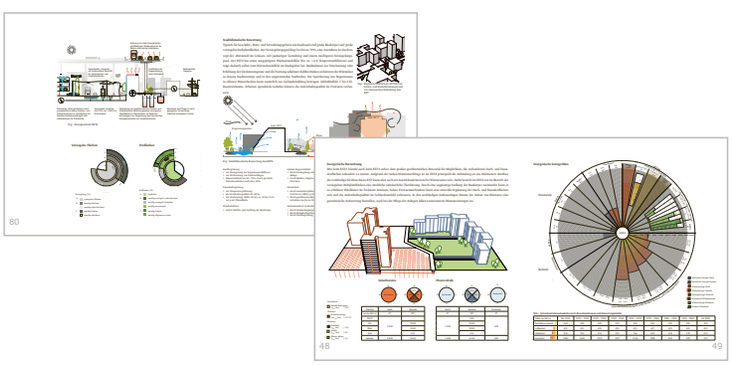
Energetische Stadtraumtypen

Strukturelle und energetische Kennwerte von Stadträumen

Ein schonender Umgang mit Ressourcen ist bei der Bau- und Stadtplanung heutzutage grundlegend wichtig. Vor dem Hintergrund der »Suffizienz« betrachten die Autoren energetische Bedarfe sowie Potenziale typischer Siedlungsformen. Prägnante Steckbriefe und Kennwerte geben Auskunft über Siedlungen mit Wohnbebauung, Gewerbe oder Mischnutzung. Erstmals werden auch die stadtklimatischen Potenziale und Defizite der verschiedenen Stadtraumtypen miteinbezogen.

In der zweiten, erweiterten Auflage beschreiben die Autoren ergänzend typische Anlagentechniken, mit denen regenerative Energien bereitgestellt werden können, und erörtern Biomassepotenziale von Städten.

Hrsg.: Jörg Dettmar, Christoph Drebes, Sandra Sieber, 2020, 2., überarb. u. erw. Aufl., 232 Seiten, 136 Abb., 101 Graf. u. 18 Tab., Softcover
ISBN 978-3-7388-0342-6, auch als E-Book und BuchPlus verfügbar



Direkt online bestellen:

www.baufachinformation.de

Nobelstraße 12 ▪ 70569 Stuttgart ▪ irb@irb.fraunhofer.de ▪ www.baufachinformation.de

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783736805842 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte
Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Felix Heisel | Dirk E. Hebel [Hrsg.]

Urban Mining und kreislaufgerechtes Bauen

Die Stadt als Rohstofflager

Wie können wir zukünftige Bauaufgaben sozial, ökonomisch und ökologisch bewältigen, um unserer gesellschaftlichen Verantwortung gerecht zu werden? Dieser wichtigen Frage widmet sich dieser Leitfaden und hinterfragt dabei die heute vorherrschende Wegwerfmentalität unserer Bauindustrie. Es gilt, neues Wissen über eine Kreislaufwirtschaft im Bauwesen aufzubauen.

Dem linearen Wirtschaftsmodell und damit der Vernichtung von Ressourcen steht die Idee geschlossener Stoffkreisläufe, neuartig konzipierter, sortenreiner Konstruktionen und (Rück-) Bautechnologien sowie daraus abgeleiteter innovativer, kreislauforientierter Geschäftsmodelle entgegen. Die gebaute Umwelt muss als Materiallager der Zukunft verstanden und insofern bereits heute für die einfache Entnahme von Baumaterialien geplant werden. Internationale Experten beleuchten aus ganz unterschiedlichen Blickwinkeln und anhand zukunftsweisender Projektbeispiele, wie dieser Paradigmenwechsel gelingen und den technischen, logistischen und organisatorischen Herausforderungen einer Kreislaufwirtschaft mit ganz neuen methodischen Ansätzen begegnet werden kann. Eine Sammlung ausgewählter Materialbeispiele zeigt die besondere Ästhetik und Wertigkeit von wiederverwendeten und -verwerteten Baustoffen und Bauteilen.

Der Einstieg in eine vollständige Kreislaufwirtschaft muss zur Schonung unserer natürlichen Ressourcen zum zentralen und gemeinsamen Ziel unserer Gesellschaft werden. Durch positive Anreize und Denkanstöße will dieses Buch mögliche Wege zu einer kreislaufgerechten Bauwirtschaft aufzeigen.

ISBN 978-3-7388-0563-5

9 783738 805635

Fraunhofer IRB Verlag

https://doi.org/10.51202/9783738805642 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 06:31:29. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.