

IBIT | INSTITUT FÜR BILDUNGSTRANSFER

Paper für Expert*innen

PROF. DR. JAN GROSSARTH-MATICEK

URBAN MINING

Stand 30.01.2023

„Das Werk, einschließlich aller Inhalte, insbesondere Abbildungen, Design, Videos etc., ist urheberrechtlich geschützt (Copyright). Das Nutzungsrecht liegt, soweit nicht anders ausdrücklich gekennzeichnet, bei der Hochschule Biberach. Dieses Skript ist nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Wer unerlaubt Inhalte kopiert, verbreitet oder verändert, macht sich gemäß § 106 ff Urhebergesetz (UrhG) strafbar. Er/ Sie wird kostenpflichtig abgemahnt und muss zusätzlich mit Schadensersatz rechnen.“

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	2
Urban Mining (Stadt als Rohstofflager)	3
1. Zusammenfassung	3
2. Vermessung der Urbanen Mine	4
3. Geschichte und Definitionen	7
4. Reichweite der Ressourcen	9
5. Urbane Mine: Baustoffe aus Abfallströmen	11
6. Urban Mining Index	13
7. Nachverdichtung urbaner Raum	14
8. Grenzen des Urban Mining	15
Literaturverzeichnis	16

URBAN MINING (STADT ALS ROHSTOFFLAGER)

1. ZUSAMMENFASSUNG

Urban Mining bezeichnet den Ansatz, Rohstoffe aus dem Gebäudebestand und Deponien zu verwenden. Die Abflüsse aus der urbanen Mine sind steigend und mengenmäßig sehr bedeutend. Indexwerte für den Grad der lokalen Wiederverwertung stehen zur Verfügung. Schadstoffkontaminationen und Energieaufwand der Förderung stehen dem Ziel entgegen.

Urban Mining (Stadt als Rohstofflager)

Zusammenfassung

2. VERMESSUNG DER URBANEN MINE

Stellt man sich die gebaute Umwelt als Materiallager oder Rohstoffmine für die spätere Wiederverwertung vor, ist eine zentrale Frage, wie groß die darin lagernden Materialmengen sind. Relevant sind auch deren Zusammensetzung und Qualität. Der **Materialbestand** der „urbanen Mine“ in der gesamten Europäischen Union beträgt schätzungsweise rund **400 Tonnen Material pro Kopf**, wovon 340 Tonnen in Form von Gütern, Gebäuden oder als Infrastruktur im Umlauf oder der Nutzung oder dem Bestand sind, und rund 60 Tonnen als Deponieabfälle lagern (Hebel, Heisel 2021). Für Deutschland wird der Wert mit 317 Tonnen mineralischer Baumaterialien beziffert, die pro Kopf verbaut seien – das entspräche einem Gesamtmaterialwert von 350 Milliarden Euro (Acatech 2021).

Die „urbane Mine“ wird auch als anthropogenes Materiallager bezeichnet. Zwischen 1900 und 2010 wuchs dieses weltweit schätzungsweise um den Faktor 23, womit die Summe der Rohstoffe, die nicht nur in Gebäuden und Infrastruktur, sondern auch in den dauerhaften Gütern (etwa Maschinen) verbaut sind, im Jahr 2010 rund **792 Milliarden Tonnen** betrug (Sobek 2022). Allein in Deutschland betrug 2010 der Gesamtbestand an Bauwerken **rund 50 Milliarden Tonnen** Material (Schiller, Deilmann et. al., 2010). Davon lagern rund 10 Milliarden Tonnen in dem Wohn- und Gewerbeimmobilienbestand, und davon wiederum waren je rund:

mineralische Baustoffe	9,7 t
Baustähle	0,1 t
Kupfer	0,003 t
Holz	0,2 t
Kunststoffe	0,008 Mio. t

Jährlich entstehen neue Bauabfälle. 2018 waren dies allein knapp 60 Millionen Tonnen Bauschutt. Die Verwertungsquoten aller Bauabfälle sind meist über 90 Prozent und teilweise nahe bei 100 Prozent; hier verbleibt das Material sozusagen in der Urbanen Mine, wobei der **Großteil des Bauschutts zu Recycling-Baustoffen wird**, der Großteil des Bodenaushubs als Verfüllungsmaterial verwendet wird:

Tabelle 1 Bauabfall 2018. Q. BVSE (2020) , S. 65, und KWB (2021) , S.5 ff.

	Verwertungsquote insgesamt	Summe in Mio. t (gesamt: 218,8)	Davon: Verwertung im Baustoff-Recycling	Davon: Sonstige Verwertung	Davon: Verfüllung von Abgrabungen über Tage / Deponiebau	Davon: Deponierung
Boden und Steine	86,2	130,3	13,3		99	18
Baustellena bfall	98,7	14	0,3	13,5		0,2
Gips-Bauabfälle		0,64	0,03		0,28	0,32
Bauschutt	93,5	59,8	46,6		9,6	3,6
Straßenaufbruch	97,5	14,1	13,1		0,6	0,4

Die „Fördermengen“ der Urbanen Mine Deutschlands sind, wenn man in diesem Sprachbild bleiben will, größer als die Baustoffverwendung in Zukunft eingeschätzt wird. Das Umweltbundesamt jedenfalls sagt voraus, dass:

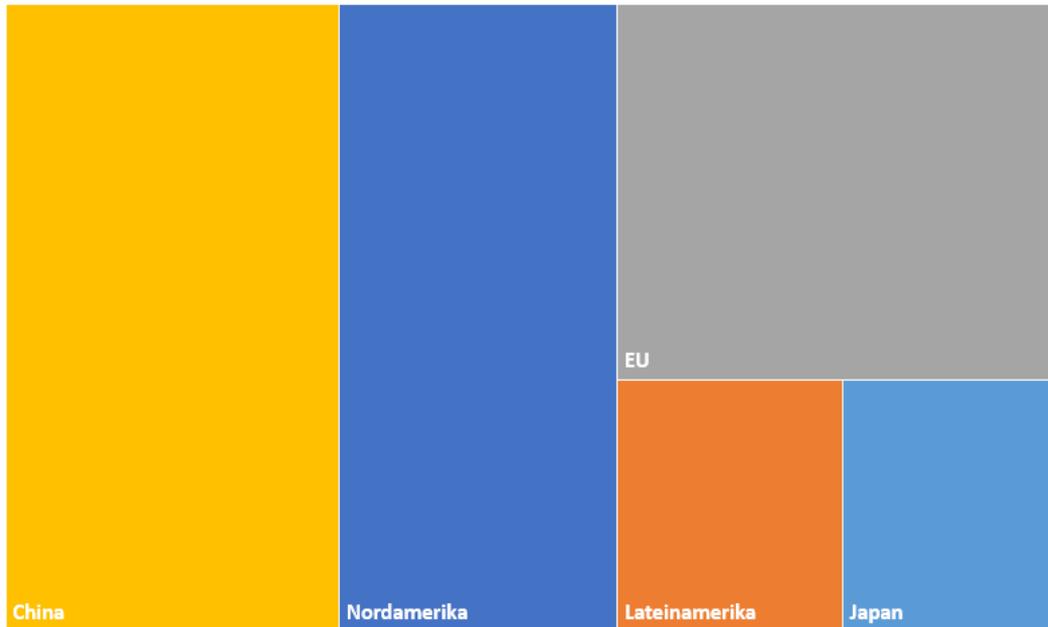
1. Die **Baurestmassen** für den Abbruch insgesamt **stark ansteigen** werden – erstens durch weiteren Wegzug aus strukturschwachen Regionen, zweitens aber, weil der Bau im Bestand zunehmen werde und damit der Materialbedarf sinken.
2. Bis zum Jahr 2050 flößen dann etwa anderthalb Fach so viel Baurestmateriale aus dem Wohngebäudebestand – also aus der „Urbane Mine“ – ab, wie neu eingebracht würde.
3. Der Straßenbau und sein Materialbedarf entscheidet über die gebrauchte Menge an Material aus Bauabbrüchen.¹

Zwar gibt es keine amtlichen Statistiken zum Urban Mining, jedoch existieren zahlreiche Schätzungen einzelner Aspekte auf Länderebene. So wurde geschätzt, dass 2009 in **Österreich 4,5 Tonnen Eisen je Einwohner** in Gebäuden und Infrastruktur lagern, oder 200 Kilogramm Kupfer (Daxbeck et al. 2009). Am Beispiel des Kupfers verdeutlicht sich, dass im Falle einiger metallischer Mineralien der Umfang der Urbanen Mine größer ist als derjenige der terrestrischen: Weltweit wurden in den einhundert Jahren von 1910 bis 2010 rund 650 Millionen Tonnen (Mt) Kupfer aus der Erde gefördert. Das ist deutlich mehr, als in den geologischen Abraumbereichen

¹ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/abfallwirtschaft/urban-mining/stoffstrommanagement-im-bauwesen#hemmnisse-beseitigen>

verbleibt, nämlich letzteres sind nur 100 Mt. Für die „Urbane Mine“ der verbauten Umwelt wird hingegen mit 350 Mt gerechnet; in den Deponien sollen 140 Mt liegen (Tercero Espinoza 2020, S. 14f.). Betrachtet man die Urbane Mine für Kupfer, so fällt auf, dass in allen Erdregionen jeweils der **Gebäudebestand das größte anthropogene Kupferlager** ausmacht.

Die Urbane Mine für Kupfer



Weltweiter Bestand: 452 Millionen Tonnen. Davon macht die im Gebäudebestand lagernde Kupfermenge in allen Erdteilen den größten Anteil aus vor den verbauten Mengen in Infrastrukturbauten, Konsumentenprodukten, Fabrikanlagen u. a. Fraunhofer (2020), S. 15f.

3. GESCHICHTE UND DEFINITIONEN

Als ein Vorläufer des „Urban-Mining-Denkens“ gilt die Richtlinie des Verbandes Deutscher Ingenieure (VDI) „Recyclingorientierte Produktentwicklung“ (1993). Hier ist die heute gebräuchliche Unterscheidung zwischen: „**Wieder / Weiter**“ – „**Verwendung**“ / „**Verwertung**“ gemacht – oder wie folgt, auf Englisch, mit Beispielen:

- Pfandflasche (**re-use**)
- Senfglas als Trinkglas (**re-purposing**)
- Altglas zu Glasflaschen (**re-cycling**)
- Altglas als Streugut (**re-processing**)

Das Ideal des Urban Mining wäre in dieser Nomenklatur das Re-Use oder Re-Purposing.

Vom Urban Mining aber ist kaum vor den 2010er Jahren in der Wissenschaft die Rede; nur vereinzelt taucht der Begriff vorher im Zusammenhang mit dem Berg- und Tagebau in städtischen Regionen sowie in japanischer Literatur auf. Es handelt sich beim Urban Mining laut Definition um die

„Gewinnung sekundärer Rohstoffe aus den **Lagerstätten der Zivilisationsabfälle** und Produktionsreststoffen“ (Flamme, Krämer 2010; Fettung JG).

Die Relevanz dieser Quelle wurde mit der abnehmenden und teils nur noch geringen Reichweite der Ressourcen, insbesondere metallischer, begründet. Ein weiterer Grund der steigenden Aufmerksamkeit waren die sprunghaften Rohstoffkostensprünge der Jahre 2007 bis 2008 (Ebd.). Zu unterscheiden ist auch zwischen der **lang- und kurzfristigen urbanen Mine**. Zu ersterer zählen die Gebäude und Deponien.

Ein Argument für das Urban Mining ist ferner der teils deutlich geringere gesamte Energiebedarf und in vielen Fällen überlegene Treibhausgasbilanzen im Vergleich mit einer Förderung der Primärrohstoffe; der Energiebedarf der Primärförderung etwa kann bis zu 95 Prozent höher sein (im Beispiel des Zinks). Schließlich sind auch die Rohstoffgehalte der Urbanen Mine in vielen Fällen höher als in der terrestrischen Mine. So ist der Anteil des Edelmetalls Gold in Computerfestplatten oder alten Mobiltelefonen etwa 50- bis 70-fach höher als im Golderz der Erzbergwerke (ebd.).

In Deutschland wurde der Begriff Urban Mining ab etwa 2010 durch das Wuppertal Institut popularisiert.² In dieser Zeit wurden auch die heute im Zusammenhang mit dem Nachhaltigen Bauen geläufigen Konzepte der Sortenreinheit oder der Gebäudematerialpässe öffentlich erstmals artikuliert. Aus dieser Sicht erschienen nun aus vielschichtigen Materialkompositionen verbundene Gebäudeteile wie

² <https://wupperinst.org/a/wi/a/s/ad/1129>

Wärmedämmverbundsysteme, Faserbeton oder fassadenintegrierte Photovoltaikanlagen als problematisch.³ In Iserlohn fand ab 2010 einige Jahre hintereinander ein internationaler wissenschaftlicher Kongress zum Urban Mining statt.

Die gebaute Umwelt sollte dem gegenwärtig formulierten Anspruch des Urban Mining nach als Materiallager dienen, nicht bloß als Rohstofflager. Das bedeutet, dass Gebäudeteile und Baumaterialien

- **verlustfrei**
- und **werterhaltend umnutzbar**

sein. Damit dies möglich wäre, bräuchte es neue Verbindungsstrategien, Rückbauanleitungen als Servicedienstleistung der Bauwirtschaft; vgl. das Expertenpapier zur Zirkulärwirtschaft (Hebel, Heisel, S. 13).

Schließlich kann das Urban Mining vom Bergbau wie folgt abgegrenzt werden (Tercero Espinoza 2020, S. 10):

Bergbau:

- Basiert auf geologischen Ressourcen
- begrenzt durch Verfügbarkeit geologischer Lagerstätten
- erweiterbar, um der steigenden Nachfrage gerecht zu werden
- auf wenige Orte konzentriert
- erhebliche Umweltauswirkungen
- oft gegen den Willen der lokalen Bevölkerung

Urban Mining:

- basiert auf anthropogenen Ressourcen
- begrenzt durch Menge an Materialien in der Anthroposphäre
- kann der steigenden Nachfrage nicht gerecht werden
- konzentriert in städtischen Gebieten (insbesondere in Industrieländern)
- eher geringere Umweltbelastung
- Unterstützung der Bevölkerung weniger problematisch

³ <https://kreislaufwirtschaft->

[bau.rlp.de/fileadmin/kreislaufwirtschaft_bau/pdf_s/Kiefhaber_Zukunftsentwicklung_Urban_Mining_-_Bauwerke_als_Rohstoffminen_2012.pdf](https://kreislaufwirtschaft-bau/pdf_s/Kiefhaber_Zukunftsentwicklung_Urban_Mining_-_Bauwerke_als_Rohstoffminen_2012.pdf) S. 8

4. REICHWEITE DER RESSOURCEN

Von allen terrestrischen **Ressourcen** sind **Reserven** die erstens entdeckten und zweitens wirtschaftlich gewinnbaren. Wenn man die Ressourcenmenge eines Rohstoffs durch den jährlichen Verbrauch teilt, erhält man die Kennziffer der **statischen Reichweite** (Annahme gleichbleibender Fördermenge), wohingegen die dynamische Reichweite von Prognosen steigender Fördermengen ausgeht. Tatsächlich ist es

„aber nahezu unmöglich, die Reichweite eines bestimmten Rohstoffs anzugeben. Immer wieder werden neue Lagerstätten entdeckt, während bei bekannten Lagerstätten die Abschätzung der vorhandenen Erzmenge regelmäßig nach oben oder unten korrigiert werden muss. Steigende Preise oder neue Technologien können zudem Vorkommen profitabel machen, die zuvor als nicht lohnend galten. Langfristig werden Lagerstätten in abgelegenen Gebieten und Vorkommen mit geringem Erzgrad immer wichtiger werden.“ (Neukirchen, Ries 2016, S. 9)

Die Sorge um Ressourcenverknappung ist dabei ein Phänomen, das Jahrhunderte nachweisbar ist und oft im Nachhinein trügerisch war (Schmidt 2019). Viele kritische Metalle wie Indium, Fluorit, Grafit, Kobalt, Niob oder Antimon sind zum Beispiel für Elektronikanwendungen relevant; von den für das Bauwesen direkt bedeutenden Mineralien sind derzeit – hier von Wikipedia entnommen, mit Vorsicht zur Kenntnis zu nehmen – folgende statische Reserven angenommen⁴

- Graphit (etwa pulverisiert als Additiv zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit): 291 Jahre
- Eisen: 55 Jahre
- Kupfer: 43 Jahre
- Gips: 15 Jahre

Der Massenbaustoff **Gips** wird in Deutschland auch aus dem Grund knapp und teuer werden, da der Kohleausstieg den Gipsplattenrohstoff REA-Gips aus den Rauchgasentschwefelungsanlagen der Kohlekraftwerke ausgehen lassen wird.⁵ Die wissenschaftliche Übersicht für Steine, Erden und Industriemetalle hütet sich vor solchen Bezifferungen. Aus Sicht des Bauwesens sind dabei besonders die Massenrohstoffe von Interesse (Neukirchen, Ries 2016, S. 317-332). Schwierig ist es zum Beispiel, die **Sandreserven** zu beziffern. Lokal werden ganze Sandstrände abgetragen, ob in Marokko, Indien oder Jamaika. Diese Umweltschäden sind medial viel beachtet. Nicht jede Sandqualität ist für Betonmischungen brauchbar. Ein Überblick über die Rohstoffreichweite ist nicht zu gewinnen.

⁴ Wikipedia 2023, großteils nach USGS.

⁵ <https://www.br.de/nachrichten/wirtschaft/bremse-im-bauhandwerk-gips-wird-knapp-und-teuer,T0H3VLG>

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe hat nach verschiedenen Kriterien einen Gesamtindex der global wichtigsten Rohstoffländer erstellt. Die „Top 10“ sind:⁶

1. China
2. Brasilien
3. Australien
4. Russische Föderation
5. Vereinigte Staaten
6. Kanada
7. Indien
8. Südafrika
9. Chile
10. Indonesien
11. ...
18. Deutschland

Lokale Erhebungen

Praktikabler als der globale Gesamtüberblick ist es, lokale Beispielfälle zu beziffern. Ein Beispiel ist **Berlin**. Dessen anthropogenes Lager nur mineralischer Baustoffe wird auf 1,12 Milliarden Tonnen beziffert (606 Millionen im Hochbau und 514 Millionen Tonnen im Tiefbau). Diese Zahlen lassen sich zum Jahresbedarf in Bezug setzen; das sind allein für die Beton- und Asphaltherstellung der ungebundenen Schichten im Straßen- und Wegebau rund 2,5 und 3,7 Millionen Tonnen Sand, Kies und Splitte im Jahr. Das Gesamtaufkommen mineralischer Baustoffe in Berlin wird mit 4 Millionen Tonnen beziffert, woraus 1,2 Millionen Tonnen als Rohstoff in der Recyclingbaustoffherstellung verwendet werden. Da die Urbane Mine Berlin mehr Schutt abwirft, als dort gebraucht wird, wird Brandenburg wohl Deponiekapazitäten ausbauen müssen.⁷ Ein viel beachteter des innovativen Baustoff-Urban-Mining ist Amsterdam, das im Zuge seiner Klimaneutralitätsstrategie einen Businesspark für entsprechende Ansiedlungen plant.

Lokale Erhebungen

⁶ BGR 2020, S. 18,

https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/studie_Laendervergleich_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=4

⁷ https://www.ressourcenwende.net/wp-content/uploads/2022/07/texte_47-2022_kartierung_des_anthropogenen_lagers_iii.pdf; S. 91ff.

5. URBANE MINE: BAUSTOFFE AUS ABFALLSTRÖMEN

Zwar ist aus Sicht der Bauanwendung der relevanteste Massenbaustoff des Urban Minings der Beton (Acatech 2021, S. 21f.). Doch es gibt auch „exotische“ Anwendungsfälle von Relevanz. Die urbane Mine kann aus bauwirtschaftlicher Sicht in überraschender Hinsicht interessant sein. Polymerische Abfallstoffe lassen sich zu Baustoffen transformieren. Das gilt für Holzfaser- und alle zellstoffhaltigen Rohstoffe, aber auch etwa für PET-Flaschen. Diese, die für die Ökosysteme der Weltmeere zum Problem werden, lassen sich nicht nur zu Textilien oder Treibstoffen umwandeln, sondern auch zu Bausteinen für den Bau kleiner Häuser, was in Entwicklungsländern entweder mit den ganzen Flaschen erprobt wurde⁸ (sei es mit Sand oder Plastikmüll gefüllt), oder mit Steinen, die aus Sand und PET-Material gemacht wurden, so etwa in Bangladesch (Haque 2019). Dieser Problemfall der Urbanen Mine wurde andererseits in Nigeria als Bitumenzusatz im Straßenbau verwendet (Sojobi 2016). Über die Entstehung des angeblich ersten Plastikflaschenhauses Afrikas in Nigeria berichtete die Presse im Jahr 2011:

Urbane
Baustoffe
Abfallströmen

Mine:
aus

⁸ Etwa: <http://www.plasticbottlevillage-theline.com/en/why-live-in-a-plastic-bottle-house>

Africa's First Plastic Bottle House Rises in Nigeria



ARCHITECTURE

Design » Architecture

🕒 11/07/2011 under Architecture, Art, Design, News

Abbildung 1 Screenshot Inhabitat.

6. URBAN MINING INDEX

Im Zusammenhang mit dem Anspruch des Urban Mining ist die Rede von Loop-Materialien und **Closed-Loop-Materialien**. Erstere lassen sich teilweise in situ wiederverwerten, letztere vollständig und ohne Qualitätsverlust. Der **Klinker** zum Beispiel als Loop-Material lässt sich fein zerrieben wiederverwerten als Rohstoff für hochgebrannte Klinker, wobei nur maximal 20 Prozent Zusatz von Altklinkermaterial möglich ist, da hier der Ton als Bindemittel fehlt. Der **Lehm** hingegen darf als Closed-Loop-Material gelten. Seine Wiederverwertung ist vollständig möglich, da er nicht gebrannt wird. Ein nahezu geschlossener Verwertungskreislauf ist erzielbar (Hillebrand 2021, in Heisel, S. 54).

Die Begrifflichkeiten entstammen dem von Anja Rosen (2020) entwickelten **Urban-Mining-Index**. Er gibt an, wie groß der Anteil der Materialienwiederverwertung und -verwendung in situ für ein konkretes Bauprojekt ist. In einem **Material-Cycle-Status** werden hier etwa der Anteil an verwendetem Recyclingmaterial, das Material-Loop-Potenzial und das Materialschicksal am Gebäudelebensende in einen Indexwert eingerechnet. Der Werkzeugkasten des Urban-Mining-Index bietet in einem umfangreichen Excel-Tool etwa auch eine Kriterien-Checkliste für die Bauplanung und das Projektmanagement. Am *Beispiel des Tragwerks* etwa (hier jeweils: Sohlplatte, Außenwände, Innenwände, Decken, Dach) fragt er Kennziffern ab über die

- **Suffizienz**, also Sparsamkeit (etwa: Bestandsweiternutzung in situ, Verzicht auf Material- oder Bauteilschicht, Re-Use, Re-Cycling)
- Einsatz **nachwachsender Rohstoffe** (Anteil der zertifizierten Hölzer)
- **Hochwertige Verwertung** – Recycling, Kaskadennutzung (Sortenrein recyclingfähiges Material biotischen Ursprungs, abiotischen Ursprungs, Sortenrein hochwertig in Nutzungskaskaden verwertbares biotisches Material, abiotisches Material...)
- **Materialfügung** (Verwendung lösbarer Fügungen oder einstofflicher Verbindungen?)

Der Urban Mining Index selbst basiert auf einem aufwendigen Rechenverfahren. Rosen (2020) gibt einen Überblick und ein Praxisbeispiel. Noch ist nicht absehbar, in welchem Maß sich dieser Index in der Praxis durchsetzen wird und auch, ob er in der Außenkommunikation auf Resonanz stoßen wird.

7. NACHVERDICHTUNG URBANER RAUM

Man muss Urban Mining nicht auf die Rohstoffseite beschränken. Auch die **Nachverdichtung des urbanen Raums**, sei es durch Aufstockungen, Lückenschließungen, Anbauten oder Revitalisierung nicht genutzter Industriebrachen ist Teil der Nutzung des städtischen Gebäudebestandes. Neben der Nachverdichtung für Wohn- und Gewerbeziele ist auch eine Nachverdichtung mit Kraftwerksflächen mitzudenken: Die Effizienz der **Photovoltaikflächen** hat sich in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten beachtlich erhöht und im Zuge der Energiewende werden zunehmend Dächer auch von Supermärkten und andere Dachflächen, Straßen- oder Zuglinienüberdachungen oder Umrandungen mit (teils transparenten) PV-Modulen wirtschaftlich attraktiv. In welchem Maß sich die inländische PV-Strom-Produktion gegenüber dem Import aus dem sonnenreicheren Ausland begründen lässt, ist eine komplizierte Frage. Die solare Strahlungsintensität in Deutschland ist vergleichsweise mit Standorten in Südeuropa oder Afrika im Jahresmittel etwa 40 Prozent oder mehr niedriger.

Nachverdichtung
urbaner Raum

8. GRENZEN DES URBAN MINING

Womöglich sind die Potenziale dieses Ansatzes überschätzt. Urban Mining wird seit erst gut zehn Jahren im Kontext des Pfades in eine Zirkulärwirtschaft propagiert, aber wurde noch kaum „auf Herz und Nieren“ auf seine Umsetzbarkeit geprüft – jenseits attraktiver, jedoch forschungsgestützter praxisbezogener Fallbeispiele oder entwicklungspolitischer Anwendungen. Eine Studie über die Potenziale für die Niederlande kam 2022 etwa zu ernüchternden Ergebnissen (Yang et al. 2022): Urban Mining könne den zukünftigen Materialbedarf für den Neubau nicht decken, und zudem sei das Treibhausgas-Emissionsminderungspotenzial des Urban Mining „sehr gering“ – vor allem in Relation zu den Potenzialen, die eine Transformation zu einem Ökostrommix für das Land hätte. Im Fall des Altholzes behindern starke Kontaminationen mit Formaldehyden und anderen Schadstoffen die stoffliche Weiternutzung. Die Metapher des Urban Mining überbetont die Wiedernutzung lokaler Baustoffe; sie unterbetont das Prinzip der Bioökonomie der stofflichen Aufschlüsse und innovativen Neukombinationen. So wird erwartet, dass bis Mitte des Jahrhunderts die weltweite Nachfrage nach Kohlenstoff und seinen Derivaten (etwa Polymere) zu 25 Prozent aus CO₂ als Rohstoffquelle gedeckt wird, 20 Prozent aus biobasierten Rohstoffen wie Holz (Nova Institut 2021). Aber 55 Prozent entfallen dieser Prognose nach auf Recyclingmaterial. Das kann aus Quellen kommen, die man „urbane Mine“ nennen mag – in 2020 betrug der Anteil erst 5 Prozent.

LITERATURVERZEICHNIS

Acatech (2021, Hrsg.): Urban Mining (acatech HORIZONTE), München 2021

Daxbeck, H.; Anderst, M.; Neumayer, St.; de Neef, D.: Schindl, G. (2009): Urban Mining – Potenziale und Handlungsoptionen bei der Erschließung von Materialien aus dem Bestand; Ressourcen Management Agentur; Vortrag auf der Fachtagung Re-source 2009 | Ressourcen- und Recyclingstrategien – von der Idee zum Handeln; Berlin.

Flamme, S.; Krämer, P. (2010): Von der Abfallentsorgung zum „Urban Mining“, Vortragsfolien des Vortrags Urban Mining – Fachkongress für urbanen Umweltschutz, Meinungen, Konzepte, Zukunft, Iserlohn.

Haque, M. S. (2019): Sustainable use of plastic brick from waste PET plastic bottle as building block in Rohingya refugee camp: a review. Environmental Science and Pollution Research, 26(36), S. 36163-36183.

Hillebrand, A.(2021): Kreisläufe schließen, in: Heisel, F.; Hebel, D. E. (Hg.), Urban mining und kreislaufgerechtes Bauen. Fraunhofer IRB Verlag, S. 49-64

Neukirchen, F.; Ries, G. (2016): Die Welt der Rohstoffe, Lagerstätten, Förderung und wirtschaftliche Aspekte, Berlin, Heidelberg.

Nova Institut (2021): Global Carbon Demand for Chemicals and Derived Materials, <https://renewable-carbon.eu/publications/product/global-carbon-demand-for-chemicals-and-derived-materials-png/>

Rosen, A. (2021): Urban Mining Index – Planungs- und Bewertungsinstrument für zirkuläres Bauen. Bauphysik, 43(6), S. 357-365.

Adebayo Olatunbosun, S.; Emeka Nwobodo, S.; Oluwasegun James, A. (2016): Recycling of polyethylene terephthalate (PET) plastic bottle wastes in bituminous asphaltic concrete, Cogent engineering.

Tercero Espinoza, L.; Rostek, L.; Loibl, A.; Stijepic, D. (2020): The promise and limits of Urban Mining. Fraunhofer ISI, Karlsruhe.

Yang, X. et al. (2022): Urban mining potential to reduce primary material use and carbon emissions in the Dutch residential building sector, Resources, Conservation and Recycling 180.

HBC Hochschule Biberach
IBiT | Institut für Bildungstransfer
Karlstraße 11
D-88400 Biberach

ibit@hochschule-bc.de
www.hochschule-biberach.de

Gefördert
durch



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LÄNDLICHEN RAUM
UND VERBRAUCHERSCHUTZ