



Jan Grossarth

# Bioökonomie und Zirkulärwirtschaft im Bauwesen

Eine Einführung

Mit einem  
Vorwort von  
**Michael Braungart**,  
dem Autor von  
Cradle to Cradle



Springer Vieweg

---

# Bioökonomie und Zirkulärwirtschaft im Bauwesen



Eine Begrünung, die kühlen kann und den Boden nicht versiegelt: Trambahnschienen in Odense.  
Foto Jan Grossarth

---

Jan Grossarth

# Bioökonomie und Zirkulärwirtschaft im Bauwesen

Eine Einführung

Jan Grossarth  
Frankfurt am Main, Hessen, Deutschland

ISBN 978-3-658-40197-9      ISBN 978-3-658-40198-6 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-40198-6>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Frieder Kumm

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Das Papier dieses Produkts ist recyclebar.

---

## Geleitwort

Wie gesund und hochinteressant könnten unsere Städte und Dörfer sein – wenn wir Menschen klug wären wie die Ameisen. Dann hätten wir keinen Abfall produziert, sondern Materialien schonend hin- und hergetragen, so wie ein Ameisenvolk. Aber in unserem Fall ist es anders gekommen: Seitdem im Bauwesen ab den 1950er-Jahren das Handwerk durch Industrie ersetzt wurde, wurde Wissen über den Wert der Stoffe ersetzt durch billige, dumm eingesetzte Chemie. Nun also bauten wir Wohnsiedlungen und Vorstädte, die eine ästhetische Zumutung sind und voller Sondermüll stecken – Asbest, Holzschutzmittel wie Lindan und Pentachlorphenol. Das verschont die Menschen bis heute nicht. Von den 2800 Chemikalien, die unser Umweltinstitut in Muttermilch findet, ist etwa ein Drittel aus dem Baubereich.

Das ist ja traurig genug. Aber noch bedauerlicher ist – mit Blick auf die Generationen unserer Kinder, Enkel und Großkel –, dass sich diese „urbane Mine“, wie man heute so schön sagt, nicht gut dafür eignet, dass die kostbaren verbauten Materialien eines Tages auch wiederverwertet werden.

Wir stehen im Jahr 2023 nicht gerade am Anfang der Bemühung um Nachhaltigkeit. Seit vier Jahrzehnten reden wir davon. Die Unternehmen haben nun alle ihre Nachhaltigkeitsmanager und die Politik ihre Fachreferate. Und trotzdem, bis heute sieht es im Gebäudebau so aus: Styroporplatten werden vor dünne Kalksandsteinwände oder Betonwände geklebt, verdübelt und mit zahlreichen Schichten Putz, Folie, Netzen, Klebstoffen und Farben überdeckt. Die Nachhaltigkeitsbeauftragten berechnen die passenden U-Werte und beauftragen Dämmbilanzen, Ökobilanzen – und die Politik verschärft Ziele und Gesetze. Man muss nicht gleich sagen, dass all das sinnlos wäre. Aber es gleicht einer schneckenlangsamen Bremsung aus voller Fahrt in die verkehrte Richtung.

In Wärmedämmverbundsystemen haben wir bis zu 27 Komponenten gezählt. Was ist das nur für eine Bankrotterklärung! Dabei gäbe es viele Upcycling- oder gute mineralische Dämmmaterialien – zum Beispiel geschäumtes Glas. Aber das ist teurer. Und deshalb müssten mehr Bauherren es als Wertanlage sehen und die Bauprodukthersteller die Verbindungen leicht trennbar gestalten. Oder Bauherren müssten sich die Dienstleistung der Dämmung leihen. Ja, unsere Gebäude müssen in großen Teilen als Dienstleistung

gestaltet sein – sodass es nicht darum geht, eine „eigene Tür“ oder ein „eigenes Fenster“ zu besitzen, sondern sie zu nutzen.

Ich habe schon sehr oft sinngemäß gesagt: Unsere Nachhaltigkeits-Expertokratie hilft, das Verkehrte zu optimieren. Zugleich gibt es gute Entwicklungen. Heute liegt der Fokus endlich mehr auf der „grauen Energie“ im Bausektor. Also auf der Material- statt nur der Energieseite. Dennoch ist die Bauwelt weiter eifrig damit beschäftigt, „ökologische Fußabdrücke“ zu minimieren, statt wirklich umweltfreundlich zu entwerfen und zu bauen. Dabei hat Cradle to Cradle zahlreiche Beispiele erzeugt, in denen Architektinnen, Bauherrinnen und Bauunternehmerinnen alles nicht nur „weniger verkehrt“, sondern richtig gut machten: trennbare Verbindungen der Bauteile und Gebäudeteile, Upcycling- und Recycling-Konzepte, eine sorgsame Materialauswahl mit dem Blick darauf, dass technische Bauteile möglichst lange in der Technosphäre weiterverwendet werden können und dass die nachwachsenden konsequent schadstofffrei sind und eines Tages als Kompost taugen mögen.

Seit vier Jahrzehnten reden wir Deutschen und Europäer über Nachhaltigkeit. Das schlechte Gewissen, „Mutter Erde“ zu schaden, führte uns aber nicht entscheidend weiter. Wir Menschen – gut 8 Mrd. derzeit auf der Welt – müssten kein Problem sein für die Umwelt. Das Problem ist, dass wir Müll produzieren, immer mehr Abfall, Bauschutt. Das ist, was Ameisen nicht zustande brächten; sie haben insgesamt die größere Biomasse als die Menschheit, aber ihren „ökologischen Fußabdruck“ hat noch niemand zum Problem erklären müssen.

Das Bauwesen war in den vergangenen 75 Jahren ein Paradebeispiel dafür, wie eine intelligente Menschheit nicht wirtschaften sollte. Giftige Chemikalien geraten in die umgebende Biosphäre – denken Sie an die Emissionen schädlicher Fassadenfarben oder an den Asbeststaub der Abbruchbaustellen oder an die ungeheuren Müllmengen im Bauschutt. Jahrzehnte wurde dieser deponiert, wertvolle Ziegel oder Natursteinbruch ist darin unwiederbringlich kontaminiert mit den Sulfiten vom Gipsbruch, allerhand Bruchteilen und Stäuben von Styropor, Fassadenputz, zerbrochenen Relikten von Sperrholz- und XPS-Platten, aber auch lehmiger Erdmasse. Heute machen wir es weniger schlecht und nennen das „Kreislaufwirtschaft“. Stahl oder Ziegelbruch haben hohe Recyclingquoten, Asphalt auch – aber dieses Recycling ist keines, es ist meist extremes, energieaufwendiges Downcycling.

Selbst der Stahl – mit einer Recyclingquote von fast 100 % – ist problematisch. Denn Stahl wird aus meiner Sicht derzeit auch nur downgecycelt. Denn Baustahl ist mit Buntmetallen kontaminiert. Ein anderes Beispiel eines eigentlich hervorragenden zirkulären Materials: der Gips. Dieser zum Beispiel könnte eigentlich immer wieder in gleichbleibender Qualität eingesetzt werden: Kleinhacken, kochen, neu verwenden. Ein ideales *Cradle-to-Cradle*-Material! Doch, Sie ahnen es: Die Wirklichkeit ist anders. Gips enthält starke Rückstände aus der Rauchgasreinigung und Altpapier, von den Altpapier-Gipskarton-Platten. Und der Beton? Tja. Darin sind etwa 300 Additive enthalten, wie Kornbildner, Abbindeverzögerer, Emulgatoren und Schalungshilfsmittel. Von denen sind

wiederum zwei Drittel Gifte für Mensch und Umwelt. Nur deswegen ist Beton schlecht – nicht an sich. 100 Additive sind unschädlich. Nachwachsende können hinzukommen, wie Pflanzenasche. Die Klimabilanzen könnten sehr ansehnlich werden: Beton ließe sich etwa, indem man ihn mit Kohlendioxid abbinden lässt, zu einem der kleineren Klimaprobleme machen.

Aus dem Beton, der unter sehr großem Energieaufwand und durch starke Eingriffe in die Landschaft aus Sand, Gesteinen und Kalk hergestellt wurde, wird bestenfalls ein Fundament für den Straßenbau. Nur ein Bruchteil eignet sich für ein Recycling ohne Wertverlust.

So soll es nicht sein. Nachwachsende Baustoffe müssten, frei von chemischen Kontaminanten, lange in der Nutzung gehalten werden – etwa Stufe für Stufe vom Hausbaustoff bis zum Brennmaterial weitergenutzt: erst vielleicht als Holzdeckenträger, dann als Tischfuß, dann als Sperrholzplatte, schließlich als Kamin-Pellet und dann als Dünger für die kommenden Bäume für kommende Tragwerke von Holzhochhäusern. Technische Bauteile hingegen – unser menschliches Privileg, subventioniert von endlichen mineralischen und fossilen Ressourcen – müssten sehr lange, vielleicht ewig zirkulieren. Der Baustahl ist diesbezüglich kein schlechtes Beispiel. Aber wie sieht es aus mit Beton, Ziegeln, Fenstern und Türen, mit Dämmstoffen, mit Dachziegeln oder Holzbalken aus Brett-schichtholz?

Ein Haus müsste aussehen wie ein Mammut. Wärme von innen, ein dickes Fell im Winter, ein dünneres im Sommer. Es darf dampfen und atmen. Es geht nicht darum, unsere Gebäude luftdicht zu verschließen, um Energie zu sparen. Ein Haus soll atmen, die Außenluft reinigen. Drinnen darf es grün sein, anders als im Mammut. Wir können Gebäude vielleicht vielmehr wie Bäume machen! Die Intelligenz muss am Anfang liegen, in der Gestaltung. Bioökonomie kann man als eine Inspiration verstehen, im Design von der Natur zu lernen – Bionik. Nicht erst am Schluss, in der Abfallbeseitigung. Dieses Prinzip, von der Wiege zur Wiege zu denken, ist für den Baubereich übrigens von besonderer Bedeutung. Denn mehr als die Hälfte aller Abfälle steht mit Gebäuden in Verbindung. Haben Sie schon einmal einen emissionsfreien Baum gesehen? Bäume sind nicht neutral, sie haben sogar einen positiven Einfluss.

Die Häuser, von denen ich spreche, gibt es bereits, wie zum Beispiel die Stadtverwaltung in Venlo in den Niederlanden. Die Südfassade besteht aus Aluminium, das ohne Qualitätsverlust recycelt werden kann. Die Nordfassade besteht innen aus Holz. Die Fassadenbegrünung reinigt die Luft, die Luftqualität ist drinnen besser als draußen. Der Krankenstand wurde um mehr als 20 % verringert. Wir haben auch ein ganzes Quartier in der Nähe von Amsterdam erschaffen, es heißt „Park 2020“. Auch das neue Verwaltungsgebäude der RAG-Stiftung und der RAG-Aktiengesellschaft auf dem Welterbe Zollverein in Essen wurde nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip realisiert. In Düsseldorf wurde „The Cradle“ errichtet – ein Holzhybrid-Bürogebäude nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip gebaut.



Die Energiewende versorgt uns zunehmend mit zu elektrischer Energie umgewandelter Sonnenkraft. Aber die Ressourcenschonung ist viel wichtiger. In meiner Kindheit enthielt Kupfererz noch etwa 40 kg Kupfer pro Tonne Gestein – heute sind es nur noch 1–2 kg Kupfererz pro Tonne.

Dieses Buch von Jan Grossarth hat mehrere Stärken. Es tappt erstens nicht in die Falle, die Zukunft des Baus müsse nur auf Holz und biologischen Materialien beruhen – also ein „Zurück zur Natur“ des Bauens herbeizuträumen. Es bietet einen breiten Überblick über die verwirrend vielen Konzepte und auch Ideologien von Nachhaltigkeit und führt viele gute Wege, die sich für den Bau abzeichnen, zusammen. Ich begegnete dem Autor erstmals, als er noch Wirtschaftsredakteur war. Schon vor mehr als zehn Jahren fragte er irgendwie anders über Nachhaltigkeit als die meisten Journalisten. Seitdem hat er eine interessante Entwicklung vom Fragensteller zum Analytiker unserer seltsamen Welt genommen. Es ist schön, dass er nun vom Themenfeld der nachwachsenden Rohstoffe zum Bauwesen gefunden hat. Sein Werk ist ein interessantes Beispiel dafür, wie weit man kommt, wenn man die gängigen Katastrophen- und Heilserzählungen von der „Rettung des Planeten“ hinter sich lässt und besonnen, besorgt und humorvoll beobachtet, was ist und wird. Hoffentlich bleibt er in diesem Sinne Journalist.

*Michael Braungart, Jahrgang 1958, ist Professor für Ökodesign an der Leuphana Universität Lüneburg. Er ist Gastprofessor für Cradle to Cradle an der Erasmus-Universität Rotterdam und war dort von 2011 bis 2017 auch Lehrstuhlinhaber. Braungart erhielt 2022 den Ehrenpreis des Deutschen Nachhaltigkeitspreises für die Entwicklung des Konzepts Cradle to Cradle. Das von ihm und dem amerikanischen Architekten William McDonough verfasste gleichnamige Buch erschien 2002, wurde in viele Sprachen übersetzt und von der New York Times als eine der einflussreichsten Schriften über den Umweltschutz bezeichnet.*

Hamburg  
im März 2023

Prof. Dr. Michael Braungart  
[michael.braungart@leuphana.de](mailto:michael.braungart@leuphana.de)

---

## Danksagung

Mehrere Kollegen lasen als Bauingenieure einige Kapitel Korrektur: Dimitrios Toris, Jörg Schänzlin, Sebastian Krug, Hannes Schwarzwälder. Sechzehn Kolleginnen und Kollegen aus unterschiedlichen Disziplinen nahmen sich die Zeit für Interviews (Kap. 10 und 11). Julian Schleissing lektorierte das Buch begleitend, finanziell unterstützt vom *Institut für Holzbau* der Hochschule Biberach. Annika Kühn, Hochschule Biberach, erstellte einige Grafiken. Ich danke ihnen. Und vor allem für den produktiven fachlichen Austausch in den vergangenen Jahren: Stephan Schleissing (Technikethik), Gunther Hirschfelder (Kulturwissenschaft), Matthias Kussin (Soziologie). Die Kunst der Hermeneutik in ein ohnehin stark beladenes Schiff namens „Bioökonomie“ hineinzutragen, ist in einem ingenieurwissenschaftlichen Fachverlag ein gewisses Wagnis, sodass ich diesem für seine Offenheit danke – persönlich: Frieder Kumm von Springer Vieweg. Dem ehemaligen Rektor der Hochschule Biberach sage ich anerkennenden Respekt für die Inspiration, Bau und Bioökonomie miteinander zu verbinden. Das war seine Idee: André Bleicher. Seinem Nachfolger Matthias Bahr ist zu danken, dass er daran festhält. Immer wieder möchte ich auch Gottfried Stollwerk danken, dem ehemaligen *Selbstversorger*, der nur von dem lebte, was die Natur gab, und von etwas Mietzins. Gottfried brachte mich im Sommer 2009 auf den Geschmack, eines Tages die „dicken Bretter“ der Bioökonomie zu bohren, von denen ich damals nicht viel wusste. Größter Dank aber an meine liebe Eva. *Jan Grossarth*

---

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                                                     |     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>1</b> | <b>Anliegen und Bedeutungen des bioökonomischen Blickes:</b>                                                        |     |
|          | <b>Eine Einführung und Einstimmung</b> .....                                                                        | 1   |
| 1.1      | Sachebene: Bau-Bioökonomie als Ressourcenschonung .....                                                             | 3   |
| 1.2      | Bedeutungsebene: Bau-Bioökonomie als Metapher .....                                                                 | 6   |
| 1.3      | Einstimmung .....                                                                                                   | 9   |
| 1.4      | Das Anliegen dieses Buches .....                                                                                    | 13  |
|          | Literatur .....                                                                                                     | 14  |
| <b>2</b> | <b>Der ressourcenschonende Bau als technische, ökonomische und kulturelle Herausforderung</b> .....                 | 17  |
| 2.1      | Der Klimaschutz als Zeitenwende für den Bau? .....                                                                  | 18  |
| 2.2      | Die kulturelle und kommunikative Herausforderung der Ressourcenschonung .....                                       | 27  |
| 2.3      | Charakter, Geschichtlichkeit, Atmosphären und Wirkung als Aspekte der Nachhaltigkeit .....                          | 29  |
| 2.4      | Die ökonomische und technische Herausforderung des ressourcenschonenden Bauens .....                                | 39  |
| 2.5      | Resümee .....                                                                                                       | 45  |
|          | Literatur .....                                                                                                     | 46  |
| <b>3</b> | <b>Stoffstromoptimierung oder Kulturwandel? Perspektiven, Traditionen und Spannungsfelder der Bioökonomie</b> ..... | 55  |
| 3.1      | Die Bioökonomie des Bauens vor dem Hintergrund der europäischen und deutschen Nachhaltigkeitspolitik .....          | 56  |
| 3.2      | Was die Bioökonomie sein könnte: Annäherung an das assoziative Potenzial .....                                      | 57  |
| 3.3      | Was die Bioökonomie ist: Zwei Traditionen .....                                                                     | 64  |
| 3.4      | Spannungsfelder der Bioökonomie des Bauens .....                                                                    | 85  |
| 3.5      | Schluss: Bioökonomie als Metapher .....                                                                             | 98  |
|          | Literatur .....                                                                                                     | 100 |

|          |                                                                                                    |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>4</b> | <b>Nachwachsende Rohstoffe für das Bauwesen</b>                                                    | 105 |
| 4.1      | Relevanz vor dem Hintergrund der Klimapolitik                                                      | 107 |
| 4.2      | Biogene Polymere                                                                                   | 109 |
| 4.3      | Exkursion: Das Bakterium <i>Cupriavidus necator</i><br>als panikfressender Erzeuger von Bioplastik | 110 |
| 4.4      | Neue Pflanzenzuchttechnologien                                                                     | 115 |
| 4.5      | Exkursion: Crispr-Cas9 – Wurzeloptimierung in Israel<br>und an anderen Orten                       | 117 |
| 4.6      | Holzressourcen aus dem Forst                                                                       | 121 |
| 4.7      | Ressourcen der Zellstoff-Bioökonomie                                                               | 123 |
| 4.8      | Holzbauinnovationen                                                                                | 125 |
| 4.9      | Agrarische nachwachsende Rohstoffe                                                                 | 136 |
| 4.10     | Das politische Konzept der Agrarökologie                                                           | 147 |
| 4.11     | Neue Flächenkonkurrenzen und neue Lösungswege                                                      | 151 |
| 4.12     | Exkursion: Das Ackerland überdachen? Die Potenziale<br>der Agrarphotovoltaik                       | 154 |
| 4.13     | Zusammenfassung und Ausblick                                                                       | 158 |
|          | Literatur                                                                                          | 160 |
| <b>5</b> | <b>Innovationen der Bau-Bioökonomie an Beispielen:</b>                                             |     |
|          | <b>Myzel-Komposite, 3-D-Druck und Bioharze</b>                                                     | 165 |
| 5.1      | Additive Fertigung (3-D-Druck) im Bauwesen                                                         | 165 |
| 5.2      | Funktionalisierung von Holz                                                                        | 167 |
| 5.3      | Neue Klebstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen                                                      | 170 |
| 5.4      | Exkursion: Die vielen Einsatzbereiche von Myzel im Bauwesen                                        | 174 |
| 5.5      | Exkurs: Soziale und Value-Chain-Innovationen                                                       | 178 |
|          | Literatur                                                                                          | 181 |
| <b>6</b> | <b>Nachhaltigkeit als Rahmen der Bioökonomie</b>                                                   | 185 |
| 6.1      | Zusammenfassung                                                                                    | 185 |
| 6.2      | Einführung                                                                                         | 186 |
| 6.3      | Geschichte, Definitionen und Modelle von Nachhaltigkeit                                            | 187 |
| 6.4      | Schemata von Nachhaltigkeit                                                                        | 192 |
| 6.5      | Professionalisierung und Datenbasis                                                                | 195 |
| 6.6      | Nachhaltigkeit als Rahmen einer „Bau-Bioökonomie“                                                  | 198 |
| 6.7      | Die Wirtschaft als Akteurin der Nachhaltigkeit                                                     | 200 |
| 6.8      | Aspekte nachhaltiger Waldwirtschaft                                                                | 201 |
| 6.9      | Kritik der Nachhaltigkeit                                                                          | 210 |
| 6.10     | Fazit: Die relativierende Stärke der Nachhaltigkeit                                                | 212 |
|          | Literatur                                                                                          | 214 |

|          |                                                                                                                          |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>7</b> | <b>Nachhaltigkeit und Lebenszyklusbetrachtung im Bauwesen</b>                                                            | <b>217</b> |
| 7.1      | Zusammenfassung                                                                                                          | 217        |
| 7.2      | Nachhaltiger Bau als soziale, ökonomische und ökologische Frage                                                          | 218        |
| 7.3      | Politische Initiativen für den nachhaltigen Bau                                                                          | 225        |
| 7.4      | Zertifikate für den nachhaltigen Bau                                                                                     | 231        |
| 7.5      | Nachhaltiges Bauen und die SDGs                                                                                          | 240        |
| 7.6      | Kritische Würdigung der Nachhaltigkeitsansätze für das Bauwesen                                                          | 243        |
| 7.7      | Ökobilanzierung im Bauwesen                                                                                              | 244        |
| 7.8      | Umweltproduktdatenblätter (EPD) und Datenbanken                                                                          | 252        |
| 7.9      | Lebenszykluskosten                                                                                                       | 253        |
| 7.10     | Beispiele für LCA in wissenschaftlichen Studien zum nachhaltigen Bau                                                     | 255        |
| 7.11     | Kooperation entlang der Lieferketten                                                                                     | 256        |
| 7.12     | Digitalisierung und Nachhaltigkeit                                                                                       | 259        |
| 7.13     | Grenzen der Ökobilanzierung                                                                                              | 259        |
|          | Literatur                                                                                                                | 263        |
| <b>8</b> | <b>Zirkulärwirtschaft (Circular Economy) im Bauwesen – Status quo, Potenziale, Stellschrauben</b>                        | <b>267</b> |
| 8.1      | Zusammenfassung                                                                                                          | 267        |
| 8.2      | Rohstoffe und Reserven                                                                                                   | 268        |
| 8.3      | Exkurs: Nachhaltigkeitspfade für den Beton                                                                               | 289        |
| 8.4      | Exkursion: Lernen vom römischen Opus Caementitium?                                                                       | 293        |
| 8.5      | Vom Kreislaufwirtschaftsgesetz zur Zirkulärwirtschaft                                                                    | 296        |
| 8.6      | Aspekte einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen                                                                            | 301        |
| 8.7      | Politik für die Zirkulärwirtschaft im Bauwesen                                                                           | 307        |
| 8.8      | Beispiele für zirkuläres Entwerfen                                                                                       | 315        |
| 8.9      | Cradle-to-Cradle-Zertifizierungen                                                                                        | 315        |
| 8.10     | Urban Mining und das anthropogene Baustofflager                                                                          | 317        |
|          | Literatur                                                                                                                | 329        |
| <b>9</b> | <b>Was sollten wir unter zirkulärer Bioökonomie im Bauwesen verstehen und warum? Eine Annäherung durch 15 Interviews</b> | <b>337</b> |
| 9.1      | Experteninterviews: Zusammenfassung der Ergebnisse                                                                       | 337        |
| 9.2      | Ziel, Vorgehen und Motivation der Interviews                                                                             | 338        |
| 9.3      | Auswahl der Partizipierenden                                                                                             | 339        |
| 9.4      | Darstellung der Ergebnisse                                                                                               | 340        |
| 9.5      | Anhang: Namen und Funktionen der Partizipierenden                                                                        | 364        |

|           |                                                                                                                                           |     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>10</b> | <b>Nachhaltigkeit als große Illusion? Und was brächten akademische Visionen von Nachhaltigkeit wie die Bioökonomie dann der Praxis?</b>   |     |
|           | <b>Ein Gespräch mit Armin Grunwald</b> .....                                                                                              | 367 |
| 10.1      | Einführung: Technikfolgenabschätzung, Technikethik und Öffentlichkeit .....                                                               | 367 |
| 10.2      | Das Interview .....                                                                                                                       | 369 |
|           | Literatur .....                                                                                                                           | 384 |
| <b>11</b> | <b>Feldbeobachtungen: Ausflüge in Bioökonomien</b> .....                                                                                  | 387 |
| 11.1      | Chinas Vorstellungen vom ökologischen Fortschritt .....                                                                                   | 388 |
| 11.2      | Israels Kampf gegen die Wüste .....                                                                                                       | 391 |
| 11.3      | Agroforst gegen die Dürre des Extremsommers 2018 .....                                                                                    | 396 |
| 11.4      | Der schöpferische Landwirt .....                                                                                                          | 402 |
| 11.5      | Hausbau beim sambischen Kleinbauern .....                                                                                                 | 409 |
|           | Literatur .....                                                                                                                           | 412 |
| <b>12</b> | <b>Bioökonomie und Zirkulärwirtschaft als technischer und kultureller Wandel im Bauwesen: Eine Zusammenfassung in zwölf Punkten</b> ..... | 413 |
| 12.1      | Institutionen .....                                                                                                                       | 414 |
| 12.2      | Stoffstrommanagement .....                                                                                                                | 415 |
| 12.3      | Technische „Gamechanger“ .....                                                                                                            | 415 |
| 12.4      | Verbindung von Agrar, Forst und Bau .....                                                                                                 | 416 |
| 12.5      | Urban Mining .....                                                                                                                        | 417 |
| 12.6      | Projektkommunikation .....                                                                                                                | 417 |
| 12.7      | Bewusstsein für Knappheiten .....                                                                                                         | 418 |
| 12.8      | Bioökonomisches Denken bedeutet Ent-Ideologisierung .....                                                                                 | 418 |
| 12.9      | Transdisziplinäre Wissenschaft und hermeneutische Begleitforschung .....                                                                  | 419 |
| 12.10     | Geschichtlichkeit von Bauwerken .....                                                                                                     | 420 |
| 12.11     | Leidenschaft und Handwerk .....                                                                                                           | 420 |
| 12.12     | Bioökonomie als Metapher .....                                                                                                            | 421 |
| 12.13     | Schluss .....                                                                                                                             | 422 |
|           | Literatur .....                                                                                                                           | 424 |

---

## Über den Autor

**Jan Grossarth** wurde 1981 in Heidelberg geboren. Er lehrt das Fach Bioökonomie an der *Hochschule Biberach*. Seit 2021 war er dort Professor für Bioökonomie und Zirkulärwirtschaft an der Fakultät für Bauingenieurwesen; 2023 nahm er einen Ruf als Professor für Bioökonomie und Ressourcen aus der benachbarten Fakultät für Architektur und Energieingenieurwesen an. Zudem war er von 2021 bis 2023 an der *Ludwig-Maximilians-Universität München* als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsprojekt „Vorsorge und Innovation als bioethische Prinzipien in der Bioökonomie“ engagiert. Seit 2010 arbeitet er zudem als Journalist über Themen der Bioökonomie: Seit 2022 überwiegend als Autor für die *Welt am Sonntag* und *Welt*, von 2010 bis 2019 als Redakteur der *Frankfurter Allgemeinen Zeitung*. Promotion mit einer kulturwissenschaftlichen Arbeit über die Metaphern agrarökologischer Diskurse an der Universität Regensburg (2018). Zuvor Abschluss als Diplom-Volkswirt mit Schwerpunkten in Statistik und Wirtschaftsgeschichte an der LMU München (2008). Er verfasste auch mehrere populäre Sachbücher.



# Anliegen und Bedeutungen des bioökonomischen Blickes: Eine Einführung und Einstimmung

1

Nachhaltigkeit ist kompliziert geworden. Die Begriffsgeschichte der Nachhaltigkeit begann dabei vor mehr als dreihundert Jahren mit der sehr simplen Idee, dass einem Wald nicht mehr Holz zu entnehmen sei als nachwächst. In den 2020er Jahren ist die Nachhaltigkeit auch für Bauwerke in umfassenden Kriterienkatalogen definiert. Manche von ihnen haben einen Umfang von mehr als 500 Seiten. Die Sache mit der Nachhaltigkeit wirkt, mit Abstand betrachtet, umso geheimnisvoller, je präziser ihre Teilkriterien definiert sind. Vielleicht liegt in der ingenieurmäßigen Verwissenschaftlichung auch ein Grund für die enorme Aufmerksamkeit, die der Architekt Florian Nagler seit 2019 für seine Forschungshäuser in Bad Aibling erhalten hat (Jarmer et al. 2021). „Einfach bauen“ war der Arbeitstitel des Projekts. Drei Häuser mit flexiblen Grundrissen und jeweils möglichst sortenrein. Eines aus Mauerwerk, eines aus Leichtbeton, eines aus Massivholz (Nagler, 2021). Ganz einfach.

Aber die Frage, was nachhaltig sei, stellt sich aus Sicht der Wissenschaften – von der Ökobilanzierung bis zur Architektur, von der Ökologie bis zur Ethik und historischen Diskursanalyse – eben als weniger „einfach“ dar. Ein Konzept, das sowohl Werte wie Wirtschaftswachstum (*SDG8*), als auch implizit eine steigende Lebensmittelproduktion für die wachsende Weltbevölkerung (*SDG2*) und Klimagerechtigkeit der Weltwirtschaft (*SDG13*) zugleich einfordert, vereint in sich Spannungen und Konflikte. So lässt sich manche vereindeutigende Debatte darüber mit dem Gleichnis von den Blinden darstellen, die um einen Elefanten stehen. Das geht etwa so: Der eine fühlt den Schwanz, der andere das Knie, ein anderer die Zehen, eine vierte den Rücken, eine fünfte die Zunge. Der eine meint, es handle sich um eine Schlange, der zweite meint, es sei ein Knochen, der dritte, man habe es mit Steinen zu tun, die vierte denkt an einen Teppich und die fünfte an einen toten Fisch.

Das Gleichnis ist wie dafür gemacht, um manche akademische (und erst recht: medialpolitische) Diskurse über die Nachhaltigkeit im Bauwesen zu beschreiben. Der



eine sieht die Ökobilanz, der zweite die *ESG-Ratings*. Andere sehen den überwindungswürdigen Beton und weitere zu großen Wohnraum, irreführende Normen, Kapitalismus – oder eine kurzlebige Architektur, die ihre schöngeistige Seele dem Mammon der Kurzlebigkeit preisgegeben habe. Niemand sieht das Ganze. Aber so ist das Konzept der Nachhaltigkeit eben auch nicht angelegt, in dessen Rahmen auch die Bioökonomie zu verorten wäre. Es verdeutlicht Spannungsfelder. Es illustriert Ziele, formuliert Zielgrößen, macht deren Erreichung politisch steuerbar, die (Miss-)erfolge messbar. Aber es vereindeutigt gerade nicht. Nachhaltigkeit bedeutet nicht unbedingt den holistischen Blick, sondern einen weiten Blick, der Zielkonflikte und Widersprüche nicht übersieht. Optimiertes Nachhaltigkeitsmanagement löst die Probleme nicht, aber trägt dazu bei, den ökologischen Fußabdruck einer Organisation zu verkleinern. Ein konsequent ressourcenschonender, zirkulärer Bau scheint aus den Vogelperspektiven der *Governance* ebenso wenig machbar, wie aus der Welt akademischer Fachsilos heraus. Es braucht mehr und höherwertiges Recycling (Hillebrandt und Seggewies 2018) bis hin zum Urban Mining (Hebel 2014). Es braucht aber auch, und vielleicht vor allem, die kreative Leidenschaft des Handwerks, der Planung, der Architektur (Kollhoff 2022).

Für die Umsetzung – die Planung und Realisierung – ist wohl auch die Entscheidung für *einen* der Nachhaltigkeitsansätze zielführend. Das kann das „einfache Bauen“ sein oder ein anderer zum Beispiel ein materialbezogener (Haus aus Stroh, Haus aus Hanf) oder ein kreislauforientierter Ansatz (Urban Mining, Cradle to Cradle). Die akademische Sicht aber vereinfacht nicht – im Gegenteil. Sich auf die Diskursivität und auch die Widersprüchlichkeiten der Nachhaltigkeitsansätze einzulassen, kann trotzdem auch produktiv sein, sieht man deren Studium etwa als eine Reise zu verschiedenen *Inseln der Nachhaltigkeit*, von der die eine oder andere brauchbare Idee für die Praxis mitzunehmen wäre.

Die Reiseerfahrung befähigt dazu, kenntnisreicher und reflektierter über Nachhaltigkeit zu sprechen. Aber was kann dabei ein weiterer, letztlich abstrakter, „akademischer“ oder in mancher Hinsicht planerischer Ansatz wie derjenige der Bioökonomie bringen? Die Zirkulärwirtschaft? Sollte man von beiden überhaupt getrennt sprechen oder verbunden – von der zirkulären Bioökonomie? Welche Forschung ist in den einzelnen Disziplinen, die sich mit Bioökonomie und Nachhaltigkeit befassen, zentral? Dieses Buch gibt einen Überblick und sucht nach Antworten. Es stellt zunächst die Frage danach, was zirkuläre Bioökonomie ist oder sein kann, und verbindet die Antwort mit sehr unterschiedlichen Ansätzen der nachhaltigen Ressourcenschonung im Bauwesen. Es unterscheidet sich damit von vergleichbaren Werken über die Bioökonomie und ebenfalls von denjenigen über nachhaltigen Bau. Somit möchte es neue Akzente setzen.

## 1.1 Sachebene: Bau-Bioökonomie als Ressourcenschonung

Welche Fäden führt dieses Buch zusammen?

Der **erste Faden** ist derjenige der Bioökonomie oder genauer: der **zirkulären Bioökonomie**. Darüber schreiben zumeist Fachleute aus den akademischen Disziplinen der Agrar- und Forstwissenschaften. Als deutsche Wissenschaftler<sup>1</sup> mit internationalem Renommee zu nennen wären hier, neben vielen anderen, Iris Lewandowski (Lewandowski, 2018) oder Ulrich Schurr (Schurr, 2020). Die Umweltingenieurwissenschaften sind ebenfalls federführend – hier sind etwa die Beiträge von Daniela Thrän herauszuheben – wie auch die Biotechnologie (Überblickswerke etwa von Manfred Kircher; Kircher, 2020). Über die Bioökonomie erschienen in den vergangenen Jahren bedeutende Überblickswerke, die die agronomischen, forstwirtschaftlichen, biotechnologischen Aspekte oft auch mit wachstums- und innovationstheoretischen „übergeordneten“ Fragen verbunden haben (Thrän & Moesenfechtel, 2020; Pietzsch, 2017). Die Bioökonomie wurde mit dem Paradigma der Nachhaltigkeit zusammengebracht (Lanzerath et al., 2022). Das zirkulärwirtschaftliche Konzept *Cradle to Cradle* ist erstmals von dem Chemiker Michael Braungart formuliert und international popularisiert worden (McDonough & Braungart, 2002).

Neben den genannten Monographien und Überblickswerken ist in den vergangenen Jahren eine nicht mehr zu überblickende Fülle englischsprachiger Forschungspapers erschienen. Das lässt sich einerseits durch die gestiegene politische und forschungspolitische Bedeutung der Bioökonomie erkennen, andererseits im Zusammenhang mit der europäischen Klimapolitik (*Green Deal*) und den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen. Wissenschaftsjournalistinnen und -journalisten versuchten das Konzept der Bioökonomie einem breiteren Publikum nahezubringen. Sie kamen dabei gelegentlich zum Schluss, dass es sich eigentlich nicht popularisieren lasse – es erschließe sich breiteren Bevölkerungsschichten kaum (Grefe, 2016). Es gilt als zu abstrakt, als Fahnenwort oder Containerbegriff. Seine hohe Konjunktur ist begriffspolitisch zu erklären.

Der **zweite Faden**, der hier mit demjenigen der zirkulären Bioökonomie verknüpft werden soll, ist derjenige des **emissionsarmen, ressourcenschonenden Bauens**. Zu diesem Thema äußerten sich im deutschsprachigen Raum in den vergangenen Jahren überwiegend Architekten wie etwa Felix Heisel, Annette Hillebrand oder – auf seine selbstbewusste, skeptische Weise – Hans Kollhoff. Hinzu kamen Architektenvereinigungen (BDA, *Architects for Future*) und Bauingenieure wie Werner Sobek, Dirk Hebel oder Thomas Auer (Sobek, 2022). Auch für das Bauwesen wurde der *Cradle to Cradle*-Ansatz beschrieben (Mulhall und Braungart, 2010). Architektenverbände diskutieren sogar die Option, den Neubau gänzlich einzustellen (BDA 2020) oder fordern dies dringlich

---

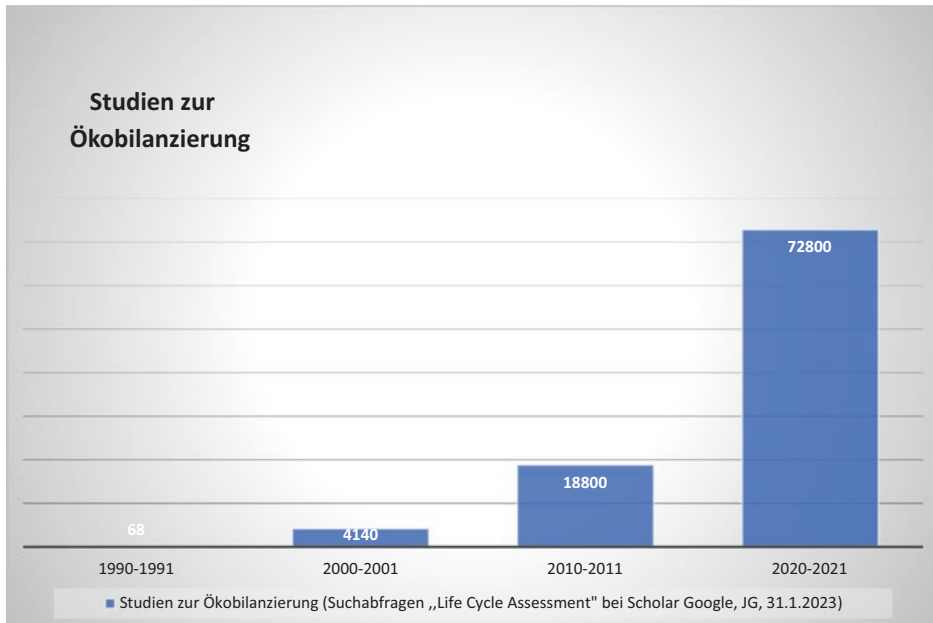
<sup>1</sup> In der Regel wird in diesem Buch aus Affinität zur Prägnanz das generische Maskulin verwendet. Damit sind alle biologischen und kulturellen Geschlechter gemeint. Gelegentlich wird aus Affinität zur Variation auch variiert; auch dann soll sich niemand ausgeschlossen fühlen.

(Architects for Future, 2021). Eine Fülle an programmatischen Broschüren staatlicher Stellen oder an Ressortforschungsberichten gesellte sich hinzu (etwa vom Bundesbauministerium, einigen Landesbauministerien oder dem Umweltbundesamt). Die *Deutsche Bundesstiftung Umwelt* trug zahlreich bei, wie auch die Autoren der erst 2022 begründeten wissenschaftlichen Fachzeitschrift *nbau. Nachhaltig Bauen*, die interdisziplinär ausgerichtet ist und die laut Selbstdarstellung des Verlages die „Silos des sektoralen Denkens zum Tanzen“ bringen will (NBau, 2023). Im selben Verlag erschien ein instruktiver Sammelband, der maßgebliche Autorinnen und Autoren des Nachhaltigkeitsdiskurses zu Wort kommen lässt (Hauke, 2021). Die weit darüber hinausgehende Fülle aktueller Publikations- und Forschungstätigkeiten darf nicht in Vergessenheit geraten lassen, dass akademische Schriften über die nachhaltige Entwicklung im Bau bereits eine jahrzehntelange Geschichte haben. Carl-Alexander Graubner und Katja Hüske veröffentlichten etwa (2003) das Buch *Nachhaltigkeit im Bauwesen*, das Entwicklungspfade wie eine Kreislaufführung der Materialien oder den selektiven Rückbau von Gebäuden bereits vorschlug. Eine breitere und radikalere Umsetzung solcher Postulate steht noch aus, zeichnet sich in den 2020er-Jahren auch aufgrund der Klimaschutzgesetze jedoch deutlich ab. Auch über ingenieur- und umweltwissenschaftliche Aspekte des nachhaltigen Bauens sind seit jüngerer Zeit gehaltvolle Überblickswerte erhältlich (Bauer et al., 2013; Friedrichsen, 2018; Bartels et al., 2022). Das gilt auch für Ansätze und technische Potenziale des Baustoffrecyclings (Müller, 2018), des zirkulären Bauens und der diesbezüglichen Digitalisierung (Heisel & Hebel, 2021; Campanella et al., 2022; Schwarzwälder, 2023).

Die zirkuläre Bioökonomie und das nachhaltige Bauwesen – der Versuch, diese beiden unterschiedlichen Traditionen wissenschaftlichen „Sprechens über“ Nachhaltigkeit zusammenzuführen und auf Praxistauglichkeit im konkreten Branchenbezug zu überprüfen, mag gewagt scheinen. Sie haben bereits ihre eigenen, vielfältigen Forschungsliteraturen, die jeweils längst nicht mehr zu überblicken sind. Die Flut an Studien lässt sich am Beispiel der Ökobilanzierungen illustrieren (Abb. 1.1). Weist das Archiv in den Jahren 2000 und 2001 noch rund 4000 wissenschaftliche Studien zum „life cycle assessment“ aus, so waren es 2020 und 2021 schon mehr als 70.000.

Der Versuch, den Begriff einer *zirkulären Bau-Bioökonomie* zu skizzieren, geschieht in diesem Buch aus keiner der genannten disziplinären Perspektiven heraus. Von welcher „Beobachterposition“ wird er hier stattdessen unternommen? Von einem interdisziplinär arbeitenden, kulturwissenschaftlich geschulten Beobachter und Vermittler, der aus den Forschungen der vielen unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen zusammenführen will, was sonst wenig Kenntnis voneinander hat. Denn was wissen Baustatiker von Landnutzungskonkurrenzen? Was wissen Architekten von *Genome Editing*? Und was wissen Wirtschafts- und Sozialpolitiker von der Ökobilanzierung? Was wissen Nachhaltigkeits-Zertifizierer von Atmosphären? Was wissen andererseits Pflanzenzüchter oder Biotechnologen von modernen Brettschichthölzern und was wissen Immobilienmakler von der Ökobilanzierung und was wissen Baupolitiker von der Agrarökologie?

Die Zusammenführung von so vielfältigem Wissen war im Kern eine Recherchearbeit zwischen den vielen Disziplinen. Das Ergebnis soll einen Überblickscharakter



**Abb. 1.1** Flut an Studien: die Ökobilanzierung als Forschungsthema. (Grafik JG)

haben und weniger spezialisierte Fachwissenschaftler mit neuen Erkenntnissen aus ihrem Fachgebiet erfreuen. Ein Anliegen ist die Verbindung der „Puzzlestücke“ der Forschung mit dem langen Blick der Wirtschafts- und Energiegeschichte. Das klimawissenschaftlich dringend empfohlene Programm einer schnellen Dekarbonisierung erscheint in der langen agrar- und industriehistorischen Sicht – unter Berücksichtigung der historisch gewordenen Pfadabhängigkeiten und Mentalitäten – und auch angesichts der stark angestiegenen Weltbevölkerung mit schnell wachsenden Konsumbedarfen in den Schwellenländern und insbesondere der bedeutenden Rolle Chinas als Militär-, Forschungs- und Wissenschaftsstandort als ein *Wicked Problem*. Die Vehemenz politischer Klimaproteste allein löst solch komplex verwobene Probleme nicht. Wahrscheinlich sind diese auch gar nicht „lösbar“. Die Klimagesetze sind beschlossen. Aber die konkreten Bedingungen der Umsetzung auch des Ziels eines netto-emissionsfreien Bauwesens bis 2045 liegen noch teilweise im Dunklen.

Angesichts der bestehenden Klimaschutzgesetzgebung und partiell absehbarer Ressourcenknappheiten lässt sich Mitte der 2020er-Jahre zunächst annehmen, dass das Bauwesen vor einer tiefgreifenden und industriehistorisch epochalen Wende steht. Dieses Buch sucht nach Ansätzen, wie sie in Wahrung der sozialen, ökonomischen und ökologischen Interessen der vielen Akteure und Bürgerinnen und Bürger gelingen kann. Neben Interviews und Gesprächen mit relevanten Fachleuten unternimmt es eine Bündelung wissenschaftlich gesicherten Wissens. Die Hauptadressaten sind die vielen Akteure und *Stakeholder* des Bauwesens.

Aber auch andersherum – von den spezifischen Nachhaltigkeitsanliegen des Bauwesens in die Fachwelt der Bioökonomie hinein – soll dieses Werk neue Perspektiven der Forschung und Anwendung anregen. Welche neuen Perspektiven sind gemeint? Die spezifischen Rohstoffbedarfe und Kohlenstoffspeicherkapazitäten des Bauwesens sind das eine. Eine andere ist nicht im Wortsinn „neu“, aber den stark natur- und ingenieurwissenschaftlich geprägten Fachtraditionen noch weitgehend fremd: Das ist eine kulturwissenschaftliche, hermeneutische Sicht auf die Themenfelder Bioökonomie und Nachhaltigkeit. Sie erlaubt Rückschlüsse auf die sinnstiftende Bedeutung des Bauens und Wohnens, aber auch des Ökologiediskurses. Dieser Ansatz ist im Fall der „zirkulären Bau-Bioökonomie“ besonders relevant, da hier der Faktor Langlebigkeit besonders ins Gewicht fällt.

---

## 1.2 Bedeutungsebene: Bau-Bioökonomie als Metapher

Es geht in diesem Buch also *nicht nur* um die Fakten, Fortschritte, Politiken und Definitionen der zirkulären Bioökonomie des Bauwesens. Auch die Erzählungen über die (Nicht-)Nachhaltigkeit des Bauens und seiner Ressourcen- und Energiegrundlagen finden Berücksichtigung. Welche sind – neben dem Handlungsdruck wegen des Klimawandels – die relevanten Zeithintergründe, aber auch die lebensweltlichen oder politischen Orientierungen, die Konzepte von Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft gesellschaftlich *resonanzfähig* machen?

Die innovative Pointe dieser Teile des Buches ist ein Verständnis der *Bioökonomie als Metapher* (vgl. Abschn. 3.5). Mithilfe der Methode, Bioökonomie als Metapher zu verstehen, wird versucht, die vielen Ansätze zusammenzuführen, sprich: einen transdisziplinären Diskurs zu ermöglichen. Dies ist eine Weiterführung der eigenen Forschungsarbeit des Autors (Grossarth 2018). Hermeneutik und die historische Diskursanalyse stellen die „Erzählungen“ von Bioökonomie oder Klimaschutz in einen Zeit- und Wissenskontext. So werden auch Beobachtung und Deutung des Nebeneinanders – also die Parallelität unterschiedlicher *Nachhaltigkeitserzählungen* – zum Anliegen.

Begriffe und Narrationen sind praktisch bedeutsam. Sie schaffen soziale und politische Orientierung, über sie organisieren sich Mehrheiten. Was folgt daraus für die Bioökonomie? Hermeneutische Ansätze öffnen Sensibilitätsräume für die erkenntnisbringende Funktion der Sprache, für Sprachwirkung und ebenfalls für den Aspekt der Macht (das ist ja der Kern des umgangssprachlich oft im Sinne von „Dialog“ verwendeten Diskursbegriffs). Die Macht politisch verführerischer Ideen, Worte und Metaphern ist unbestreitbar. Aber sie können auch „erhellen“ oder „erfrischen“ (Ludwig Wittgenstein).

Bioökonomie führt semantisch die Biologie (wenn man es so übersetzen will: das „Lebendige“) mit der Ökonomie (also der „Haushaltslehre“) zusammen. Ökonomie bedeutet auch die Analyse von Knappheiten. Die Metapher ist originell. Ihre politische Originalität liegt darin, dass sie eine neue Dialektik in „eingestaubte“ Dis-

kurse über Nachhaltigkeit bringen könnte. Oft widersprüchliches, gegeneinander Gedachtes kommt hier zusammen. Sie lädt zum Dialog und zum Denken ein. Seitens der Perspektive der Ökonomie lässt sich mit ihr zum Beispiel bedenken, inwieweit Anliegen der *Naturgemäßheit*, aber auch der Lebens-, also *Erfahrungsbezogenheit* menschlicher Eingebundenheit in Wirtschaftsprozesse zur Geltung kommen. Seitens gesellschaftlich und politisch resonanzfähiger starker Vorstellungen von Nachhaltigkeit lässt sich fragen, ob die Bedingungen des Haushaltens der Bürgerinnen und Bürger und der Unternehmen von ihren Vertretern hinreichend „mitgedacht“ sind. Die Bioökonomie könnte in ihrer begriffspolitischen Bedeutung geradezu zur sozialpolitischen Leitmetapher der 2020er-Jahre avancieren, so wie die soziale Marktwirtschaft ab den 1950er-Jahren. Aber dafür ist sie hinsichtlich ihrer Bezogenheit auf die Alltags- und Lebenswelt noch zu blass.

Der Mangel an Eindeutigkeit wäre hingegen als Stärke zu sehen. Der Philosoph und Schriftsteller Hans Blumenberg sieht die Metapher allgemein als etwas nicht ganz Entschlüsselbares; sie wahrt gegen alle Zugriffe der Dekonstruktion, aber auch des Verstehenswollens ihre Geheimnisse. Die Metapher, schreibt Blumenberg, „konserviert den Reichtum ihrer Herkunft, den die Abstraktion verleugnen muss“ (Blumenberg, 2014, S. 90). Schon in diesem Sinne wäre es töricht, Bioökonomie einfach nur als Framingbegriff zu verstehen, als ein abstraktes Ideal des zukünftigen Wirtschaftens oder im Sinne einer technizistischen Engführung.

Die Stärke der Metapher liegt darin, dass sie persönlicher Wahrnehmung wieder zur Geltung verhilft. Die Metapher, schreibt Blumenberg weiter, konserviere den Gründungszusammenhang zwischen „Lebenswelt und Welt theoretischer Sachverhalte“ (ebd., S. 94). Sie ist ein Brückenschlag der Vermittlung in diesem Sinne – von den „zerzrissenen“ Bereichen kausal-objektivistischer „Denkarten“ und der menschlichen Lebenswelt der Erfahrungen (ebd., S. 87–106). Die Erfahrungen des Lebens sind gemeint, das Empfinden, das Unbehagen, das Staunen, das Unsagbare, die Intention, transzendente Erfahrung. Blumenberg sieht die Metapher dann auch als „Grenzzone der Sprache, in der Niederschrift Scham vor der Öffentlichkeit wäre, ohne daß der Anspruch, etwas wahrgenommen zu haben, zurückgezogen würde“ (ebd., S. 96).

Man kann also etwas *Wahrgenommenes* zur Sprache bringen, ohne aus der Ich-Perspektive zu reden, die im Apparat der Wissenschaft irrelevant oder peinlich ist und in der Politik im Ernstfall auch wenig Gewicht hat. Die Metapher bewahrt Erfahrungswerte auch unter den Objektivitätszwängen, die den Modus des Argumentierens im Wissenschafts- oder Politiksystem prägen. Metaphorisches Sprechen ist ein poetischer Grenzbereich der Unverfügbarkeit, der Widerständigkeit (Müller & Schmieder, 2016, S. 781.) Und darin kann auch ein Charme der Metapher der Bioökonomie liegen – nämlich, weil Bios „Leben“ bedeutet oder sogar „Lebendigkeit“ (Fehrenbach, 2011).

Zu bedenken ist dabei allerdings, dass die Bioökonomie-Metapher als forschungspolitisches Wording eben aus dem Grenzbereich von Wissenschaft und Politik selbst stammt (Abschn. 3.3.1). Blumenbergs Hermeneutik untersuchte kulturelle Leitmetaphern wie Schifffahrten, Eisberge oder lichtvolle Höhlenausgänge. Seine Schriften

fallen zeitlich vor die linguistischen Erklärungen der metaphorischen Strukturiertheit der Sprache insgesamt und der Erfahrungsbasiertheit des Verstehens (Lakoff & Johnson, 2008).

Aber die Bioökonomie hat auch eine zweite Herkunft, die insbesondere in technischen Fachkreisen nicht so bekannt sein dürfte. Für Nicholas Georgescu-Roegen, der diesen Terminus ab den 1960er-Jahren nutzte, bezeichnet die Bioökonomie einen zivilisatorischen Entwurf, die Utopie einer radikal ökologisch nachhaltigen Wirtschafts- und Lebensweise. Bei der Lektüre seiner längst klassischen und über Jahrzehnte nahezu selbst in volkswirtschaftlichen Fachkreisen vergessenen Texte wird deutlich, dass in Georgescu-Roegens Bioökonomie-Begriff auch die Lebenserfahrung eines wirtschaftswissenschaftlichen Autors „mitklingt“ (Abschn. 3.3.2). Sein in seiner Zeit randständiges und stures Beharren auf dem wahrscheinlichen Niedergang energiehungriger „amerikanischer“ Zivilisationsformen sieht er gewiss auch vor dem Hintergrund der dramatischen Epochenbrüche seiner Lebenszeit. Dazu zählten beide Weltkriege und seines unfreiwilligen Exils in den Vereinigten Staaten angesichts der kommunistischen Herrschaft in seiner rumänischen Heimat. Beim Blick auf Georgescu-Roegens Werk lässt sich der persönliche Standpunkt, die „lebensweltliche Erfahrung“, nicht übersehen, die sich im Präfix „bio“ (Leben) verbirgt – die vage Hoffnung auf menschliche Klugheit, die Katastrophen der Ressourcenverknappung vorausschauend vermeidet. Und diese Funktion hat die Bioökonomie-Metapher eben auch – bei Georgescu-Roegen, früher auch bei anderen: Sie hat eine Bedeutung als Korrekturmetapher, die einseitig technizistischen, daher übergriffigen Wissenschaftskonzeptionen „etwas entgegensetzt“.

Hans Blumenberg diskutiert die Metapher überhaupt im Bezug zur ambivalenten Rolle der Wissenschaft. Ihre zentrale Rolle als gemeinsame Schnittmenge der „Vernünfte“ in einer modernen Gesellschaft hat die Erfahrung abgewertet. „Zwischen den Büchern und der Wirklichkeit ist eine alte Feindschaft gesetzt“ (Blumenberg, 2020 [1986], S. 17). Metaphorische Hermeneutik begleitet bei Blumenberg den ungeheuren technologischen Fortschrittsdrang der Nachkriegsjahrzehnte (Blumenberg, 2015). Er schreibt:

„Wir wissen nicht mehr genau, weshalb wir das ganze gewaltige Unternehmen der Wissenschaft – unabhängig von all den Leistungen, die sie für die Lebensfähigkeit unserer Welt erbringt und die sie für diese unentbehrlich machen – überhaupt unternommen haben“ (Blumenberg, 2014, S. 93).

Auch so verstanden, und auf unser Thema übertragen, enthält der Ansatz der Bioökonomie mehr als dessen Traditionen von Genomveränderungen und Stoffstrommanagement, von Biomasseoptimierung und nachwachsenden Baustoffen. Als historisch in unterschiedlichen Kontexten „aufgetauchte“ Metapher verstanden, kann er „unterschwellig“ ein durchaus uneindeutiges, aber nicht marktschreierisches Momentum von Krisenwahrnehmung ausdrücken und auf die Offenheit der Zukunft und die menschliche Kreativität verweisen. Blumenberg spielt die Erkenntnis- und Erfahrungsbereiche nicht gegeneinander aus. Er weiß der Technik und Wissenschaft vieles zu verdanken:



„Ich werde das nicht einen Ansatz zur ‚Wissenschaftskritik‘ nennen, weil mir jede Verknennung des unüberbietbaren Lebensdienstes der neuzeitlichen Wissenschaft nicht nur fernliegt, sondern ungeheuerlich erscheint, folglich Kokettieren mit deren Verachtung verächtlich ist“ (Blumenberg, 2020 [1986]m S. 11 f.). Die Hermeneutik der Technik – oder der Technikkritik – bescheidet sich darauf, als Menschen nicht zu kapitulieren in der Hoffnung, sie der Lebensfreude dienlich zu machen:

„Was bleibt dem Menschen? Nicht die ‚Klarheit‘ des Gegebenen, sondern die des von ihm selbst Erzeugten: die Welt seiner Bilder und Gebilde, seiner Konjekturen und Projektionen, seiner ‚Phantasie‘“ (Blumenberg, 2013, S. 12).

Die Metapher verweist nach Blumenberg also aus der Welt des Logos und der Wissenschaftlichkeit zurück in die *ursprünglich motivierende Lebens- und Erfahrungswelt*: Ist es nicht auch so gesehen eine Bereicherung, darüber nachzudenken, was es bedeuten könnte, ein Haus müsse wie ein Mammut sein, wie es Michael Braungart im Vorwort anregt? Und: Ist der Wunsch nach dem „Einfachen“ nicht auch einer nach der Behauptung sinnlicher Qualitäten?

„Metaphern sind in diesem Sinne Leitfossilien einer archaischen Schicht des Prozesses der theoretischen Neugierde ... Das Rätsel der Metapher kann nicht allein aus der Verlegenheit um den Begriff verstanden werden. Rätselhaft nämlich ist, weshalb Metaphern überhaupt ‚ertragen‘ werden“ (Blumenberg, 2014, S. 87).

Schließlich muss über die Grenzen eines Ansatzes nachgedacht werden, der so vieles zusammenbringen will – Agrar-, Forst- und Biotechnologie, Architektur, Bauingenieurwissenschaft, staatliche Planungsansprüche bezogen auf etablierte Märkte und Sensibilität für das *Metaphorische*. Manche der relevanten Aspekte können nur kursorisch und stark verkürzt angesprochen werden. Das „Schicksal“ der transdisziplinären Wissenschaft besteht wohl in dem Versuch, die Grenzen der zersplitterten Disziplinen im Interesse einer Praxisfrage zu sprengen.

Das notwendige externe Expertenwissen vieler Wissenschaftler und Baupraktiker, von Bioökonominnen, Biotechnologen und der Technikfolgenabschätzung wurde nicht nur über Literaturrecherchen, sondern auch über Interviews einbezogen. An passenden Stellen ergänzen Reportagen den wissenschaftlichen Duktus. Sie sind mit „Exkurs“ oder „Exkursion“ betitelt. In mehr als zehn Jahren, in denen ich als Journalist über die Themen der Bioökonomie geschrieben habe, durfte ich an interessante Orte reisen und Beobachtungen machen, die mich später als Hochschullehrer weiterbeschäftigten (Kap. 11).

---

## 1.3 Einstimmung

Die Beobachtung, die Wirkung eines Ortes, Gespräches, einer Situation, das Gefühl der Beobachtenden kommen über die Brücke der Metapher auch dort (schwach) zur Geltung, wo Rationalisierungen notwendig sind – in Ministerien, Behörden, Natur- und



Ingenieurwissenschaften, Ökobilanzierung, Politik, auch der Umwelt- und Klimapolitik. Das metaphorische Sprechen kommt aus, ohne sich gegen die Verbindlichkeit wissenschaftlicher Vernunft zu richten, auch ohne der technischen oder juristischen „Vernünfte“ einen Subjektivismus oder Ästhetizismus entgegenzusetzen, ohne romantischen Kulturkampf, ohne die Arroganz der Klimajugend. Dieser Wunsch nach dem „Einfachen“ kann subtil sein. Wäre nicht etwas gewonnen, sähe man die Bioökonomie als Metapher in diesem Sinn?

Diese Fotos entstanden auf einem Spaziergang durch ein Dorf im deutschen Mittelgebirge (Abb. 1.2). Sie zeigen Archetypen eines häufigen Siedlungsbildes. Wie wirken diese Neu- oder Umbauten auf die Betrachterinnen? Wie wirken sie auf Sie?

Der behagliche Eindruck des alten Dorfkerns war angesichts der Bauwerke in den peripheren Straßen vollständig verkehrt. Die Wirkung dieser Bauwerke ließe sich mit den Adjektiven störend, unpassend, aufdringlich, lieblos fassen, auch: frivol, abgeschottet, rücksichtslos, fantasielos, charakterlos. Türen passen nicht zu Geländern, passen nicht zu Stufen, passen nicht zu Treppen und nicht zu Dächern. Man sieht zusammengewürfelte Sammelsurien nach dem Kriterium erschwinglicher Funktionalität. Steinterrassen, Bruchsteinmauern im Maschendrahtkorsett. Siedlungen entgrenzen das Dorf und fressen sich in die Felder vor. Jeder baut, wie er will, aber das Ergebnis ist nicht individuell, sondern Gleichförmigkeit. Auch: Ein historisch beispielloser Verlust an Stimmigkeit. Und müsste das alles so sein? Ist nicht vieles irrtümlicherweise zu groß geraten? Welche Rolle spielt *im Bauprozess* der Gedanke noch, dass ein Haus auch ein Beitrag für die Dorfgemeinschaft ist?

Dieser Bau wird ausschließlich privat begriffen.

Was ist hier zu sehen? Monster der Ökonomisierung? Die Zur-Stein-Werdung von Bequemlichkeit oder des Protzens? Oder der ästhetischen Kapitulation? Der Kapitulationen vor dem Anspruch, an einer *schöneren* Zukunft für alle mitzuwirken? Eine Baumarktarchitektur? Betonökonomie (Abb. 1.3)? Oder ist das zu sehen, was der Kinderbuchautor Michael 1973 in seinem klassischen Roman *Momo* in diesem Worten beschrieb: *„Man sparte sich die Mühe, die Häuser so zu bauen, daß sie zu den Menschen paßten, die in ihnen wohnten; denn dann hätte man ja lauter verschiedene Häuser bauen müssen. Es war viel billiger und vor allem zeitsparender, die Häuser alle gleich zu bauen. [...] Und genauso verlief auch das Leben der Menschen, die hier wohnten: Schnurgerade bis zum Horizont! Denn hier war alles genau berechnet und geplant, jeder Zentimeter und jeder Augenblick. Niemand schien zu merken, daß er, indem er Zeit sparte, in Wirklichkeit etwas ganz anderes sparte. Keiner wollte wahrhaben, daß sein Leben immer ärmer, immer gleichförmiger und immer kälter wurde.“* Wären dann auch solche Wahrnehmungen Gegenstand der Bioökonomie?

Solche Metaphern haben alle ihre Stärken und Schwächen und bedeuten gewiss nicht, dass Baumärkte oder Beton abzulehnen wären (anders als Monster). Von ihnen müssen sich Betonbauingenieure und im Massivbau tätige Bauingenieurinnen nicht gekränkt fühlen. Sie wollen etwas zum Ausdruck bringen, was in der Bauplanung scheinbar nicht zur Sprache kam. Mit einem Ausdruck der Literaturwissenschaft geht es hier um



**Abb. 1.2** Impressionen neuerer Bauwerke, die rund um einen historischen Ortskern im fränkischen Spessart entstanden sind. (Fotos Jan Grossarth)





**Abb. 1.3** „Man sparte sich die Mühe“ – Neubau in einem deutschen Dorf und ein gemischtes Bau- und Gewerbegebiet in „Feldrandlage“. (Fotos Jan Grossarth)

so etwas wie „Einfühlungsästhetik“ (Braungart, 1995, S. 98). Beton wäre, so gesehen, nur eine Chiffre für die *Kühle*, die der Anblick dieser zeittypischen Bausiedlungen auslöst. (Auch ist Kühle ja nicht unbedingt abzulehnen, sie kann als Baustil passend sein.) *Bioökonomie* als Metapher wäre, was an diesem Beispiel deutlich werden soll, eben zumindest ein semantischer Gegenentwurf solcher *Betonökonomien*, selbst dann, wenn diese sämtlich hervorragend nachhaltigkeitszertifiziert wären.

---

## 1.4 Das Anliegen dieses Buches

Es ist also *auch* nach Wirkung und Erfahrung zu fragen. Der bioökonomische Ansatz erlaubt es, solche Fragen politisch, betriebswirtschaftlich, ingenieurseitig und juristisch zu thematisieren. Sonst wäre Bioökonomie nur ein weiteres verlorenes „Buzzword“ (Vivien et al., 2019) oder ein Modewort – mit begrenztem Mindesthaltbarkeitsdatum –, ein Containerbegriff und ein Diskursphänomen, das seinen Grund in entsprechender Forschungsförderung hätte.

In diesem Buch geht es erstens darum, die Zugänge der Zirkulärwirtschaft und Bioökonomie für eine berufliche Zielgruppe zusammenzufassen. Zweitens sollen einem Leserinnenkreis aus den Fachbereichen der Nachhaltigkeit und der Bioökonomie die spezifischen Anliegen des Bauwesens vermittelt werden. Da hier insbesondere Langlebigkeit, Ressourcenschonung und Bestandsnutzung im Vordergrund stehen, wären für die wissenschaftliche Begleitung quantitative wie qualitative Methoden zu beachten, wie eine Hermeneutik der Bauwerke (Abschn. 2.3). Die Spaltung von Architektur – für derartige Anliegen traditionell offen – und den technischen Logiken verpflichteten Bauingenieuren ist in Anbetracht der Nachhaltigkeitsziele geradezu tragisch. Der Ansatz der zirkulären Bioökonomie kann diese Tragödie nicht rückgängig machen, aber ein neues, zartes Verbindungsfädchen spannen.

*Editorische Anmerkung:* Die Teilkapitel mit dem Titel „Exkursion“ sind aktualisierte und ergänzte Reportagen oder Analysen, die erstmals in verschiedenen Zeitungen erschienen sind. Einige der Texte sind auch ursprünglich als unabhängige verfasste Leitartikel in einer Publikation der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) erschienen. Durch hierfür erhaltene Honorarzahungen sind keine Interessenkonflikte entstanden. Die Ersterscheinungsorte und Titel der „Exkursionen“ waren wie folgt:

Grossarth, J. (2014). Die Waldwirtschaft sagt der Kiefer leise servus, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 1.11.2014.

Grossarth, J. (2018). Brot für alle, *Frankfurter Allgemeine Woche*, 23.3.2018.

Grossarth, J. (2018), Ölland, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 26.10.2018.

Grossarth, J. (2021), Agrarökologie: Eine globale politische Leitperspektive?, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Hg.), *Wie man die Welt ernährt, Ideen, Ansätze und Lösungen der Sonderinitiative Eine Welt ohne Hunger*, Bonn/Eschborn.

Grossarth, J. (2021), Auf Innovationen liegt die Hoffnung der Entwicklungspolitik, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Hg.), *Wie man die Welt ernährt, Ideen, Ansätze und Lösungen der Sonderinitiative Eine Welt ohne Hunger*, Bonn/ Eschborn.

Grossarth, J. (2021), Ich mag Müll, *Die Zeit*, 9.12.2021.

Grossarth, J. (2021), Siegel, Zölle und Lieferkettengesetze: Nützen oder schaden sie Kleinbauern, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Hg.), *Wie man die Welt ernährt, Ideen, Ansätze und Lösungen der Sonderinitiative Eine Welt ohne Hunger*, Bonn/Eschborn.

Grossarth, J. (2022), Baut auf Hanf!, *Welt am Sonntag*, 3.7.2022.

Grossarth, J. (2022), Das Ende der Landwirtschaft, *Die Welt*, 30.11.2022.

Grossarth, J. (2022), Doppelte Ernte, *Welt am Sonntag*, 31.7.2022.

Grossarth, J. (2022), Ein Baustoff steht im Walde, *Welt am Sonntag*, 11.9.2022.

Grossarth, J. (2022), Mit Beton in die Zukunft, *Welt am Sonntag*, 20.12.2022.

Grossarth, J. (2022), Perfekte Bäume aus dem Labor, *Welt am Sonntag*, 4.12.2022.

Grossarth, J. (2023), Abrupter Wertewandel, *Welt am Sonntag*, 28.1.2023.

Grossarth, J. (2023), Das besondere Rezept des römischen Betons, *Die Welt*, 10.1.2023.

Einige Passagen anderer Kapitel sind Anfang 2023 als „Expert:innenpapiere“ von der Hochschule Biberach erschienen und von dieser an Fachleute des Bauwesens verteilt worden. Diese sind abrufbar unter <https://www.one-h.de/bau-biooekonomie/>; auch die für diese Texte erhaltene Honorarzählung führten nicht zu Interessenkonflikten.

---

## Literatur

Architects for Future (2021). *Klimaneutrales bzw. klimapositives Bauen*. Vorschläge für eine Muster(um)bauordnung, o. O.

Bartels, N., et al. (2022). *Anwendung der BIM-Methode im nachhaltigen Bauen*. Springer Vieweg.

Bauer, M., et al. (2013). *Green building: Leitfaden für nachhaltiges Bauen*. Springer Vieweg.

BDA (2020). *Das Haus der Erde – Positionen für eine klimagerechte Architektur in Stadt und Land*.

Blumenberg, H. (2015). *Schriften zur Technik*. Suhrkamp.

Blumenberg, H. (2013). *Paradigmen zu einer Metaphorologie*. (Erstveröffentlichung 1960). Suhrkamp.

Blumenberg, H. (2014). *Schiffbruch mit Zuschauer*. (Erstveröffentlichung 1979). Suhrkamp.

Braungart, G. (1995). *Leibhafter Sinn: Der andere Diskurs der Moderne*. De Gruyter.

Campanella, D. et al. (2022). Echte Materialkreisläufe schaffen – Möglichkeiten und Herausforderungen der Wiederverwendung von Baustoffen. In C. Jacob & S. Kukovec (Hrsg.), *Auf dem Weg zu einer nachhaltigen, effizienten und profitablen Wertschöpfung von Gebäuden: Grundlagen – Neue Technologien, Innovationen und Digitalisierung – Best Practices*. Springer Vieweg, S. 517–535.

Fehrenbach, F. (2011). Lebendigkeit. In U. Pfisterer, (Hrsg.), *Metzler Lexikon Kunstwissenschaft*.

- Friedrichsen, S. (2018). *Nachhaltiges Planen, Bauen und Wohnen: Kriterien für Neubau und Bauen im Bestand*, Springer Vieweg.
- Graubner, C.-A. & Hüske, K. (2003), *Nachhaltigkeit im Bauwesen*. Wiley & Sons.
- Grefe, C. (2016). *Global Gardening. Bioökonomie–Neuer Raubbau oder Wirtschaftsform der Zukunft*. Kunstmann.
- Grossarth, J. (2018). *Die Vergiftung der Erde: Metaphern und Symbole agrarpolitischer Diskurse seit Beginn der Industrialisierung*. Campus.
- Hauke, B. (Hrsg.) (2021). *Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz und Klimaschutz: Konstruktive Lösungen für das Planen und Bauen-Aktueller Stand der Technik*. Ernst & Sohn.
- Hebel, D. et al. (2014). *Building from waste: Recovered materials in architecture and construction*. Birkhäuser.
- Heisel, F. & Hebel, D. (Hrsg.). (2021). *Urban mining und kreislaufgerechtes Bauen*. Fraunhofer IRB.
- Hillebrandt, A. & Seggewies, J.-K. (2018). *Recyclingpotenziale von Baustoffen, Atlas Recycling*. Birkhäuser.
- Jarmer, T. et al. (2021), *Einfach bauen 2 – Planen, Bauen, Messen*. BBSR online.
- Kircher, M. (2020). *Weg vom Öl: Potenzial und Grenzen der Bioökonomie*. Springer.
- Kollhoff, H. (2022). *Architekten: Ein Metier baut ab*. Zu Klampen.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (2008). *Metaphors we live by*. University of Chicago Press.
- Lanzerath, D. et al. (2022). *Bioeconomy and Sustainability*. Springer.
- Lewandowski, I. (2018). *Bioeconomy: Shaping the transition to a sustainable, biobased economy*. Springer.
- McDonough, W. & Braungart, M. (2002), *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press.
- Mulhall, D. & Braungart, M. (2010). Cradle to cradle criteria for the built environment *Economiaz. Revista vasca de Economía*, 75(04), S. 182–193.
- Müller, A. (2018). *Baustoffrecycling: Entstehung-Aufbereitung-Verwertung*. Springer Vieweg.
- Müller, E. & Schmieder, F. (2016), *Begriffsgeschichte und historische Semantik*. Suhrkamp.
- Nagler, F. (Hrsg.). (2021), *Einfach Bauen. Ein Leitfaden*. Birkhäuser.
- Nbau (2023). *Selbstdarstellung des Magazins*. [ernst-und-sohn.de/zeitschriften/nbau](http://ernst-und-sohn.de/zeitschriften/nbau). Zugegriffen: 14. Juni 2023.
- Pietzsch, J. (2017). *Bioökonomie für Einsteiger*. Springer.
- Schurr, U. (2020). Food security and healthy nutrition in the context of the bioeconomy. In J. Pietzsch (Hrsg.), *Bioeconomy for beginners*. Springer, S. 67–75.
- Schwarzwälder, H. (2023). *Die digitale Bauwirtschaft – Wege aus der Branchenlogik: Status Quo und Chancen der digitalen Transformation*. Springer Vieweg.
- Sobek, W. (2022). *non nobis – über das Bauen in der Zukunft, Bd 1: Ausgehen muss man von dem, was ist*. AV Edition.
- Thrän, D. & Moesenfechtel, U. (Hrsg.). (2020). *Das System Bioökonomie*. Springer.
- Vivien, F.-D. et al. (2019). The hijacking of the bioeconomy. *Ecological economics*, 159, S. 189–197.