

Hans Sommer

PROJEKT- MANAGEMENT IM HOCHBAU

MIT BIM UND LEAN MANAGEMENT



4. Auflage

 Springer Vieweg

Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management

Hans Sommer

Projektmanagement im Hochbau

mit BIM und Lean Management

4. Auflage

Hans Sommer
Drees & Sommer AG
Stuttgart, Deutschland

ISBN 978-3-662-48923-9
DOI 10.1007/978-3-662-48924-6

ISBN 978-3-662-48924-6 (eBook)

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

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1994, 1998, 2009, 2016

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg

VORWORT

Ist das Bauen so schwierig geworden, dass es fast unmöglich erscheint, Großprojekte im vorgesehenen Zeit- und Kostenrahmen zu erstellen? Die Diskussion darüber, wieso in Deutschland vor allem öffentliche Großprojekte so häufig aus dem Ruder laufen, nimmt auch international zu. Dabei müsste das wirklich nicht sein, denn im Grunde geht es immer um die gleichen Probleme:

- Unklare Nutzerprozesse und Planungsvorgaben
- Unklare Zuständigkeiten beim Bauherrn
- Wunschkosten, fehlende Risikobetrachtungen
- Ineffiziente Planungs- und Bauprozesse
- Langwierige Genehmigungsverfahren
- Intransparenz und falsche Kommunikation

In der Regel genügt schon eines dieser Probleme, um ein komplexes Projekt aus dem Tritt zu bringen. Kommen mehrere dieser Probleme zusammen, so schaukeln sie sich gegenseitig auf und treiben das Projekt immer ins Chaos. Dies ließe sich vermeiden, wenn die Bauherren folgende Voraussetzungen schaffen würden:

- ihre Ziele professionell zu definieren,
- sich an die gesetzten Ziele zu halten,
- sich professionell zu organisieren,
- zügige und klare Entscheidungen zu treffen.

Werden diese Voraussetzungen erfüllt, dann wird ein professionelles Team aus Projektmanagement, guten Architekten und Ingenieuren mit den richtigen Werkzeugen und Prozessen auch Qualität, Kosten und Termine sicherstellen.

Und bei diesen Werkzeugen und Prozessen gab es seit der 3. Auflage dieses Buches eine Entwicklung, die das Projektmanagement im Vergleich mit den seitherigen Prozessen bei der Planung und Ausführung einen großen Schritt weiterbringen wird. Dabei geht es zum einen um die Planungsmethode „Building Information Modeling“ – kurz BIM genannt –, die neben einer deutlich ver-

besserten Qualität auch industrialisierte und damit auch wirtschaftlichere Prozesse ermöglicht. Zum anderen hält das Lean-Prinzip in Form von Lean Construction Management Einzug in die Planungs- und Bauprozesse.

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei den Kollegen von Drees & Sommer für ihre inhaltliche Unterstützung bei folgenden Themen bedanken:

- Cradle to Cradle: Peter Möhle
- Gebäudetechnik: Veit Thurm
- Building Information Modeling: Mirco Beutelspacher, Philipp Dohmen, Peter Liebsch, Veit Thurm und Prof. Marc Volm
- Lean Construction Management: Patrick Theis
- Planungsbegleitendes FM: Thomas Häusser
- Inbetriebnahme: Mirko Weiss, Thomas Berner

Außerdem gilt mein besonderer Dank Dr. Volkmar Hovestadt vom Büro digitales bauen in Karlsruhe für seine Unterstützung zum Thema des modularen Planungsansatzes.

In gemeinsamer Anstrengung ist es gelungen, die neuen Themen in das Buch zu integrieren, ohne auf die bewährten und in der Mehrzahl am Markt angewendeten Methoden und Prozesse zu verzichten. Das Buch soll weiterhin alle Baubeteiligten in anschaulicher Weise über den aktuellen Stand der Möglichkeiten informieren, ohne zu weit ins Detail zu gehen.

Für die Qualität des Layouts und der Abbildungen sowie ihre große Geduld mit der Einarbeitung ständig neuer Ideen bedanke ich mich ganz herzlich bei Angela Reitmaier.

Stuttgart, im Januar 2016



INHALT

1.	Trends bei Gebäuden und Prozessen	2
1.1	Entwicklung des Bauens seit 1960	4
1.2	Analyse der Trends	5
1.3	Die Konzeption zukünftiger Neubauten	11
1.4	Neue Methoden und Prozesse	16
2.	Klärung der Ziele und Projektvorbereitung	18
2.1	Nutzerprozesse analysieren	20
2.2	Erarbeiten Planungsidee	23
2.3	Projektorganisation	31
2.4	Abwicklungsstrategie	42
2.5	Vertrags- und Risikomanagement	54
2.6	Termin- und Kostenstruktur	60
2.7	BIM-Beratung	74
3.	Konventionelle Planung mit Projektmanagement	78
3.1	Konventioneller Planungsablauf nach HOAI	80
3.2	Managementleistungen in der Planungsphase	97
3.3	Planungsbegleitendes Facility Management	113
4.	Planen und vorbereiten mit BIM und Lean Design Management	118
4.1	Building Information Modeling (BIM)	120
4.2	BIM als Grundlage für industrialisiertes Bauen	138
4.3	BIM-Steuerung mit Lean Design Management (LDM)	144
4.4	Beschaffung der Bauleistungen bei BIM	152
4.5	Produktions- und Logistikplanung mit BIM und LCM	154
5.	Bauen mit Baumanagement und neuen Lean-Methoden	160
5.1	Die Phasen der Bauabwicklung	162
5.2	Managementleistungen bei der Bauausführung	209
5.3	Steuern mit Lean Construction Management (LCM)	225
6.	Professioneller Übergang zum Betrieb	236
6.1	Inbetriebnahmemanagement, Abnahme, Übergabe (IAÜ)	238
6.2	Mängelbeseitigung	246
6.3	Beschaffung von Dienstleistungen	249
6.4	Nutzer- und Mieterkoordination	251
6.5	Einsatz von Lean Management und BIM	252



TRENDS BEI GEBÄUDEN UND PROZESSEN

Will man den aktuellen Zustand des Bauens und des dafür erforderlichen Projektmanagements beschreiben, ist ein Blick in die Vergangenheit nützlich. Was ist in der Zwischenzeit passiert und warum hat sich alles so entwickelt, wie es sich heute darstellt? Man kann daraus lernen, wie man die Zukunft des Bauens positiv mitgestalten kann.

Das gilt ebenso für die Auswirkungen der Konzeption von zukünftigen Neubauten wie für neue Methoden und Prozesse, die das Bauen und den Betrieb der Gebäude nachhaltig verändern werden.

1.1	Entwicklung des Bauens seit 1960	4
1.2	Analyse der Trends	5
1.2.1	Trend ab 1960: industrielles Bauen, Energieverschwendung	5
1.2.2	Trend ab 1980: Arbeitsplatzoptimierung und CI-Buildings	6
1.2.3	Trend ab 1990: massive Energieeinsparung und CO ₂ -Reduzierung	7
1.2.4	Aktueller Trend: Wiederverwertung von Baustoffen, Stoffkreisläufe	8
1.3	Die Konzeption zukünftiger Neubauten	11
1.3.1	Smart vernetzt = intelligent	12
1.3.2	Weitgehend energieautark und emissionsneutral	13
1.3.3	Gesunde Baustoffe	14
1.3.4	Kreislauffähig – Cradle to Cradle	14
1.3.5	Flexibel nutzbar	14
1.4	Neue Methoden und Prozesse	16

1.1 Entwicklung des Bauens seit 1960

Anders als die Branchen Automotive und Maschinenbau, die sich durch eine hohe Entwicklungsgeschwindigkeit auszeichnen, tut sich die Baubranche schwer, eine ähnliche Entwicklung zu vollziehen. Begründet wird dies stets mit dem Gebäude als Unikat. Dabei hat sich in den letzten 50 bis 60 Jahren in Bezug auf die Anforderungen an Gebäude viel getan, ohne dass sich deshalb aber der Planungs- und Bauprozess wesentlich weiterentwickelt hätte.

Teils überlappende und aufeinander aufbauende Entwicklungsstufen haben über die Jahre das Baugeschehen mit jeweils neuen Ansätzen geprägt und dadurch immer komplexer gemacht. Die erstellten Gebäude werden durch diese Ansätze zunehmend besser auf die Bedürfnisse der Menschen und die Erhaltung einer intakten Natur ausgerichtet (siehe Abb. 1–1).

Der ab Anfang der 60er-Jahre vorherrschende Trend zum schnellen und günstigen Erstellen von möglichst vielen Neubauten für die Wirtschaft und das Wohnen wurde ab Anfang der 80er-Jahre durch den Trend zur besseren

Arbeitsorganisation und zu besseren Arbeitsbedingungen abgelöst.

Zwar zeigte der erste Ölpreisschock Anfang der 70er-Jahre nur vorübergehende Wirkung, aber in Verbindung mit einem gestiegenen Umweltbewusstsein setzte ein massiver Trend zum Energiesparen ein, der sich bis heute weiter verstärkt hat.

Erstaunlicherweise hat es bis heute gedauert, um die Diskussion über die Verschwendung von Rohstoffen beim Bauen in Gang zu bringen und über die Stoffkreisläufe nachzudenken. Alle diese Trends haben die Anforderungen an Gebäude verändert, ohne aber zu einer wirklichen Vernetzung und zu einer eigentlich zu erwartenden massiven Veränderung bei den Planungs- und Bauverfahren zu führen.

Um hierbei eine Entwicklung der Prozesse in Gang zu bringen, erfordert es einen Blick auf die Eigenschaften zukünftiger Gebäude und die Auswirkung von Digitalisierung und KAIZEN-Ansätzen auf Planungs-, Herstellungs- und Bauprozesse unter Beachtung des gesamten Lebenszyklus.

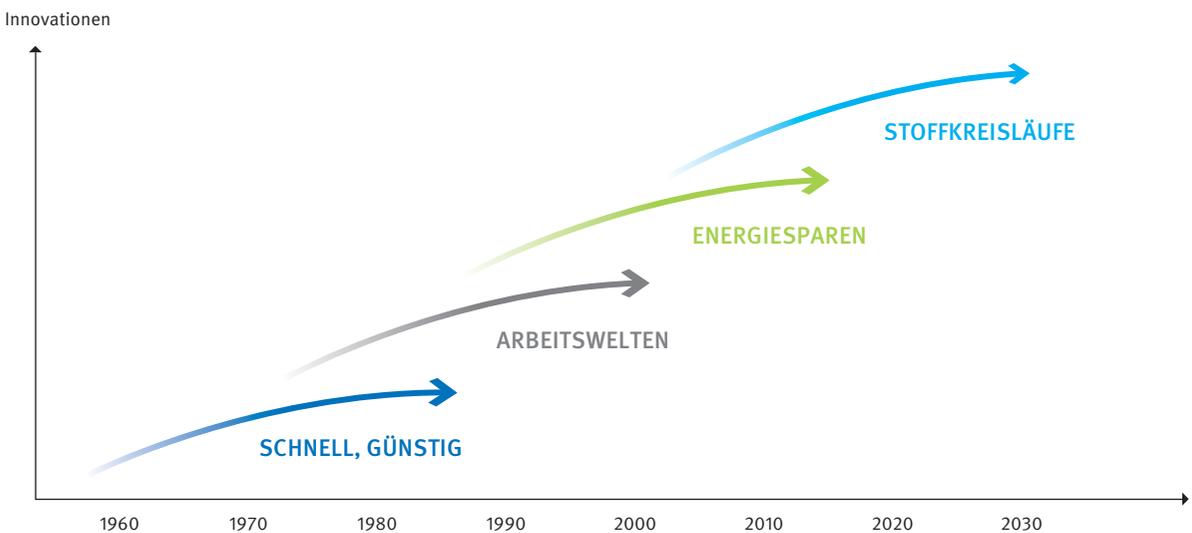


Abb. 1–1 Trends in der Bauwirtschaft



Abb. 1–2 Trend-Inhalte

1.2 Analyse der Trends

Die Inhalte, Ziele und Ergebnisse der einzelnen Trends lassen sich in der oben stehenden Grafik zusammenfassen: Jeder dieser Trends hat für sich die Anforderungen an Gebäude verändert, teils autark, teils aber auch kumulierend. Von diesen Trends wurden logischerweise zunächst die Neubauten erfasst, während der Bestand mit großen Zeitversätzen nachhinkt beziehungsweise noch nachhinkt (siehe Abb. 1–2).

1.2.1 Trend ab 1960: industrielles Bauen, Energieverschwendung

Spätestens seit Mitte der 1960er-Jahre wurden Wohn- und Bürogebäude, Shopping Malls und Krankenhäuser, Betreiberimmobilien und Industriebauten nur so aus dem Boden gestampft. Wo der Bestand im Weg war, wurde ohne viel Federlesens geplant. Ein Großteil der Architektur aus dieser Zeit ist alles andere als eine Augenweide, wird aber heute teilweise unter Denkmalschutz gestellt.

Gefördert wurde damals vor allem das sogenannte technisierte Bauen, das stark durch Betonfertigteilbau geprägt war (siehe Abb. 1–3).



Abb. 1–3 Fertigteilbau

Der Ausbau wurde vor allem im öffentlichen und im Gewerbebau mit vorgefertigten Fußböden, Wand- und Deckensystemen durchgeführt. Leider wurden die Bedürfnisse der Menschen dabei häufig vernachlässigt und die verwendeten Materialien meist ohne Rücksicht auf gesundheitliche Schäden verwendet. Die eingesetzten Stoffe waren häufig mit problematischen Löse-, Binde- oder Konservierungsmitteln, mit Stabilisatoren, Weichmachern oder Isoliermitteln belastet.

Ein berühmt-berüchtigtes Beispiel aus dieser Zeit ist das Asbest, das heute als Sondermüll mit hohen Entsorgungskosten eingestuft ist. Weitere Beispiele sind Mineralwolle mit zu kleinen Faserlängen oder formaldehydhaltige Holzbau- und Innenausbaustoffe. Dieses „Erbe“ ist bis heute in einem Großteil unserer Altbau-substanz enthalten.

Die Fassaden waren für Architekten und Ingenieure großzügig verglaste Hüllen mit schlechter Wärmedämmung. Die dadurch implizierten Wärmeverluste im Winter und die Überhitzung im Sommer eliminierte man durch überdimensionierte Klimaanlage mit gigantischem Energieverbrauch.

Allerdings entstanden in dieser Trendphase der 60er-Jahre auch interessante Ansätze. Im Grundsatz nämlich waren die Entwicklungen mit der Trennung von Konstruktions- und Ausbauraster für flexible Grundrisse durchaus zukunftsweisend, da sie durch eine gewisse Modularisierung spätere Umnutzungen und Revitalisierungen unterstützten.

Zudem wurden interessante Ansätze für das industrielle Bauen mit standardisierten Bauteilen entwickelt, wobei allerdings leider oftmals mit Verbundwerkstoffen gearbeitet wurde.

1.2.2 Trend ab 1980: Arbeitsplatzoptimierung und CI-Buildings

Die von standardisierten Grundrissen, technisierten Bauverfahren, Schnelligkeit, Wirtschaftlichkeit und günstigen Energiepreisen geprägten Gebäude aus den vorausgehenden Jahrzehnten fanden seit den 1980er-Jahren immer weniger Fürsprecher. Kaum ein Eigentümer oder Mieter, der mit diesen Gebäuden wirklich zufrieden war. So setzte etwa bei Büro- und Verwal-



Abb. 1–4 Arbeitsplatzoptimierung

tungsgebäuden ein ganz neuer Trend ein. Dabei standen die Bedürfnisse der Menschen im Arbeitsprozess im Vordergrund. Die Devise lautete: „Nur zufriedene Mitarbeiter an optimalen Arbeitsplätzen bringen gute Leistungen“ (siehe Abb. 1–4).

Aus dieser Haltung leitete man Forderungen nach individuellen und flexiblen Grundrissen ab. Die Entwicklung ging weg vom klassischen Großraum- oder Zellenbüro. Dies hatte natürlich Auswirkungen auf die Architektur: Sie erhielt nun die Aufgabe, sowohl auf die funktionalen Veränderungen im Inneren zu reagieren als auch den Repräsentationswünschen der Bauherren und Unternehmen nach außen Ausdruck zu verleihen. Es entstanden die sogenannten CI-Buildings, die mit unterschiedlichsten architektonischen Mitteln einen speziellen Charakter verkörperten.

Die Entwicklung ab den 80er-Jahren brachte einerseits deutliche funktionale Verbesserungen in den Grundrissen der Gebäude und der Arbeitsplatzoptimierung, neue Arbeitswelten entstanden. Auch der Städtebau ging besser auf die menschlichen Bedürfnisse ein und anstatt der konsequenten Einhaltung rigider Bebauungspläne erfolgte zunehmend eine gelungene Integration von Bauvorhaben in die städtebauliche Umgebung im Rahmen von städtebaulichen Architektenwettbewerben.

Die stoffliche Zusammensetzung der verwendeten Baumaterialien hat sich jedoch leider nur zögerlich verändert – im Gegenteil! Der Anteil gesundheitsschädlicher Inhalte hat sich durch den steigenden Anteil an Verbundwerkstoffen weiter erhöht.

1.2.3 Trend ab 1990: massive Energieeinsparung und CO₂-Reduzierung

Schon in den 80er-Jahren wurden die ersten Anforderungen an die Wärmedämmung der Gebäude gestellt. Die sogenannten Wärmeschutzverordnungen bildeten die Grundlage für den Beginn eines zunehmend energiebewussten Bauens. In den 90er-Jahren begann man, erste Zertifizierungssysteme zur Messung und Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien zu entwickeln

wie BREEAM in Großbritannien und LEED in den USA. Das Ziel war damals – und ist es bis heute geblieben –, Ökonomie und Ökologie „unter einen Hut“ zu bringen und so die Verbreitung des nachhaltigen Denkens und Handelns zu fördern.

2007 wurde in Deutschland schließlich das Zertifizierungssystem der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) eingeführt, bei dem Drees & Sommer als Gründungsmitglied aktiv mitgewirkt hat. Es bewertet Gebäude in den sechs Themenfeldern Ökologie, Ökonomie, soziokulturelle und funktionale Aspekte, Technik, Prozesse und Standort und zielt damit auf die Gesamtleistung eines Gebäudes. Die Bewertungen basieren stets auf dem gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, das Wohlbefinden des Nutzers steht mit im Fokus.

Auch der Energiepass für Gebäude wurde 2007 in Deutschland eingeführt. Spätestens damit verschob sich der Blickwinkel sehr stark zugunsten des Themas Energie. In aller Munde sind seither Schlagworte wie Energiesparen und Verbrauchsreduzierung, Erderwärmung und CO₂-Emissionen. Die „Energiewende“ rückte in den folgenden Jahren das Thema Energie noch weiter in den Vordergrund. Vor allem in Deutschland werden spätestens nach der Atomkatastrophe von Fukushima erneuerbare Energien massiv gefördert und gleichzeitig die Kernkraftwerke nach und nach abgeschaltet. Diese Entwicklung wirkt sich nachdrücklich auf das Bauen und den Gebäudebestand aus. Die Folgen reichen von der Entwicklung neuer Energiespeichertechniken bis zum Boom bei der dezentralen Energieerzeugung. In den nächsten Schritten sollen die Gebäude zu sogenannten Smart Cities vernetzt werden. Hier ist man also auf dem sogenannten „Energieeffizienzpfad“ weit gekommen (siehe Abb. 1–5).

Das Energiesparen prägt den Trend in dieser Phase aufgrund der massiven Verteuerung der Energie und des politischen Drucks zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes durch Wärmeschutz und die Verwendung erneuerbarer Energien. Flankierend wirken Vorschriften wie die Energiesparverordnung und Marktanreize wie die Green-Building-Zertifizierungen.

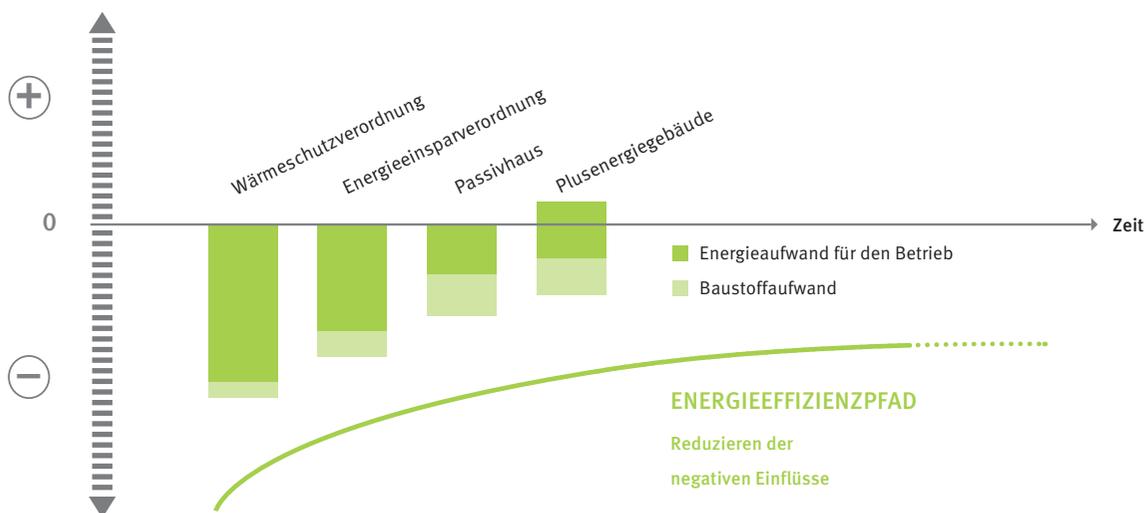


Abb. 1–5 Energieeffizienzpfad

Der Schwerpunkt des Energieeffizienzpfades liegt allerdings recht einseitig auf der Vermeidung negativer Einflüsse auf den CO₂-Ausstoß, wobei die Beschäftigung mit den Auswirkungen auf die ökologische Qualität im Hintergrund steht. Die Wärmedämmung wird immer weiter verbessert, allerdings leider verbunden mit einer weiteren Zunahme der Abfallmengen von gesundheits-schädlichen Verbundwerkstoffen.

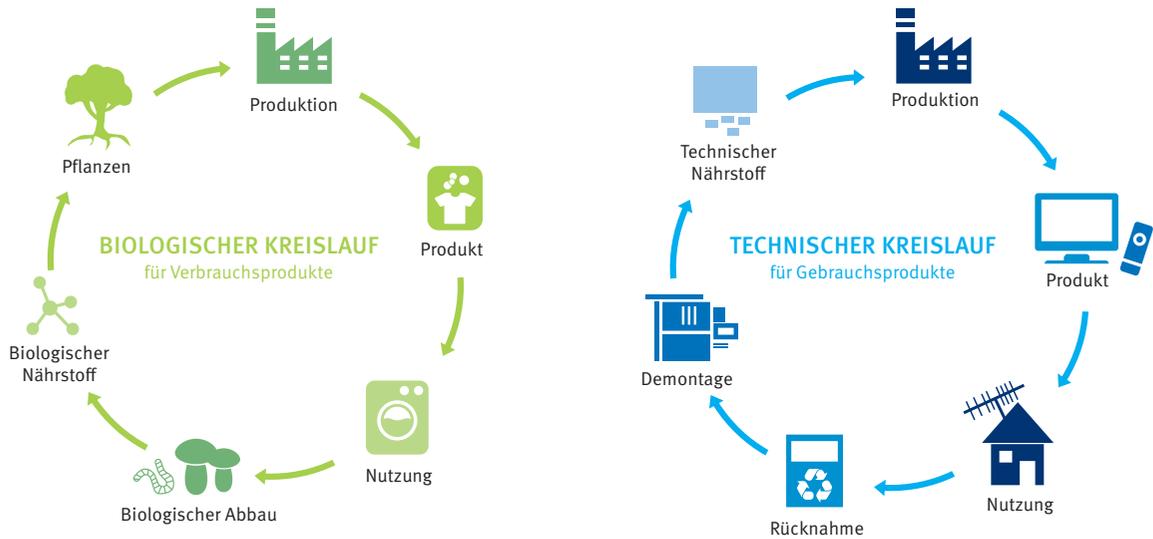
1.2.4 Aktueller Trend: Wiederverwertung von Baustoffen, Stoffkreisläufe

Was zunehmend Sorgen machen wird, ist die Abhängigkeit von Rohstoffen – ausgehend von einer gigantischen Verschwendung. Ausgangspunkt ist dabei die Bedeutung der Rohstoffe für unsere Branche, denn 85 % der Unternehmen im Bausektor leiden unter den steigenden Rohstoffpreisen. Der Anteil des globalen Rohstoffverbrauchs, der durch die Baubranche verursacht wird, liegt bei 40 bis 50 %! Außerdem ist das Bauwesen für rund 60 % des Abfallaufkommens verantwortlich.

Für die Vermarktung von Bauprodukten wurde deshalb auf EU-Ebene im Jahr 2010 die Bauproduktenverordnung erlassen, nach der das Recycling aller Baustoffe, die Verwendung umweltfreundlicher Roh- und Sekundärstoffe sowie die Dauerhaftigkeit des Bauwerks geregelt werden.

Beim Begriff Recycling wird aber nicht unterschieden, ob es sich tatsächlich um eine Wiederverwendung auf derselben Qualitätsstufe handelt oder – wie in den meisten Fällen – um ein sogenanntes Downcycling, also eine Wiederverwendung, die mit einem Qualitätsverlust einhergeht. Das bedeutet aber, dass im Recyclingprozess wertvolles Material verloren geht und für zukünftige Produkte nicht mehr genutzt werden kann.

Hier setzt die Idee *Cradle to Cradle (C2C)* an, die vor allem durch den deutschen Chemiker Michael Braungart und den amerikanischen Architekten William McDonough bekannt geworden ist. Unsere bisherigen *Stoffströme*, die alle nach dem Prinzip „Von der Wiege bis zur Bahre“ (Cradle to Grave) fließen, sollen künftig durch *Stoffkreisläufe* (Cradle to Cradle) ersetzt werden, also ökoeffektiv sein (siehe Abb. 1–6).



Verbrauchsgüter sind Bestandteile eines biologischen Kreislaufs. Als biologisch abbaubare Produkte stellen sie Nährböden für neue natürliche Rohstoffe dar.

Gebrauchsgüter sind Teil eines technischen Kreislaufs. Die technischen Nährstoffe zirkulieren in geschlossenen Systemen auf einem beständig hohen Qualitätsniveau.

Abb. 1–6 Stoffkreisläufe

Dabei wird unterschieden in biologische und technische Stoffkreisläufe.

Damit eine solche Kreislaufwirtschaft funktionieren kann, müssen bestimmte Regeln für Bauelemente eingehalten werden: Sortenrein trennbar, demontierbar, regenerierbar, zertifiziert, Inhaltsstoffe müssen zugelassen sein. Im Grunde sind unsere Gebäude also große Rohstofflager (siehe Abb. 1–7).

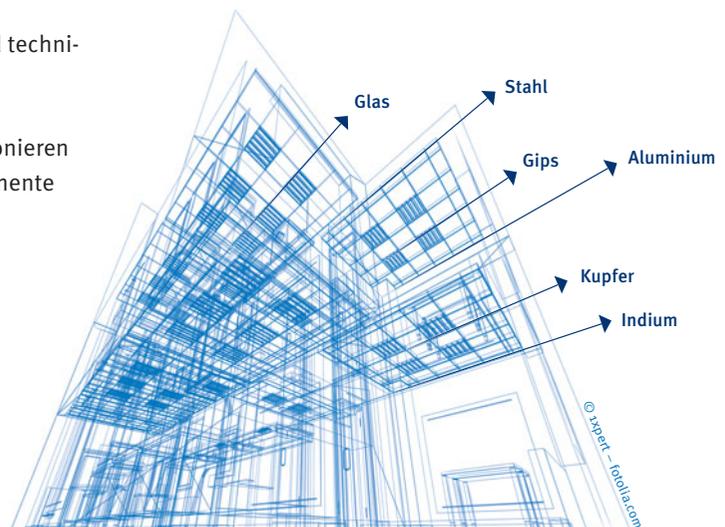


Abb. 1–7 Gebäude als Rohstofflager

Ein klassischer Kreislauf findet bereits heute bei der Kupferverarbeitung statt: Im Jahr 2013 lag die weltweite Nachfrage nach Kupfer bei etwa 20 Millionen Tonnen, wovon drei Millionen Tonnen (15 %) aus recyceltem Material gewonnen wurden. Die Menge von weltweit im Gebrauch befindlichem Kupfer (in Gebäuden, Elektronik, Transformatoren etc.) wird auf 350 bis 500 Millionen Tonnen geschätzt, stellt also ein gigantisches Rohstofflager dar.

Aus dem Gedanken einer Kreislaufwirtschaft heraus könnten beispielsweise auch Gebrauchsgüter nach dem Leasing-Prinzip gegen eine Gebühr genutzt werden. Das Gebäude oder bestimmte Teile würden dann weiterhin dem Hersteller gehören – sozusagen als Materiallager für die Zukunft. Nach einer vereinbarten Nutzungsdauer könnten die Materialien zurück an den Hersteller gehen, der sie wieder als Ausgangsbasis für neue Produkte ver-

wendet. Die Idee ist, dass der Hersteller als „Besitzer“ des Materiallagers von vornherein geneigt ist, höherwertigere Materialien zu verwenden, da er sie später zur Wiederverwendung zurückerhält.

Mit dem neuen Trend hat ein intensives Nachdenken über die Schonung von Stoffressourcen und gesunde Baustoffe eingesetzt. *Cradle to Cradle* erfordert eine konsequente Abkehr von Verbundwerkstoffen und den Einsatz möglichst schadstofffreier Materialien. Aus der seither ausschließlichen Reduktion negativer Einflüsse wird so durch den Übergang vom *linearen Effizienzpfad* die aktive Optimierung positiver Einflüsse im Sinne einer Kreislaufwirtschaft als *Circular Economy*, bei der Gebäude Energieüberschüsse produzieren und ihre Baustoffe wieder in einen Stoffkreislauf zurückkehren (siehe Abb. 1–8).

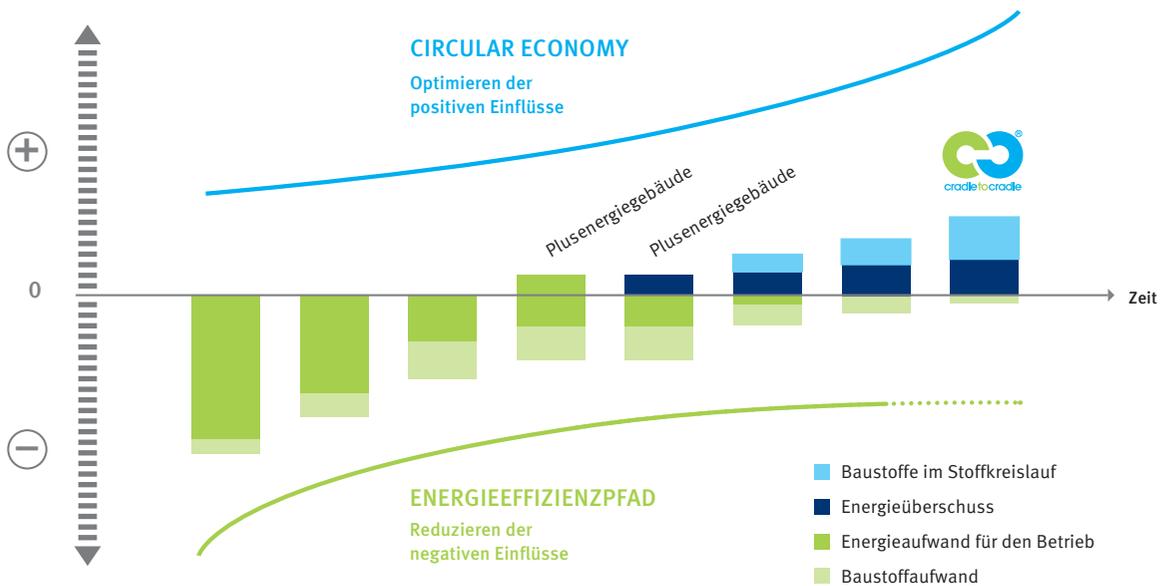


Abb. 1–8 Auf dem Weg zur Circular Economy