

# Ressourceneffizienz im Bauwesen

Von der Planung bis zum Bauwerk



# Ressourceneffizienz im Bauwesen

## Von der Planung bis zum Bauwerk

1. Auflage, Mai 2019

Autorin:  
Franziska Pichlmeier, VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Wir danken Herrn Claus Asam und Herrn Merten Welsch, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), für die fachliche Unterstützung.

Titelbild: ©ZRS Architekten

EINLEITUNG	4
VORTEILE VON RESSOURCENEFFIZIENTEM PLANEN UND BAUEN	6
WAS BEDEUTET RESSOURCENEFFIZIENZ?	8
RESSOURCENEFFIZIENZ: VON DER PLANUNG BIS ZUM BAUWERK	12
RESSOURCENEFFIZIENZASPEKTE IN DER PLANUNG	14
RESSOURCENEFFIZIENZASPEKTE DER AUSSCHREIBUNG/VERGABE	22
RESSOURCENEFFIZIENZASPEKTE IN DER BAUAUSFÜHRUNG	28
RESSOURCENEFFIZIENZASPEKTE BEI DER ÜBERGABE	34
FAZIT	40
LITERATUR	42

## Einleitung

**Der Schutz der natürlichen Ressourcen ist für die Erhaltung unseres Planeten von existenzieller Bedeutung.<sup>1</sup>**

Seit einigen Jahren konzentriert sich die deutsche Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik zunehmend auf das Thema Ressourceneffizienz. Dem Bauwesen kommt dabei aufgrund des hohen Rohstoffeinsatzes eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung von Ressourceneffizienz zu.

Dies betrifft neben der Energieeffizienz ebenso die Materialeffizienz. Die Energieeffizienz, die gesetzlich in der Energieeinsparverordnung geregelt wird, ist bereits fester Bestandteil jeder Gebäudeplanung. Im Gegensatz dazu steht die Materialeffizienz in der Bauwirtschaft noch nicht so stark im Fokus.

In den vergangenen Jahren hat dieses Thema jedoch durch eine zunehmende weltweite Rohstoffknappheit immer mehr an Bedeutung gewonnen. Neben den knapper werdenden Ressourcen kommen auch die Kapazitäten für die Deponien in manchen Regionen Deutschlands an ihre Grenzen.

Viele der Aspekte, die die Ressourceneffizienz betreffen, sind im nachhaltigen Bauen verankert. Die Nachhaltigkeit stützt sich auf drei Säulen: Ökologie, Ökonomie und Soziokulturelles. Diese Säulen sind gleichrangig zu berücksichtigen. Das Schutzziel im Bereich der Ökologie ist der Schutz natürlicher Ressourcen und der Ökosysteme.<sup>2</sup> Die Steigerung der Ressourceneffizienz ist eine Strategie, um diese Schutzziele zu erreichen.

In dieser Broschüre wird auf das Thema Material- und Energieeffizienz eingegangen. Wird eine ganzheitliche Planung angestrebt, sollten alle Aspekte der Nachhaltigkeit mit berücksichtigt werden.

Ziel für das zukünftige Bauen sollte es sein, die Ressourceneffizienz über den ganzen Lebensweg eines Gebäudes zu betrachten.

Die Broschüre gibt dazu einen Überblick über die Definition der Ressourceneffizienz und Möglichkeiten, Ressourceneffizienz Aspekte von der Planung bis zur Bauausführung zu integrieren. Zusätzlich stellt die Broschüre weiterführende Informationsseiten und hilfreiche Werkzeuge zusammen. Mithilfe von Praxisbeispielen werden bereits umgesetzte Ressourceneffizienzmaßnahmen anschaulich dargestellt.



## Ressourcenaufwand

Rund 90 % aller in Deutschland eingesetzten mineralischen Rohstoffe gehen in die Baustoffherstellung.<sup>1</sup>



## Energieverbrauch

Rund 40 % des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland werden bei der Gebäudenutzung verbraucht.<sup>1</sup>



## Abfallaufkommen

Rund 54 % des gesamten Abfallaufkommens in Deutschland stammen aus dem Bausektor.<sup>1</sup>

Der Anteil des Bausektors am Ressourcenaufwand, Energieverbrauch und Abfallaufkommen ist erheblich

(Bilder von links nach rechts: © Harald Biebel/Fotolia.com, Olivier Le Moal/Fotolia.com, TakerWalker/panthermedia.net)

## Welche Vorteile bergen ressourceneffizientes Planen und Bauen?

### Wettbewerbsvorteile für Planer und Bauausführende

- Generierung zusätzlicher Aufträge
- Erweiterung der Leistungspalette bzw. des Leistungsumfangs
- Neue Wirtschaftsbereiche
- Effizienzsteigerung im eigenen Unternehmen
- Positives Unternehmensimage

Eine ressourceneffiziente Bauweise schont die natürlichen Ressourcen und unsere Umwelt. Der Bauherr profitiert bei der Errichtung eines ressourcenschonenden Gebäudes von einer hohen Qualität und einem langfristigen Werterhalt der Immobilie. Aber auch für Planer und Bauausführende ist es attraktiv, Ressourceneffizienzaspekte bei der Arbeit zu berücksichtigen.

Es herrscht ein hoher Bedarf an entsprechend qualifizierten Unternehmen, die Bauprojekte nachhaltig und ressourceneffizient realisieren können, denn für viele Bauherren ist das Thema Ressourcenschonung ein wichtiger Bestandteil ihrer nachhaltigen Unternehmensführung geworden. Die vielen nachhaltig gebauten Beispiele zeigen, dass Unternehmen, aber auch private Bauherren, die Nachhaltigkeit und die Aspekte der Ressourceneffizienz bei ihren Neubauten umsetzen.

Dies bietet die Möglichkeit, durch den Erwerb entsprechender Kompetenzen, etwa im Rahmen von Mitarbeiterschulungen, zusätzliche Aufträge zu generieren. Damit kann ein Zukunftsmarkt erschlossen und ein Zugang zu innovativem Wissen und neuen Technologien geschaffen werden, was langfristig die Wettbewerbsfähigkeit sichert. Außerdem kann die Leistungspalette bzw. der Leistungsumfang von Planern und bauausführenden Unternehmen erweitert werden. Mit zunehmender Kreislaufwirtschaft

können sogar neue Geschäftsmodelle entstehen. Darüber hinaus steigern ressourceneffizientes Planen und Bauen auch die eigene Effizienz im Unternehmen. Nicht nur die Bauherren, sondern auch Planer und Bauausführende generieren durch das nachhaltige und ressourceneffiziente Bauen ein positives Unternehmensimage. Dies kann nicht nur für Kunden interessant sein, sondern auch zu einer besseren Identifikation der Mitarbeiter mit dem Unternehmen führen.

*„Nachhaltigkeit ist für uns kein Schlagwort, sondern ein Alltagsbegleiter. Als eines der ersten klimaneutralen IT-Unternehmen führen wir verschiedene Maßnahmen durch, um so ressourcenschonend und emissionsfrei wie möglich zu arbeiten. Das haben wir auch bei unserem Neubau in Holz-Hybridbauweise berücksichtigt.“*

Sebastian Hamann, Vorstand  
shopware AG



Bild: © RMA Architekten

*„Im Jetzt handeln, für die Zukunft planen. Das ist unsere Motivation für nachhaltiges Bauen.“*

Klaus Peter, Bäckermeister  
Bäcker Peter

## Was bedeutet Ressourceneffizienz?

**„Ressourceneffizienz ist definiert als Verhältnis eines bestimmten Nutzens oder Ergebnisses zum dafür eingesetzten Ressourceneinsatz“<sup>2</sup>**

Der Fokus dieser Definition aus der Richtlinie VDI 4800 Blatt 1 (2016) liegt auf dem effizienten und schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen. Der Nutzen von Produkten oder Dienstleistungen ist das Erfüllen von Funktionen und Eigenschaften. Er sollte lösungsneutral beschrieben werden. Der Aufwand wird definiert als Einsatz von natürlichen Ressourcen. Dabei werden die erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärrohstoffe, Energieressourcen, Luft, Wasser, Fläche und Ökodienstleistungen als natürliche Ressourcen betrachtet.

Die **Bilanzierung des Ressourceneinsatzes** erstreckt sich über den gesamten Lebensweg eines Produktes (oder Gebäudes), also von der Rohstoffentnahme bis zum Lebensende.

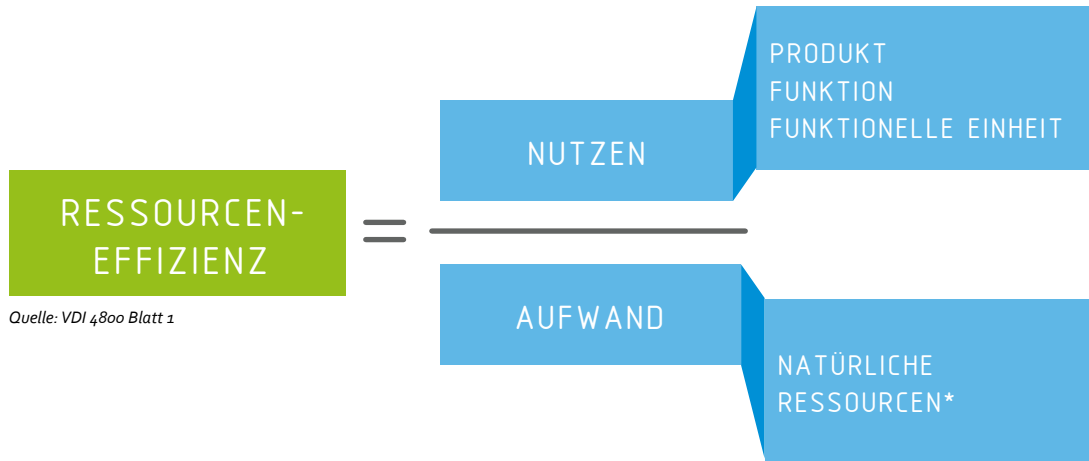
Um die Effizienz zu steigern, gibt es zwei Möglichkeiten: erstens den Aufwand bei gleichbleibendem Nutzen zu reduzieren, zweitens den Nutzen bei gleichbleibendem Energieaufwand zu erhöhen. Ein Beispiel einer Nutzendefinition eines Bauteils ist nachfolgend beschrieben: Ziel ist es, eine möglichst ressourceneffiziente Außenwand zu planen.

**Nutzen:** Im ersten Schritt werden die notwendigen Eigenschaften der Außenwand definiert: eine 1 m<sup>2</sup> große opake Außenwand mit einem U-Wert von 0,15 W/(m<sup>2</sup>K) und einer Lebensdauer von 50 Jahren.

Je genauer die Eigenschaften beschrieben werden, desto ähnlicher werden die verschiedenen Lösungen.

**Aufwand:** Lösungen zum Erfüllen des Nutzens sind mit unterschiedlichem Ressourcenaufwand verbunden. Dazu werden die Energie- und Materialaufwände zur Herstellung, bei der Nutzung und am Lebensende der einzelnen Baustoffe einer Lösung berechnet. Es sollten alle Aufwände im Lebensweg eines Produktes und ebenso die Austauschzyklen einzelner Elemente berücksichtigt werden.





Quelle: VDI 4800 Blatt 1

\*Primärrohstoffe, Energie-ressourcen, Luft, Wasser, Flächen und Boden, Ökosystemleistung

Um die Ressourceneffizienz eines Gebäudes zu steigern, muss sein Lebenszyklus genau betrachtet werden.

Ziel der Lebenszyklusbetrachtung ist es, eine möglichst hohe Gebäude- und Nutzungsqualität bei möglichst geringen Stoffströmen, Umweltwirkungen und Lebenszykluskosten zu erzielen.

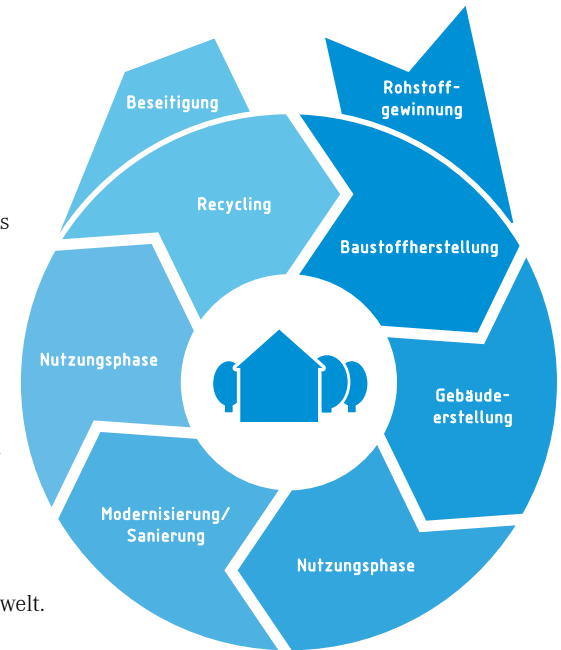
Werden einzelne Lebenszyklusphasen optimiert, müssen die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Phasen analysiert werden, um lokale Optima zulasten anderer Phasen zu vermeiden. Dabei werden alle Phasen von der Rohstoffgewinnung bis zum Recycling/zur Beseitigung betrachtet.

Die Gebäudeplanung kann auf jede Phase Einfluss haben. Beispielsweise kann die Auswahl der Bauprodukte den Ressourcenaufwand, der schon in den Produkten steckt, beeinflussen.

Im Gegensatz zur Materialeffizienz hat es sich in der Planung schon seit einigen Jahren durchgesetzt, den Energieverbrauch in der Nutzungsphase zu optimieren.

Wird zudem der mögliche Gebäuderückbau bedacht, können weitaus mehr Baustoffe recycelt und für die Errichtung neuer Gebäude oder Infrastrukturen als Sekundärbaustoffe genutzt werden.

Dies reduziert langfristig den Abbau von Primärrohstoffen und schont die Umwelt.



Vereinfachte Darstellung des Lebenszyklus eines Gebäudes

## ROHSTOFFGEWINNUNG:

u. a. Gewinnung der Rohstoffe, Aufbereitung der Rohstoffe, Transport

### **Ressourcenaufwand:**

Material, Energie, Wasser, Fläche, Ökosystemleistung

### **Mögliche Einflussnahme:**

Rohstoffgewinnung, Baustoffherstellung, Gebäudeplanung (indirekt)

## BAUSTOFFHERSTELLUNG:

u. a. Herstellung von Baustoffen, Vorfertigung von Bauteilen, Transport

### **Ressourcenaufwand:**

Material, Energie, Wasser

### **Mögliche Einflussnahme:**

Baustoffherstellung, Gebäudeplanung (indirekt)

## GEBÄUDEERSTELLUNG:

u. a. objekt- und bauplatzspezifische Gebäudeerstellung, Transport

### **Ressourcenaufwand:**

Material, Energie, Wasser

### **Mögliche Einflussnahme:**

Gebäudeerstellung, Gebäudeplanung

## NUTZUNGSPHASE:

u. a. Energiebereitstellung im Gebäude, Wasserinstallationen

**Ressourcenaufwand:** Energie, Wasser

**Mögliche Einflussnahme:** Nutzungsphase, Gebäudeplanung

## MODERNISIERUNG/SANIERUNG:

u. a. Austausch/Erneuerung von Bauteilen und Gebäudetechnik, Integration neuer Gebäudetechnik, zusätzliche Maßnahmen zum Wärmeschutz, Transport

### **Ressourcenaufwand:**

Material, Energie

### **Mögliche Einflussnahme:**

Modernisierung/Sanierung, Gebäudeplanung

## RÜCKBAU/RECYCLING:

u. a. Abbruch, Aufbereitung, Transport

### **Ressourcenaufwand:**

Energie, Wasser

### **Ressourcenertrag:**

Material

### **Mögliche Einflussnahme:**

Rückbau/Recycling, Gebäudeplanung

## RÜCKBAU/BESEITIGUNG:

u. a. Abbruch, Deponierung, thermische Verwertung, Transport

### **Ressourcenaufwand:**

Energie, Ökosystemleistung

### **Ressourcenertrag:**

Energie (bei der thermischen Verwertung)

### **Mögliche Einflussnahme:**

Rückbau/Beseitigung, Gebäudeplanung

## Ressourceneffizienz: Von der Planung bis zum Bauwerk



Für Planer oder Bauunternehmen birgt die Integration von Ressourceneffizienzaspekten in den Planungs- und Bauprozess viele Vorteile.

Die Informationen in den nachfolgenden Kapiteln sollen als Hilfestellung zum ressourceneffizienten Planen und Bauen dienen.

In Form von Fragen werden in den Checklisten der folgenden Kapitel verschiedene Aspekte der Ressourceneffizienz aufgezeigt. Die Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern möchte durch die Betrachtung wesentlicher und vielfältiger Punkte ein breites Spektrum aufzeigen. Angelehnt an die HOAI (Honorarordnung

für Architekten und Ingenieure) sind die Ressourceneffizienzaspekte in der Planung, bei der Ausschreibung/Vergabe, bei der Bauausführung und Übergabe aufgeführt. Zusätzlich sind zu den einzelnen Bereichen weiterführende Informationen und Werkzeuge aufgelistet. Anhand von Praxisbeispielen wird das Vorgehen anderer Planer und Bauausführender vorgestellt.

Es werden hauptsächlich die Themen Materialeffizienz, Energieeffizienz und einzelne Aspekte der Flächeneffizienz (inkl. Bodenschutz) behandelt, da hier die höchsten Verbräuche im Bauwesen bestehen. Wassereffizienz, Luft und Ökosystemleistungen werden in dieser Broschüre nicht betrachtet.

*„Materialien und Bauteile werden neben gesundheitlichen und ökologischen Aspekten vor allem auch nach ihrer Kreislauffähigkeit ausgewählt, sodass das Gebäude nach seiner Lebensdauer seine Rohstoffqualitäten bewahrt und als Ressourcendepot dient.“*

Ursula Feld, Architektin  
kadawittfeldarchitektur



Bild: © Jens Kirchner



Bild: © ZRS Architekten

*„Als Planer sehen wir uns in der Verantwortung, die Abhängigkeit und die Verwendung von fossilen Ressourcen bestmöglich zu minimieren. Mit ambitionierten Kunden und Partnern streben wir den Einsatz lokaler und erneuerbarer Ressourcen an und entwickeln intelligente Tragwerke mit flexiblen Grundrissoptionen, um die Lebensdauer eines Gebäudes besonders im Gewerbesektor signifikant zu steigern.“*

Andreas Pohl, Architekt  
ZRS Architekten GvA mbH

## Ressourceneffizienz Aspekte in der Planung

In der **Planungsphase** können die größten Stellschrauben zur Steigerung der Ressourceneffizienz berücksichtigt werden. Dort werden grundlegende Ressourceneffizienz Aspekte im gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes entschieden. Zu Beginn werden grundsätzliche Fragen zu den Nutzungsanforderungen und der Bestandsanalyse aufgeworfen.

Um die verschiedenen Ressourceneffizienzstrategien übersichtlich darzustellen, werden diese in Materialeffizienz, Energieeffizienz und Flächeneffizienz unterteilt. Die drei Bereiche beeinflussen sich gegenseitig, deswegen werden zusammenfassend einzelne Wechselwirkungen zwischen den Bereichen aufgezeigt.

Zu Beginn einer Planung sollten die **Nutzungsanforderungen** geklärt werden. Dazu sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie lang ist die Nutzungsdauer des Gebäudes (Bauweise und Bauteile an geplante Nutzungsdauer anpassen)?
- Werden ressourcenintensive Bauteile (z. B. Keller) benötigt?
- Welche Temperaturanforderungen haben die benötigten Räume?
- Sind interne Symbiosen möglich (Abwärmelieferanten, z. B. Serverraum)?
- Welche Flächen sind notwendig und werden diese möglichst klein dimensioniert?
- Kann die Nutzungsdichte erhöht werden?

Eine **Bestandsanalyse** kann die vorhandenen Ressourceneffizienzpotenziale des Bestands und der Umgebung aufdecken:

- Kann ein bestehendes Bauwerk weitergenutzt werden?
- Fällt bei einem Rückbau in der Umgebung Baumaterial an, das wiederverwendet/recycelt werden kann?
- Befinden sich in der Umgebung potenzielle Abwärmelieferanten?
- Wie groß ist das Potenzial von erneuerbaren Energien an diesem Standort?
- Können bestehende versiegelte Flächen genutzt werden, um so keine neuen Flächen zu versiegeln?
- Ist eine Nachverdichtung/ein Aufstocken möglich?

## MATERIALEFFIZIENZ

Um die Materialeffizienz eines Bauwerks zu erhöhen, können drei Hauptstrategien angewandt werden:

### 1. Reduzierung der „Grauen Energie“

„Graue Energie“ bezeichnet den Energieaufwand, der für die Herstellung, den Transport, die Lagerung und die Entsorgung von Materialien benötigt wird.<sup>3</sup>

Um die „Graue Energie“ zu reduzieren, können folgende Aspekte beachtet werden:

- Ist auf u. a. eine einfache Kubatur, intelligente Konstruktionen oder multifunktionale Bauelemente geachtet worden, um den Materialaufwand möglichst gering zu halten?
- Können Baustoffe mit geringer „Grauer Energie“ genutzt werden? Oft haben Recycling-Materialien (z. B. RC-Gesteinskörnung), Bauteile, die wiederverwendet werden, oder Baustoffe auf Basis von nachwachsenden

Rohstoffen (z. B. Holzbaustoffe) einen relativ geringen Energieaufwand in der Herstellung.

- Kann die Transportentfernung der Baumaterialien (z. B. durch regionale Hersteller) verringert werden?
- Kann der auf der Baustelle anfallende Abfall (z. B. durch Vorfertigung von Bauteilen) verringert werden?

### 2. Verlängerung der Gebäude-/ Bauteillebensdauer

Je länger die verbauten Ressourcen genutzt werden, desto höher ist ihr Nutzen und damit auch ihre Ressourceneffizienz.

- Werden robuste und langlebige Baumaterialien und Konstruktionen genutzt?
- Ist auf eine hohe Reparierbarkeit u. a. durch eine gute Austauschbarkeit, Zugänglichkeit und das Berücksichtigen von Austauschzyklen geachtet worden (z. B. durch modulares Bauen)?
- Ist durch ein Nachnutzungskonzept (u. a. mit flexiblen Grundrissen, hohen Decken

oder möglichen Nutzlastreserven) die Möglichkeit auf eine andere Nutzung gegeben?

### 3. Kreislauffähigkeit der Gebäudebestandteile

Die Kreislauffähigkeit beinhaltet das Wiederverwenden von Bauteilen und das Recyceln von Materialien mit dem Ziel, Primärrohstoffe zu schonen und Herstellungsenergie einzusparen.

- Können die eingesetzten Materialien recycelt werden? Sind sie schadstofffrei? Gibt es vorhandene Recycling-Strukturen (z. B. Herstellerrücknahmen)?
- Kann die sortenreine Trennung beim Rückbau durch z. B. eine geringe Materialvielfalt vereinfacht werden?
- Wird auf lösbare Verbindungen und demontierbare Konstruktionen (z. B. Schrauben statt Kleben) geachtet? Werden die Informationen und Anleitungen dazu dokumentiert und für einen zukünftigen Rückbau verfügbar gemacht?

## ENERGIEEFFIZIENZ

Die Steigerung der Energieeffizienz in der Nutzungsphase wurde in den letzten Jahren viel behandelt. Aus diesem Grund wird diese nur kurz angesprochen. Folgende drei Strategien können bei der Energieeffizienzsteigerung angewandt werden:

### 1. Energie einsparen

- Ist u. a. auf eine kompakte Kubatur, eine ausreichende Dämmung geachtet und sind Wärmebrücken vermieden worden, um die Wärmeverluste zu senken?
- Können Lüftungswärmeverluste (z. B. durch luftdichte Baukonstruktion) vermieden werden?
- Kann durch einen sommerlichen Wärmeschutz (z. B. durch eine hohe Speichermasse oder eine Verschattung) einer Überhitzung vorgebeugt werden?

### 2. Effiziente technische Gebäudeausrüstung (TGA)

- Ist die TGA (u. a. Heiztechnik, Kühltechnik, Lüftung, Aufzug) effizient?
- Ist ein Monitoring in der Nutzungsphase vorgesehen, um Energieverbräuche zu kontrollieren und nachzuregulieren?

### 3. Einsatz von erneuerbarer Energie und Abwärme

- Können erneuerbare Energien (z. B. Solarthermie, Umgebungswärme) integriert werden?
- Können erneuerbare Energien passiv (z. B. durch Wärmeeintrag durch Fenster, passive Lüftung) genutzt werden?
- Besteht die Möglichkeit, von benachbarten Unternehmen (industrielle) Abwärme geliefert zu bekommen?

## FLÄCHENEFFIZIENZ

Um die Flächeneffizienz auf dem Grundstück zu erhöhen, können zwei Strategien angewandt werden:

### 1. Flächenversiegelung vermeiden

- Kann eine Fläche möglichst effizient überbaut oder nachverdichtet werden?
- Können bereits versiegelte Flächen genutzt werden?
- Können bestehende Infrastrukturen genutzt werden (u. a. in der Stadt oder auf dem Dorf, nicht auf der grünen Wiese)?
- Kann durch ein intelligentes Mobilitätskonzept (z. B. durch die Nutzung des ÖPNV oder Sharing-Konzepte) unnötige Versiegelung vermieden werden?



## 2. Effiziente Flächennutzung

- Können durch eine intelligente Grundrissplanung unnötige Flächen vermieden werden?
- Kann durch eine flexible Grundrissplanung die Umnutzbarkeit erhöht werden, sodass die Flächen länger genutzt werden können?
- Können ökologische Ausgleichsflächen u. a. als Gründach umgesetzt werden?
- Können einzelne Flächen Funktionen übernehmen (z. B. Gründach: Erholung, Regenwasserrückhaltung)?

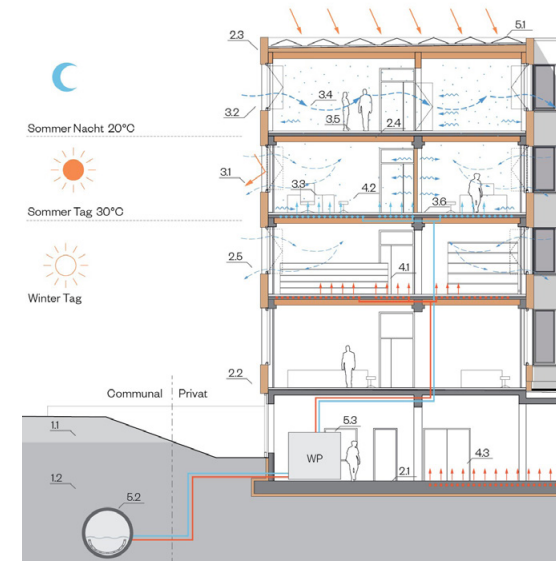
## FAZIT

Um eine ressourceneffiziente Lösung über den gesamten Lebensweg hinweg zu finden, müssen die **Wechselwirkungen** berücksichtigt werden. Zwar fällt der Wärmeverlust über die Außenwand umso geringer aus, je dicker die Dämmung ist. Dem steht jedoch

ein höherer Ressourcenaufwand bei der Dämmstoffherstellung gegenüber. Oder: Durch das Einplanen von Nutzlastreserven kann sich die Nutzungsdauer erhöhen. Dadurch steigt aber auch der Materialaufwand.

Durch eine **integrale Planung** kann die Umsetzung der Ressourceneffizienzaspekte ganzheitlich berücksichtigt und optimiert werden. Im Vordergrund steht dabei der gesamte Lebensweg des Gebäudes.

Bei der Planung ist eine sorgfältige **Dokumentation** wichtig, damit die relevanten Informationen bis zum Lebensende eines Gebäudes erhalten bleiben. Die Leistungsphase 9 der HOAI beinhaltet zwar eine Dokumentation, wird aber oft nicht beauftragt. Außerdem muss kein Gebäudepass bzw. Materialpass mit genauen Informationen und Massen zu den verbauten Materialien mitgeliefert werden. Auf diesen Punkt sollte von Beginn der Planung an geachtet und dies auch sorgfältig umgesetzt werden.<sup>4,5,6</sup>



Klimakzept des Neubaus der Flexim GmbH  
(Bild: © ZRS Architekten)

## VERTIEFENDES WISSEN

### ÜBERGEORDNETE INFORMATIONEN

#### **Leitfaden Nachhaltiges Bauen**

Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Berlin 2019:

[www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden\\_2019/BBSR\\_LFNB\\_D\\_190125.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFNB_D_190125.pdf)

#### **Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)**

Kriterienkatalog, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat:

[www.bnb-nachhaltigesbauen.de](http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de)

#### **Ressourceneffizienz im Bauwesen**

VDI Zentrum Ressourceneffizienz, 2019:

[www.ressource-deutschland.de/themen/bauwesen](http://www.ressource-deutschland.de/themen/bauwesen)

#### **dena – Deutsche Energieagentur GmbH**

Informationen zu Energieeffizienz und Energiewende, 2019: [www.dena.de](http://www.dena.de)

#### **Factsheets – Gebäude und Infrastrukturen**

Nachhaltigkeitsmanagement für außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (LeNa), 2016: [www.nachhaltig-forschen.de/fact-sheets/gebaeude-und-infrastrukturen/](http://www.nachhaltig-forschen.de/fact-sheets/gebaeude-und-infrastrukturen/)

### WERKZEUGE ZUR MATERIAL- UND ENERGIEEFFIZIENZ

#### **ELCA**

kostenloses Ökobilanztool, Datenbasis Ökobaudat, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR): [www.bauteileditor.de](http://www.bauteileditor.de)

#### **CAALA**

energetische Vordimensionierung und Ökobilanzierungssoftware, kostenlose Beta-Version, Datenbasis Ökobaudat, Anwendung in der Entwurfsphase, Caala GmbH: <https://caala.de>

### INFORMATIONEN ZUR MATERIALEFFIZIENZ

#### **Ökobaudat**

vereinheitlichte Datenbasis zur Ökobilanzierung, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, 2019:

[www.oekobaudat.de](http://www.oekobaudat.de)

#### **Umweltproduktdeklarationen**

(Environmental Product Declarations – kurz: EPD), Beschreibung von Baustoffen und Bauprodukten hinsichtlich ihrer Umweltwirkung, technischen und funktionalen Eigenschaften, Institut Bauen und Umwelt e. V.:

<https://ibu-epd.com>

#### **WECOBIS – Ökologisches**

#### **Baustoffinformationssystem**

Bereitstellung von produktneutralen umwelt- und gesundheitsrelevanten Daten, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Bayerische Architektenkammer:

[www.wecobis.de](http://www.wecobis.de)

## Übersicht über die Nutzungsdauer von Bauteilen

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat: [www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/anlagen/2015/Anlage\\_1\\_Nutzungsdauern\\_Instandhaltung\\_%C3%96kobilanzierung.xlsx](http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/anlagen/2015/Anlage_1_Nutzungsdauern_Instandhaltung_%C3%96kobilanzierung.xlsx)

## Building Material Scout

Zusammenstellung von Bauprodukten mit ihren Ökolabels und Produktbewertungen, Building Material Scout GmbH: [www.building-material-scout.com/de](http://www.building-material-scout.com/de)

## Leitfaden Dämmstoffe 3.0 – mit dem Schwerpunkt Naturdämmstoffe

ökologische Betrachtung von Dämmstoffen, Landeshauptstadt München, 2017: [www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:c44833ca-c8b6-4b63-ba37-3c5c588d3b53/leitfaden\\_daemmstoffe\\_3\\_0.pdf](http://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:c44833ca-c8b6-4b63-ba37-3c5c588d3b53/leitfaden_daemmstoffe_3_0.pdf)

## INFORMATIONEN ZUR ENERGIEEFFIZIENZ

### Leitfaden Wärmebrücken in der Bestandssanierung

dena: [www.dena-expertenservice.de/fileadmin/Fachinformationen/Waermebruecken/dena-Leitfaden-Waermebruecken-Webfassung.pdf](http://www.dena-expertenservice.de/fileadmin/Fachinformationen/Waermebruecken/dena-Leitfaden-Waermebruecken-Webfassung.pdf)

## INFORMATIONEN ZUR FLÄCHENEFFIZIENZ

### Redevelopment - Leitfaden für den Umgang mit vorge nutzten Grundstücken und Gebäuden

gif, Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V., Wiesbaden, 2016: [www.gif-ev.de/onlineshop/detail/302](http://www.gif-ev.de/onlineshop/detail/302)

## FLEXIM - FLEXIBLE INDUSTRIEMESSTECHNIK GMBH

FLEXIM entwickelt, fertigt und vertreibt Prozessmessgeräte für Industrieanwendungen. Das mittelständische Unternehmen ist weltweit tätig.<sup>7</sup>

Aufgrund des kontinuierlichen Wachstums reichte der Platz am alten Standort nicht mehr aus. Auf einer Fläche in der Nachbarschaft errichtete das Unternehmen zunächst zwei Gebäude, die 2017 bezogen werden konnten. Bei der Planung wurde nicht nur auf die Energieeffizienz, sondern auch auf die Material- und die Flächeneffizienz der Gebäude geachtet.

**Nutzungsanforderungen:** Das Architekturkonzept sah einen modularen Aufbau in mehreren Bauabschnitten vor, mit dem stufenweise Raum für die weitere Expansion des Unternehmens geschaffen werden kann. So kann zukünftiger Flächenbedarf berücksichtigt werden, ohne dass die momentane Fläche überdimensioniert wird.

Eine **Bestandsanalyse** ergab, dass das kommunale Kanalabwasser als Wärmequelle genutzt werden kann und Potenziale zur Solarenergienutzung bestehen. Beides wurde im Energiekonzept berücksichtigt.

**Materialeffizienz:** Das Gebäude ist mit einem Tragwerk in Hybrid-Bauweise geplant worden. In den unteren Geschossen wurden aufgrund der hohen Lasten Stahlbetonstützen und -unterzüge eingebaut. Als Außenfassade dient eine vorgefertigte, vorgehängte Holzrahmenfassade, die mit Zellulose gedämmt ist. Durch die Nutzung nachwachsender Rohstoffe wird CO<sub>2</sub> im Gebäude gespeichert. Außerdem wird mit der Vorfertigung von Bauteilen der auf der Baustelle anfallende Abfall verringert.

**Energieeffizienz:** Die kompakte Gebäudeform des Niedrigenergiehauses, gut gedämmte Außenwände und ein Gründach reduzieren effektiv die Wärmeverluste. Mithilfe einer natürlichen, „freien“ Belüftung und Nachtauskühlung konnte die Lüftungstechnik

stark reduziert werden und ist nur noch in den innenliegenden Räumen des Erdgeschosses nötig.

Die Wärmeversorgung wird zu 80 % über einen Wärmetauscher im Abwasserkanal des Grundstücks gedeckt. Ergänzt wird dies durch einen Gasbrennwertkessel als Spitzenlastkessel und Solarkollektoren auf dem Dach.

**Flächeneffizienz:** Bei der Grundrissplanung wurden die Produktions- und Logistikabläufe berücksichtigt und flexibel nutzbare Räume geplant.<sup>8</sup>

*„Nur wer nachhaltig denkt und handelt, wird auch nachhaltig Erfolg haben. Beim Neubau unserer Unternehmenszentrale war uns der effiziente Einsatz von Ressourcen ein wesentliches Anliegen.“*

Jens Hilpert, Geschäftsführer  
FLEXIM GmbH

## PLANUNG

- + Effiziente Flächennutzung
- + Erweiterbarer Gebäudekomplex
- + Nachwachsende Rohstoffe
- + Recyclingfähige Baustoffe
- + Vorgefertigte Bauteile
- + Kompakte Gebäudeform
- + Dämmung der Gebäudehülle
- + Sommerlicher Wärmeschutz
- + Offene Installationsführung
- + Effiziente Lüftungstechnik
- + Nutzung von erneuerbaren Energien und Abwärme
- + Flexible Grundrisse

Innenansicht des Niedrigenergie-  
gebäudes der FLEXIM GmbH  
*(Bild: © ZRS Architekten)*



# Ressourceneffizienz Aspekte bei der Ausschreibung/Vergabe

Ist die Planung abgeschlossen, beginnt die **Ausschreibung der Bauleistung** und die Vergabe wird vorbereitet. Die Anforderungen bezüglich der Ressourceneffizienz werden in der Planungsphase festgelegt und mithilfe der Ausschreibung und Vergabe zur Umsetzung gebracht.

## AUSSCHREIBUNG

Im Vorfeld einer Vergabe wird eine Ausschreibung bzw. eine Leistungsbeschreibung mit einer Mengenermittlung erstellt.

Folgende Punkte sollten in der Ausschreibung hinsichtlich der Ressourceneffizienz beachtet werden:

### 1. Allgemeine Vorbemerkungen

- Sind technische Aspekte zur Steigerung der Ressourceneffizienz, beispielsweise die Dauerhaftigkeit, Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit oder Rückbaufähigkeit, aufgenommen worden?
- Wurden allgemeingültige Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von Baustoffen integriert?

### 2. Anforderungen an die Baugrunderschließung

- Wird eine „On-Site-Verwertung“ des Bodenaushubs gefordert (lokale Verwertung des Bodenaushubs, z. B. als Betonzuschlag)?

### 3. Spezifische Anforderungen an Bauprodukte

- Wurden Anforderungen an die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit von Bauprodukten gewerkespezifisch formuliert?
- Sind Anforderungen an die Produktherkunft/Regionalität gestellt worden?
- Sind Anforderungen zu technischen Aspekten zur Steigerung der Ressourceneffizienz gestellt worden?
- Sind Angaben bezüglich zu erfüllender Labels/Zertifikate integriert worden (z. B. FSC- oder PEFC-Zertifizierung beim Einsatz von Holz)?
- Wird der Einsatz von Recyclingbaustoffen und Sekundärrohstoffen für spezifische Bauteile oder die Wiederverwendung von Bauteilen gefordert (z. B. R-Beton)?

- Funktionale Ausschreibung: Beinhaltet die Ausschreibung eine Liste mit konkreten Anforderungen oder Ausschlusskriterien für die Baustoffauswahl?

#### 4. Vorgaben zum Bauprozess

- Sind in Bezug auf den Bauprozess Vorgaben zur Abfallreduktion und -trennung, zum Bodenschutz und zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs gemacht worden?

#### 5. Dokumentationsunterlagen

- Sind Angaben zu den benötigten Dokumentationsunterlagen wie Datenblättern, Einbauorten, Fotos, Bedienungsanleitungen, Inspektions- und Wartungsanleitungen in der Ausschreibung gemacht worden?

#### EIGNUNGSKRITERIEN

Mithilfe von Eignungskriterien (z. B. Fachkunde) kann geprüft werden, ob ein Bieter in der Lage ist, den Auftrag durchzuführen.

- Besitzt das Unternehmen Nachweise für die Eignung in Bezug auf eine ressourceneffiziente Bauweise, etwa besuchte Schulungen?
- Verfügt das Unternehmen über nachgewiesene einschlägige Praxiserfahrungen und Spezialisten für die ausgewählten Bereiche?
- Kann das Unternehmen einen Nachweis zum betrieblichen Umweltschutz (z. B. Zertifizierung auf Basis von EMAS) vorlegen?
- Führt das Unternehmen umweltfreundliche Verkehrsmittel?

#### VERGABEKRITERIEN

- Wird bei einer funktionellen Ausschreibung das wirtschaftlichste Angebot dem günstigsten vorgezogen? (Das wirtschaftlichste Angebot schließt dabei neben den Lebenszykluskosten auch zusätzliche Zuschlagskriterien ein.)<sup>1,5,6,9</sup>
- Werden als Zuschlagskriterien Aspekte der Ressourcenschonung berücksichtigt und erhalten sie eine hohe Gewichtung? (Die Zuschlagskriterien müssen in Bezug auf Bauleistungen, Materialien und deren Eigenschaften objektiv, bauleistungsbezogen und verständlich beschrieben werden.)
- Werden mit Hilfe einer Nutzwertanalyse die Angebote verglichen und durch ein interdisziplinäres Planungsteam bewertet?

## VERTIEFENDES WISSEN

### ÜBERGEORDNETE INFORMATIONEN

#### **Leitfaden Nachhaltiges Bauen**

Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Berlin 2019:

[www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden\\_2019/BBSR\\_LFN\\_B\\_D\\_190125.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFN_B_D_190125.pdf)

#### **Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)**

Kriterienkatalog, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat:

[www.bnb-nachhaltigesbauen.de](http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de)

#### **Nachhaltigkeit gestalten**

Leitfaden für Architekten, Innenarchitekten, Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Fachingenieure, Bauherren und Interessierte. Bayerische Architektenkammer, München, 2018, ab S. 152: [www.byak.de/planen-und-bauen/architektur-technik/energieeffizientes-und-nachhaltiges-bauen/publikation-nachhaltigkeit-gestalten.html](http://www.byak.de/planen-und-bauen/architektur-technik/energieeffizientes-und-nachhaltiges-bauen/publikation-nachhaltigkeit-gestalten.html)

#### **Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe**

DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau PRO 1.4, Version 2018: [https://static.dgnb.de/fileadmin/de/dgnb\\_system/version2018/06\\_PRO1.4\\_Sicherung-Nachhaltigkeitsaspekte-Ausschreibung-und-Vergabe.pdf?m=1526471367&](https://static.dgnb.de/fileadmin/de/dgnb_system/version2018/06_PRO1.4_Sicherung-Nachhaltigkeitsaspekte-Ausschreibung-und-Vergabe.pdf?m=1526471367&)

### WERKZEUGE

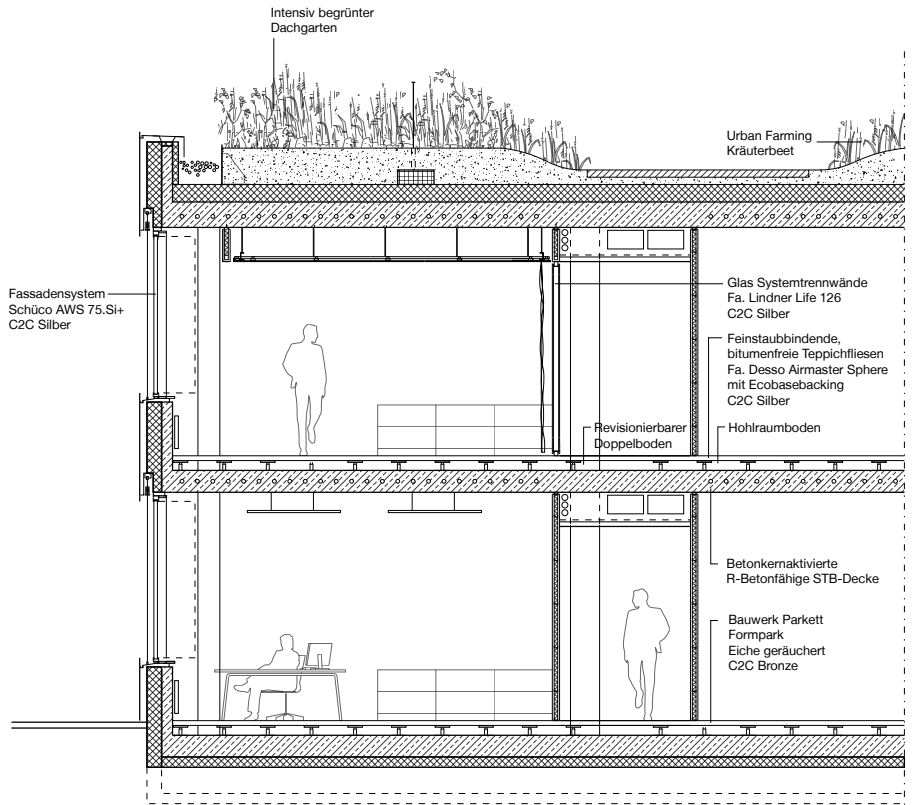
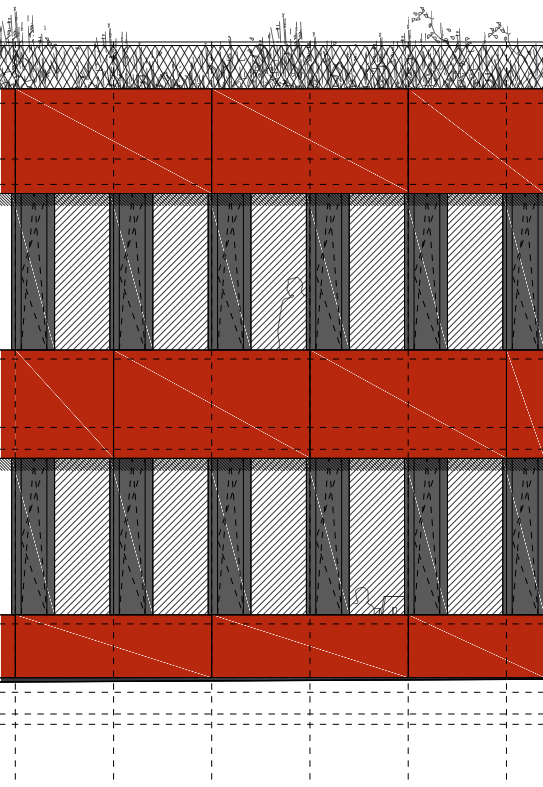
#### **WECOBIS – Modul Planungs- und Ausschreibungshilfen (P&A)**

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Bayerische Architektenkammer, Berlin: [www.wecobis.de/p-a.html](http://www.wecobis.de/p-a.html)

#### **Formulierungshilfen für (Produkt-) Ausschreibungen**

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow-Prüzen: <https://beschaffung.fnr.de/service/ausschreibungsempfehlungen/formulierungshilfen-fuer-produkt-ausschreibungen/>





Fassadenschnitt durch den Neubau RAG-Stiftung und RAG AG in Essen

(Bild: © kadawittfeldarchitektur)

## RAG-STIFTUNG UND RAG AG

Auf dem Gelände des Welterbes Zeche Zollverein ist die RAG AG zusammen mit der RAG-Stiftung in einen für seine Nachhaltigkeit ausgezeichneten Neubau gezogen (DGNB Zertifikat Platin 2018).

Die ehemaligen Bergbauflächen wurden für den Neubau genutzt bzw. vormals industriell genutzte Flächen „recycelt“. Die überbaute Fläche wird durch eine intensiv begrünte Dachfläche ausgeglichen. Diese wird nicht nur als „grüner“ Aufenthaltsraum für die Mitarbeiter, sondern auch zur Energiegewinnung genutzt. Die Pergolen, auf denen die Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) installiert ist, dienen im Sommer auch zur Verschattung. Die Dachfläche wird somit durch mehrere Funktionen möglichst effizient genutzt. Das Regenwasser, das auf dem Grundstück anfällt, wird zur Gründachbewässerung und WC-Spülung genutzt. Eine Geothermie zum Heizen und zur Erzeugung des Warmwassers ergänzt die PV-Anlage.

Neben der Flächen- und Energieeffizienz wurde bei dem Neubau insbesondere auf die Auswahl der Materialien und Bauteile geachtet. Dabei wurde auf gesundheitliche und ökologische Aspekte, aber vor allem auf die Kreislauffähigkeit der Materialien und Bauteile, geachtet. Es konnten viele C2C-zertifizierte („Cradle-to-Cradle“) Bauprodukte eingesetzt werden. Bei dieser Zertifizierung wird auf die Kreislauffähigkeit und Sicherheit eines Produkts hinsichtlich Umwelt und Mensch geachtet.

Das Gebäude war im Rahmen des EU-Forschungsprojekts „Building as Material Banks (BAMB)“ ein Pilotprojekt. Die eingesetzten Materialien wurden dabei in einem „Material-Passport“ dokumentiert, um nach Lebensende bestmöglich als Rohstoffquelle dienen zu können. Die vielen Ressourceneffizienzaspekte konnten hauptsächlich durch die umfassende integrale Planung von Beginn an umgesetzt werden.

In der Ausschreibung wurde die hohe Zielsetzung in Bezug auf die Nachhaltigkeit

und Ressourcenschonung in die allgemeinen Vorbemerkungen und in Einzelfällen sogar auf Positionsebene integriert.

Die in der Planung berücksichtigten Ressourceneffizienzaspekte sowie die spezifischen Anforderungen (z. B. die Kreislauffähigkeit der Produkte) wurden ganzheitlich in die Ausschreibung aufgenommen.

Die Anforderungen an den Bauprozess (Lärm-, Abfall-, Staubvermeidung und Bodenschutz) wurden ebenfalls in die Ausschreibung integriert und das Personal vor Ort entsprechend geschult.<sup>10</sup>

*„Um die hohe Zielsetzung in Bezug auf die Ressourcenschonung und Kreislauffähigkeit des Gebäudes zu erreichen, war es wichtig, die Nachhaltigkeits- und Ressourceneffizienzaspekte sorgfältig in die Ausschreibung zu integrieren.“*

## AUSSCHREIBUNG

- + Integration der Umweltverträglichkeit und Kreislauffähigkeit in die Ausschreibung
- + Integration von spezifischen Anforderungen an Bauprodukte (u. a. Kreislauffähigkeit)
- + Vorgaben zum Bauprozess (u. a. abfallarme Baustelle)
- + Angaben zu geforderten Dokumentationsunterlagen

Neubau der RAG-Stiftung und  
RAG AG in Essen  
*(Bild: © Jens Kirchner)*



# Ressourceneffizienz Aspekte in der Bauausführung

Bei der **Bauausführung** wird das geplante Gebäude umgesetzt. Dabei gibt es diverse Herausforderungen, wie die unterschiedlichen Gewerke zu koordinieren oder meist strenge Zeitvorgaben einzuhalten sind. Die Strategien der Ressourceneffizienzsteigerung helfen nicht nur, Ressourcen zu schonen, sondern auch, die Bauqualität zu sichern und die Kosten zu reduzieren.

## BAUSTELLENBETRIEB

Die Vorgaben für einen ökologisch optimierten Bauprozess werden meist schon in der Ausschreibung definiert. Hier werden die wichtigsten Ressourceneffizienz Aspekte auf der Baustelle zusammengestellt:

### 1. Vorsorgender Bodenschutz

- Liegt ein Bodenschutzkonzept vor?
- Wird sichergestellt, dass der Boden nicht durch chemische Verunreinigungen kontaminiert wird?

- Wird der Boden vor mechanischen Einflüssen (u. a. unnötiger Verdichtung) geschützt?

### 2. Effiziente Baustellenlogistik planen

- Werden möglichst kurze Transportwege für die Versorgungs- und Entsorgungslogistik genutzt?
- Werden Fahrzeuge mit möglichst hoher Schadstoffklasse und effiziente Baustellenmaschinen genutzt?

### 3. Abfallaufkommen reduzieren

- Werden Reststoffe, die durch Beschädigungen, Zerstörungen beim Transport oder der Baustellenlagerung anfallen, vermieden?
- Wird der Verschnitt auf der Baustelle minimiert?

### 4. Abfälle korrekt trennen

- Werden auf der Baustelle anfallende Transportverpackungen nach den Vorgaben der Verpackungsverordnung von den Lieferanten zurückgenommen?
- Sind die am Bauprozess Beteiligten bezüglich der Abfallvermeidung und der Getrennthaltung (u. a. Kreislaufwirtschaftsgesetz) von Bauabfällen geschult?
- Wird die Vermischung von Reststoffen vermieden und werden diese einem möglichst hochwertigen Verwertungsweg zugeführt?

### 5. Natürliche Austrocknung des Rohbaus

- Wird der Rohbau natürlich ohne Beheizen/ Bautockner ausgetrocknet? (Dauer ca. 30 Tage, abhängig von der Jahreszeit)

## BAULEITUNG

Auf der Baustelle sollte eine kontinuierliche Kontrolle der Bauausführung stattfinden. Eine korrekte Ausführung der Planung ist wichtig, um u. a. die Kreislauffähigkeit des Gebäudes zu sichern. Folgende Fragen sollten geklärt werden:<sup>1,5,11</sup>

- Werden die in der Ausschreibung vorgegebenen Baustoffe eingesetzt?
- Wird die Konstruktion, wie in der Planung vorgegeben, ausgeführt (z. B. keine Verklebungen)?
- Werden die Baustoffe anhand von Produktbeschreibungen und Sicherheitsdatenblättern dokumentiert?
- Werden weitere Qualitätskontrollen wie Baustellenbegehungen, Blower-Door-Tests und Schadstoffmessungen durchgeführt?
- Werden Reststoffe/-materialien getrennt und die Sammelstellen korrekt benutzt?



Baustelle des Neubaus der shopware AG  
(Bild: © Brüninghoff)

## VERTIEFENDES WISSEN

### ÜBERGEORDNETE INFORMATIONEN

#### **Leitfaden Nachhaltiges Bauen**

Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Berlin 2019:

[www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden\\_2019/BBSR\\_LFNB\\_D\\_190125.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFNB_D_190125.pdf)

#### **Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)**

Kriterienkatalog, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat:

[www.bnb-nachhaltigesbauen.de](http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de)

### BODENSCHUTZ

#### **Bodenschutz beim Bauen**

Dokumentation der LANUV-Internetseiten [www.lanuv.nrw.de/bodenschutz-beim-bauen](http://www.lanuv.nrw.de/bodenschutz-beim-bauen), Recklinghausen, März 2009: [www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/boden/bodenschutz/bodenschutz\\_bauen/pdf/Bodenschutz\\_beim\\_Bauen\\_v2.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/boden/bodenschutz/bodenschutz_bauen/pdf/Bodenschutz_beim_Bauen_v2.pdf)

### ABFALLVERMEIDUNG

#### **Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)**

Ziel des Gesetzes ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft und der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen.

#### **Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)**

Das Gesetz schreibt u. a. die Getrennthaltung von spezifischen Abfallfraktionen vor, um eine möglichst hochwertige Verwertung möglich zu machen.

#### **Abfallvermeidung in der Baubranche**

Informationen für Bauherren, Architekten und alle am Bau Interessierten, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Stuttgart 2016: [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Umwelt/Abfallvermeidung\\_in\\_der\\_Baubranche.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Abfallvermeidung_in_der_Baubranche.pdf)

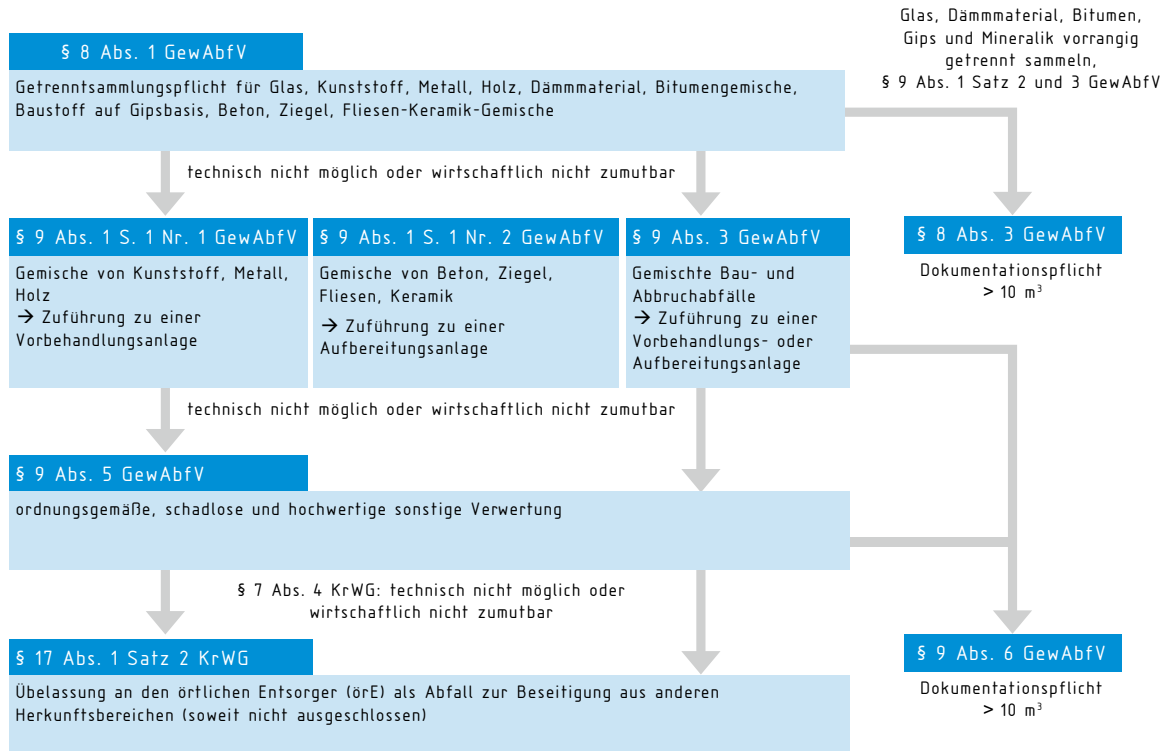
### ABFALLTRENNUNG

#### **Gewerbeabfall: So trennen und dokumentieren Sie richtig**

handwerk.com, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co.KG, Hannover 2017: [www.handwerk.com/neue-gewerbeabfallverordnung-so-trennen-und-dokumentieren-betriebe-abfaelle-richtig](http://www.handwerk.com/neue-gewerbeabfallverordnung-so-trennen-und-dokumentieren-betriebe-abfaelle-richtig)

#### **Verwertung und Beseitigung von Bauabfällen in Recht und Praxis**

Kurzseminar der Bauinnung LBB-Geschäftsstelle Unterfranken, Landesverband Bayerischer Bauinnungen, Würzburg 2017: [www.lbb-bayern.de/fileadmin/veranstaltungen/Vortrag\\_Bauabf%C3%A4lle\\_Recht\\_und\\_Praxis\\_2.3.17\\_W%C3%BCrzburg.pdf](http://www.lbb-bayern.de/fileadmin/veranstaltungen/Vortrag_Bauabf%C3%A4lle_Recht_und_Praxis_2.3.17_W%C3%BCrzburg.pdf)



Kaskade Bau- und Abbruchabfälle gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) und Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)

(Bild: © Doumet, eigene Darstellung)

## SHOPWARE AG

Die Shopware AG ist ein mittelständisches Unternehmen, das seit 2010 Software-Lösungen für den Online-Handel anbietet. Durch das starke Wachstum des Unternehmens wurde 2018 der Grundstein für ein weiteres Bürogebäude gelegt.<sup>12</sup> Schon in der Planung wurden viele Ressourceneffizienzaspekte berücksichtigt.

Es wurde u. a. darauf geachtet, eine möglichst kleine Fläche zu bebauen. Daher wurde das sechsstöckige Gebäude in die Höhe gebaut. Außerdem wurde das Gebäude in Holz-Hybridbauweise erstellt und kann durch die intelligente Kombination von Holz und Beton die Vorteile beider Baustoffe ausnutzen. Die DGNB belohnte die in der Planungsphase berücksichtigten Nachhaltigkeitsaspekte in der Vorzertifizierung mit dem Goldstatus.

Aber auch bei der Bauausführung wurden die Themen Nachhaltigkeit und

Ressourceneffizienz bedacht. Vor Baubeginn des Baustellenbetriebs wurde ein Bodenschutzkonzept erstellt, um chemische Verunreinigungen und mechanische Einflüsse auf den Boden auszuschließen.

Durch den hohen Vorfertigungsgrad und die dadurch entstehende hohe Qualität der Bauelemente konnte einiges an Abfall auf der Baustelle vermieden werden. Der Abfall, der bei der Produktion der Bauelemente entstand, wurde im Werk einer getrennten Verwertung zugeführt.

Auch wurden alle am Bau beteiligten Unternehmen hinsichtlich Abfallvermeidung, Getrennthaltung und Verwertung geschult. Der Abfall der Zulieferer, beispielsweise Verpackungsmaterial, wurde von diesen wieder mitgenommen. Mehrwegplanen wurden beispielsweise zum Bauteilschutz der vorgefertigten Bauelemente vom Bauunternehmer mitgenommen und wiederverwendet. Auf der Baustelle selbst

gab es nur einen Bauschutt- und einen Papiercontainer. Grund dafür war die Nähe zum Werk des Bauunternehmers, der die geringen anderen Abfallfraktionen zurück auf das Werksgelände nahm und dort getrennt erfasste. Als weiterhin vorteilhaft erwies sich die Nähe zum Bauunternehmen, sodass die Transportentfernungen sehr gering ausfielen.

Die Bauleitung prüfte regelmäßig die genaue Umsetzung der Planung und Konzepte (u. a. des Bodenschutzkonzeptes) und dokumentierte dies sorgfältig. Zusätzlich wurden verschiedene Qualitätsprüfungen wie Schallschutztests, Thermografie- und VOC-Innenraumluftmessungen durchgeführt.<sup>13</sup>

*„Ressourceneffizientes Bauen schont nicht nur die natürlichen Ressourcen, sondern steigert auch die Qualität eines Bauprozesses.“*

Frank Steffens, Geschäftsführer  
Brüninghoff-Gruppe



## BAUAUSFÜHRUNG

- + Bodenschutzkonzept
- + Abfallvermeidung durch Vorfertigung
- + Schulung der Unternehmen
- + Abfallrücknahmesysteme der Unternehmen
- + Wiederverwendung von Bauteilschutzplanen
- + Getrennthaltung der Abfälle
- + Geringe Transportwege

## BAULEITUNG

- + Prüfung der Umsetzung, Baumaterialien und der Konzepte (u. a. des Bodenschutzkonzeptes)
- + Qualitätskontrolle

Auf der Baustelle werden die 18 m langen Wandelemente mithilfe eines Krans montiert.  
(Bild: © Brüninghoff)



## Ressourceneffizienz Aspekte bei der Übergabe

Bei der Übergabe eines fertiggestellten Gebäudes wird der Grundstein für die Nutzung und die weiteren Lebensphasen eines Gebäudes gelegt. Wesentlich dafür ist die Übergabe einer vollständigen Dokumentation. Eine systematische Inbetriebnahme ist ebenso wichtig, um eine möglichst (ressourcen-)effiziente Nutzungsphase möglich zu machen.

### DOKUMENTATION

Eine Dokumentation mit allen wesentlichen Informationen zu einem Gebäude kann die weiteren Gebäudelebensphasen vereinfachen.

- Sind die wichtigen Projektdaten in einer Objektdokumentation zusammengefasst worden (u. a. Kontaktinformationen zu den am Bau Beteiligten, Flächen, Raumnutzungen, zur Baukonstruktion der Bauteile, zur technischen Ausstattung)?
- Sind Konzepte wie ein „Rückbaukonzept“ oder ein „Umnutzungskonzept“ in die Dokumentation integriert worden?
- Sind Wartungs-, Inspektions-, Betriebs- und Pflegeanleitungen erstellt worden?

- Berücksichtigen diese Anleitungen die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Akteure?
- Sind die Planungsunterlagen und Berechnungen nach der Bauausführung aktualisiert worden?
- Ist ein Nutzerhandbuch, das relevante Informationen zum (effizienten) Betrieb des Gebäudes enthält, erstellt worden?
- Sind die Unterlagen in einer einheitlichen und verständlichen Struktur gegliedert?

### SYSTEMATISCHE INBETRIEBNAHME

Durch eine systematische Inbetriebnahme kann die Funktionsfähigkeit der verschiedenen Systeme geprüft und dem Gebäudebetreiber vorgestellt werden. So kann eine möglichst effiziente Nutzung der Gebäudetechnik

sichergestellt werden.

Zu den Systemen gehören u. a. die Heizungs- und Kältetechnik, die Raumklimatisierung, Gebäudeautomation, Aufzüge sowie Fassadenklappen.<sup>4,5,6,14,15</sup>

- Ist ein angemessenes Monitoringkonzept vorhanden?
- Wurde die Funktionsfähigkeit der technischen Gebäudeausrüstung ausreichend geprüft?
- Wurde eine Einregulierung der Gebäudetechnik durchgeführt?
- Wurde der Gebäudebetreiber in die Gebäudetechnik eingewiesen?
- Ist eine Nachjustierung nach der ersten Betriebsphase geplant?
- Wurden die Inbetriebnahme und die Abnahme vollständig dokumentiert?

Bild: © Alexander Rathj/stock.adobe.com



## ALLGEMEINE INFORMATIONEN

### ÜBERGEORDNETE INFORMATIONEN

#### **Leitfaden Nachhaltiges Bauen**

Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Berlin 2019:  
[www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden\\_2019/BBSR\\_LFNB\\_D\\_190125.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFNB_D_190125.pdf)

#### **Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)**

Kriterienkatalog, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat:  
[www.bnb-nachhaltigesbauen.de](http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de)

#### **Ressourceneffizienz im Bauwesen**

VDI Zentrum Ressourceneffizienz, 2019:  
[www.ressource-deutschland.de/themen/bauwesen](http://www.ressource-deutschland.de/themen/bauwesen)

#### **Checkliste für Bauübergabe- und Revisionsunterlagen**

Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW, 2015: [www.blb.nrw.de/BLB\\_Hauptauftritt/Service/Standards/Dokumente/GM\\_GBE\\_030\\_Checkliste\\_Bauuebergabe\\_und\\_Revisionsunterlagen.pdf](http://www.blb.nrw.de/BLB_Hauptauftritt/Service/Standards/Dokumente/GM_GBE_030_Checkliste_Bauuebergabe_und_Revisionsunterlagen.pdf)

#### **VDI 6039:2011-06 – Facility-Management**

Inbetriebnahmemanagement für Gebäude – Methoden und Vorgehensweisen für gebäudetechnische Anlagen

#### **Handlungsleitfaden Gebäudeautomation – Für eine qualitätsgesicherte Planung und Integration**

TÜV Süd, Arbeitshilfe 2018: [www.tuev-sued.de/uploads/images/1524569113848022070872/tuev-sued-handlungsleitfaden-gebaeudeautomation.pdf](http://www.tuev-sued.de/uploads/images/1524569113848022070872/tuev-sued-handlungsleitfaden-gebaeudeautomation.pdf)

### BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

#### **BIM für Architekten – Leistungsbild,**

#### **Vertrag und Vergütung,**

**Bundesarchitektenkammer**, Broschüre mit Anwendungshinweisen:

[www.aknw.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen-Broschueren/BIM-BAK-Broschuere-WEB.pdf](http://www.aknw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen-Broschueren/BIM-BAK-Broschuere-WEB.pdf)

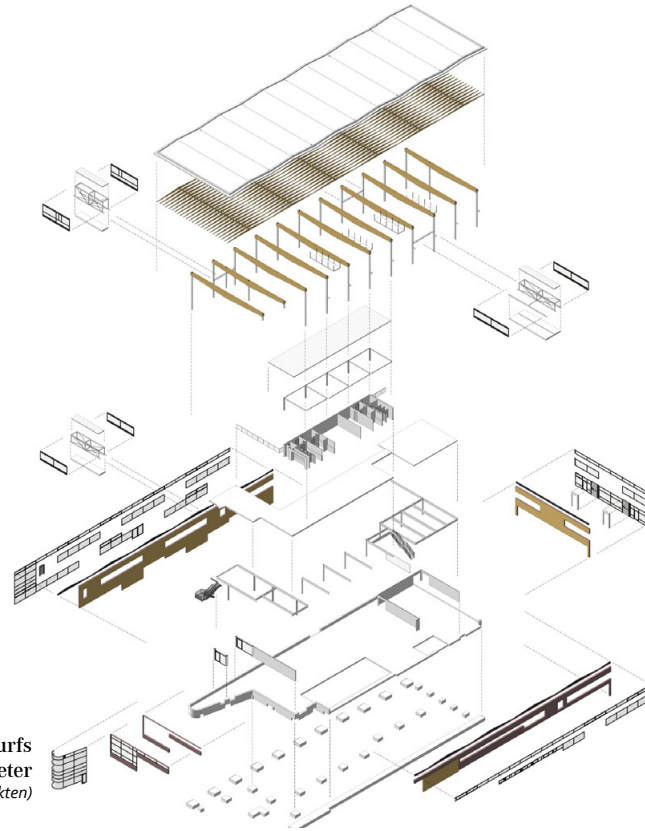
#### **BIM – Mittelstandsleitfaden am Beispiel des Bauvorhabens Fachmarktzentrum Leinenfelde – Wie viel BIM verträgt ein Mittelstandsprojekt?**

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2018:

[www.biminstitut.de/files/bim\\_institut/media/01\\_Forschung/BIM%20-%20Mittelstandsleitfaden/BIM-Mittelstandsleitfaden%20FMZ%20Leinefelde.pdf](http://www.biminstitut.de/files/bim_institut/media/01_Forschung/BIM%20-%20Mittelstandsleitfaden/BIM-Mittelstandsleitfaden%20FMZ%20Leinefelde.pdf)

### Werkzeug Building Information Modeling (BIM)

Das Werkzeug BIM baut auf einem digitalen, dreidimensionalen Gebäudemodell auf. Das Gebäudemodell kann dabei Informationen über alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes erfassen. Alle Beteiligten, Planer und Bauausführenden definieren relevante Informationen (neben geometrischen Daten u. a. auch Preise oder Schalldurchlässigkeit) und ordnen diese den Bauteilen zu. BIM kann dabei den am Projekt Beteiligten eine Gesamtbetrachtung des Lebenszyklus erlauben. Für KMU kann dies aber eine wesentliche Änderung ihres Planungsprozesses bedeuten. Hilfreich könnte an dieser Stelle eine normierte Vorgehensweise sein.<sup>16</sup>



Explosionszeichnung des Gebäudeentwurfs zur Erweiterung der Bäckerei Peter

(Bild: © RMA Architekten)

## BÄCKER PETER

Die familienbetriebene Handwerksbäckerei stellt seit 1905 Lebensmittel her. Aufgrund des steten Wachstums des Unternehmens wurde 2011 mit dem Bau eines zweiten Erweiterungsgebäudes begonnen, bei dem die Aspekte der Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz berücksichtigt worden sind (zertifiziert mit DGNB Gold 2012).

Mithilfe der dynamischen Software TAS wurde die Gesamtperformance des Gebäudes betrachtet, um ein bestmögliches Zusammenspiel von Gebäudehülle, Gebäudetechnik und Prozessanlagen zu finden.

Durch die Ausführung der Gebäudehülle im Passivhausstandard konnte der Wärmeverlust so weit minimiert werden, dass die vorhandene Prozessabwärme weitestgehend zur Konditionierung der Raumluft ausreicht.

Bei der Kühlung konnte eine innovative zweistufige Kompressionskälteanlage in

Kaskadenschaltung genutzt werden. Dadurch konnte auf das übliche Kältemittel R 4004a verzichtet und das damit zusammenhängende hohe Treibhausgaspotenzial vermieden werden. Gleichzeitig konnte durch niedrigere Verdampfertemperaturen die Energieeffizienz gesteigert werden. Die von der Photovoltaik gewonnene Energie wird zum Betrieb der LED-Beleuchtungsanlage und demnächst auch zum Betrieb von Elektrolieferfahrzeugen genutzt.

Bei allen eingesetzten Baumaterialien und technischen Systemen wurde außerdem auf ganzheitliche Stoffkreisläufe und Schadstofffreiheit geachtet. Die Bauteile des Gebäudes können zum größten Teil recycelt oder an anderer Stelle wiederverwendet werden. Dies ist vor allem durch den Hybrid-Skelettbau (Holz und Stahl) möglich.

Die gesamte Planung erfolgte mit Hilfe eines 3D-BIM-Modells. Dort sind alle relevanten Daten zu Baumaterialien und technischen Systemen gespeichert und bis

zur Übergabe aktuell gehalten worden. In der an den Bauherrn übergebenen ganzheitlichen Dokumentation sind u. a. Informationen zur Recyclingfähigkeit der Baumaterialien und Explosionszeichnungen, die die Konstruktion und die einzelnen Module zeigen, enthalten. Ein ausführliches Nutzerhandbuch zur Funktionsweise und zu den Besonderheiten der technischen Gebäudeausrüstung sowie Wartungs-, Inspektions- und Pflegeanleitungen sind ebenso übergeben worden. Mithilfe einer systematischen Inbetriebnahme konnte die Gebäudetechnik einreguliert und der Betreiber angemessen eingewiesen werden.<sup>17</sup>

*„Das Ziel der integralen Planung und Dokumentation war die energetische und nachhaltige Optimierung mit hoher Sicherheit der Adaptivität bei zukünftigen Umbauten.“*

## ÜBERGABE

- + Ausführliche Dokumentation
- + Grundlage: BIM-Modell Autodesk Revit
- + Nutzerhandbuch inkl. Hinweisen zu Wartungsintervallen
- + Wartungs-, Inspektions-, Betriebs- und Pflegeanleitungen

## INBETRIEBNAHME

- + Einregulierung der Gebäudetechnik
- + Einweisung des Gebäudebetreibers in die Gebäudetechnik

Gebäudeeingang der Backstube Peter  
(Bild: © RMA Architekten)



## Fazit

Die Ressourceneffizienz spielt als Teil der Nachhaltigkeit eine immer größere Rolle in der öffentlichen Diskussion.

Bei vielen Bauherren, aber auch bei Planern oder Bauausführenden, stehen Aspekte der Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz bereits auf der Tagesordnung, denn ressourceneffizientes Planen und Bauen führen zu Einsparungen der gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus sowie einer Wertsteigerung des Gebäudes durch Flexibilität und mögliche Umnutzung.

Aber auch Bauausführende können Material und Energie einsparen und gleichzeitig die Bauqualität erhöhen. Darüber hinaus generieren ressourceneffizientes Planen und Bauen ein positives Unternehmensimage und können zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit beitragen.

Die Broschüre zeigt viele Aspekte der Ressourceneffizienz in der Planung, Ausschreibung/Vergabe, Bauausführung sowie der Übergabe auf. Vieles davon ist schon im alltäglichen Planungsprozess integriert, andere Aspekte sind hingegen neu.

Die Sammlung der weiterführenden Informationen und Werkzeuge soll an dieser Stelle Planer und Bauausführende bei der Integration in ihren Planungsprozess unterstützen.

Die dargestellten Beispiele geben einen Überblick über mögliche Maßnahmen und verschiedene Herangehensweisen. Dabei erweist sich die frühzeitige Einbeziehung der Ressourceneffizienzaspekte in den Planungsprozess als sehr bedeutungsvoll.



In Kombination mit einer integralen Planung steht bei der Planung der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes im Vordergrund. Damit kann durch das Abwägen von Wechselwirkungen vermieden werden, dass eine Lebenszyklusphase zulasten einer anderen Phase optimiert wird.

Die Übergabe der Dokumentation mit allen relevanten Informationen ist ebenso wichtig. Denn eine vollständige Dokumentation kann die Nutzungsphase und die weiteren Phasen bis zum Lebensende wesentlich vereinfachen und die dort angesiedelten Ressourceneffizienzpotenziale besser nutzbar machen. Ein hilfreiches Werkzeug dazu kann BIM (Building Information Modeling) sein.



Bild: © ArturVerkhovetskiy/panthermedia.net

# Literatur

- (1) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2016):** Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II, Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen [online]. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) [abgerufen am: 4. März 2019], verfügbar unter: [www.bmu.de/publikation/deutsches-ressourceneffizienzprogramm-ii-programm-zur-nachhaltigen-nutzung-und-zum-schutz-der-nature/](http://www.bmu.de/publikation/deutsches-ressourceneffizienzprogramm-ii-programm-zur-nachhaltigen-nutzung-und-zum-schutz-der-nature/)
- (2) **VDI 4800 Blatt 1:2016-02:** Verein Deutscher Ingenieure e.V., Ressourceneffizienz – Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- (3) **Paschotta, R. (2018):** Graue Energie [online]. RP-Energie-Lexikon [abgerufen am 4. März 2019], verfügbar unter: [www.energie-lexikon.info/graeue\\_energie.html](http://www.energie-lexikon.info/graeue_energie.html)
- (4) **Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) (2019):** Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden [online]. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) [abgerufen am: 4. März 2019], verfügbar unter: [www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden\\_2019/BBSR\\_LFNB\\_D\\_190125.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFNB_D_190125.pdf)
- (5) **Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) (2018):** Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) [online]. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) [abgerufen am: 4. März 2019], verfügbar unter: [www.bnb-nachhaltigesbauen.de/](http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/)
- (6) **El khouli, S.; John, V. und Zeumer, M. (2014):** Nachhaltig Konstruieren – Vom Tragwerksentwurf bis zur Materialwahl: Gebäude ökologisch bilanzieren und optimieren. 1. Auflage 2014, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH Co. KG, München, ISBN: 978-3-955532-17-8.
- (7) **FLEXIM Flexible Industriesstechnik GmbH (kein Datum):** Durchflussmesser für alle Branchen und Medien – mittels Ultraschall und ohne Medienkontakt [online]. FLEXIM Flexible Industriesstechnik GmbH [abgerufen am: 4. März 2019], verfügbar unter: [www.flexim.com/de](http://www.flexim.com/de)
- (8) **BauNetz Media GmbH (kein Datum):** Firmensitz Flexim in Berlin-Marzahn [online]. BauNetz Media GmbH [abgerufen am 4. März 2019], verfügbar unter [www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/objekte/gewerbe-industrie/firmensitz-flexim-in-berlin-marzahn-5379561](http://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/objekte/gewerbe-industrie/firmensitz-flexim-in-berlin-marzahn-5379561)
- (9) **DGNB GmbH (2018):** DGNB Kriterium "Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe" (PRO1.4) [online]. DGNB GmbH [abgerufen am: 4. März 2019], verfügbar unter: [www.dgnb-system.de/de/system/version2018/kriterien/sicherung-der-nachhaltigkeitsaspekte-in-ausschreibung-und-vergabe/index.php](http://www.dgnb-system.de/de/system/version2018/kriterien/sicherung-der-nachhaltigkeitsaspekte-in-ausschreibung-und-vergabe/index.php)
- (10) **PSA Publishers Ltd. (2018):** Haus für Zwei [online]. PSA Publishers Ltd., german-architects, 3. Okt. 2018 [abgerufen am 4. März 2019], verfügbar unter: [www.german-architects.com/de/architecture-news/bau-der-woche/haus-fuer-zwei](http://www.german-architects.com/de/architecture-news/bau-der-woche/haus-fuer-zwei)
- (11) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2015):** Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und Verwaltungsgebäude – Baustelle/Bauprozess [online]. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) [abgerufen am 4. März 2019], verfügbar unter: [www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebäude/neubau/v\\_2015/BNB\\_BN2015\\_521.pdf](http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebäude/neubau/v_2015/BNB_BN2015_521.pdf)

- (12) **shopware AG (kein Datum):** shopware Inspiration [online]. shopware AG, verfügbar unter <https://de.shopware.com/unternehmen/>
- (13) **Wenker, J. (2019):** Telefonat mit Herrn Dr. Jan Wenker zum Thema Praxisbeispiel Neubau Firmenzentrale shopware AG. Brüninghoff Gruppe, 20. Feb. 2019, 11:10 Uhr.
- (14) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2015):** Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und Verwaltungsgebäude - Systematische Inbetriebnahme [online]. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) [abgerufen am 4. März 2019], verfügbar unter: [www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebaeude/neubau/v\\_2015/BNB\\_BN2015\\_523.pdf](http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebaeude/neubau/v_2015/BNB_BN2015_523.pdf)
- (15) **DGNB GmbH (2018):** DGNB Kriterium "Geordnete Inbetriebnahme" (PRO2.3) [online]. DGNB GmbH [abgerufen am: 4. März 2019], verfügbar unter: [https://static.dgnb.de/fileadmin/de/dgnb\\_system/version2018/06\\_PRO2.3\\_Geordnete-Inbetriebnahme.pdf?m=1551713156&](https://static.dgnb.de/fileadmin/de/dgnb_system/version2018/06_PRO2.3_Geordnete-Inbetriebnahme.pdf?m=1551713156&)
- (16) **Meyer-Veltrup, L. (2018):** Planung mit BIM wird Standard [online]. handwerk magazin, Technologie-monitoring, 1. März 2018 [abgerufen am 6. März 2019], verfügbar unter: [www.handwerk-magazin.de/planung-mit-bim-wird-standard/150/3/367597](http://www.handwerk-magazin.de/planung-mit-bim-wird-standard/150/3/367597)
- (17) **Wiendahl, H.-P.; Reichardt, J. und Nyhuis, P. (2014):** Handbuch Fabrikplanung - Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG; Auflage: 2., überarbeitete und erweiterte (3. April 2014), München Wien, ISBN: 3446438920

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE)

Bertolt-Brecht-Platz 3

10117 Berlin

Tel. +49 30-2759506-0

Fax +49 30-2759506-30

[zre-info@vdi.de](mailto:zre-info@vdi.de)

[www.ressource-deutschland.de](http://www.ressource-deutschland.de)

Diese Broschüre wurde im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit erstellt.

Im Auftrag des:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit



NATIONALE  
**KLIMASCHUTZ**  
INITIATIVE