



Architektenkammer  
Niedersachsen

architekten|kammer  
der freien hansestadt bremen

# NACH HALTIGES PLANEN UND BAUEN

EINE PRAKTISCHE ANNÄHERUNG



## IMPRESSUM

### Herausgeber

Architektenkammer Niedersachsen  
Architektenkammer der  
Freien Hansestadt Bremen

Im Sinne einer besseren Lesbarkeit sind in dieser Broschüre nur männliche Bezeichnungen verwendet. Es wird darauf hingewiesen, dass hiermit ausdrücklich auch die weiblichen Formen gemeint sind.

### Verfasser (Seite 8 ff.)

Martin Kusic  
Klaus Siegele (Redaktion)

### Beraterkreis

Angelika Blencke  
Prof. Heiner Lippe  
Prof. Ingo Lütkemeyer  
Dr. Mathias Meyer  
Hartmut Rüdiger  
Lutz Schleich  
Susanne de Vries  
Dr. Tim Wameling

### Gestaltung

Karin Dohle

### Druck

Hahn-Druckerei

Stand: April 2013, 1. Auflage



Architektenkammer  
Niedersachsen

architekten|kammer  
der freien hansestadt bremen

# NACH HALTIGES PLANEN UND BAUEN

EINE PRAKTISCHE ANNÄHERUNG

## VORWORT

In fast jeder Zeitschrift, in der es um das Bauen geht, findet sich heutzutage das Stichwort »Nachhaltigkeit«. Vor dem Hintergrund nicht nur ökologischer, sondern auch ökonomischer Grundsätze nimmt das Thema einen wachsenden Stellenwert im Bauwesen ein und Architektinnen und Architekten müssen sich zunehmend den Belangen des nachhaltigen Bauens stellen. Das beeinflusst auch die Themen der Architektenkammer, denn immer stärker rücken Fragestellungen zum energieeffizienten und nachhaltigen Bauen in den Fokus. 2010 gründeten wir daher den Ausschuss Klimaschutz und Nachhaltigkeit in der Architektenkammer Niedersachsen.

Trotz seiner Aktualität bleibt das nachhaltige Bauen schwer fassbar. Zugleich lässt sich feststellen, dass die Anzahl der Bauherren wächst, die diesen Anspruch in ihren Projekten berücksichtigt sehen möchten. Ziel des Ausschusses war es, Informationen zum nachhaltigen Bauen zu erarbeiten, damit die Kolleginnen und Kollegen auf Fragen von Bauherren kompetent und gut vorbereitet sind.

Wir glauben, dass Nachhaltigkeit kein Spezialthema sein darf, sondern dass die Grundlagen des nachhaltigen Bauens vom ganzen Berufsstand beherrscht werden müssen.

Denn Nachhaltigkeit erstreckt sich auch auf nicht zertifizierte Gebäude und sollte in jede kleine oder große Baumaßnahme einfließen.

In dieser eigens für unsere Mitglieder erstellten Broschüre werden einige für das Bauen wesentliche Nachhaltigkeitsaspekte herausgegriffen und einführend vorgestellt. Über das Fortbildungsprogramm der Architektenkammer Niedersachsen gibt es darauf aufbauend viele Möglichkeiten, das Thema zu vertiefen.



Wolfgang Schneider

Präsident der Architektenkammer Niedersachsen

# INHALT

- 4 | Nachhaltiges Planen und Bauen:  
Qualitätvolle Architektur für eine lebenswerte Zukunft
- 8 | Einführung
  
- 14 | Entwurf
- 26 | Konstruktion
- 42 | Material
- 58 | Kosten
- 78 | Gesundheit
  
- 96 | Glossar
- 98 | Abbildungsverzeichnis
- 99 | Quellenverzeichnis

# NACHHALTIGES PLANEN UND BAUEN: QUALITÄTVOLLE ARCHITEKTUR FÜR EINE LEBENSWERTE ZUKUNFT

Mehr als sieben Milliarden Menschen teilen sich die Erde. Einige Menschen leben in unfassbarem Luxus, andere müssen sich mit unbeschreiblich ärmlichen Verhältnissen abfinden. Während die einen vielerorts verschwenderisch mit den begrenzten Ressourcen der Welt umgehen, müssen die anderen täglich kilometerweit laufen, um an einige Liter Wasser oder eine Handvoll Reis zu gelangen. Zwei Lebensumstände, die gegensätzlicher nicht sein könnten. Immer mehr Menschen, immer mehr Wachstum und in der Konsequenz immer mehr Wohlstand für Reich und Arm können auf einem Planeten, der nicht in gleichem Maße mitwächst, kaum ein gutes Ende nehmen.

Wir leben in einer aufgeklärten und globalisierten Welt, pflegen und verteidigen aber unsere lieb gewonnenen Gewohnheiten und verleugnen oder ignorieren trotz besseren Wissens die negativen Auswirkungen unseres Handelns. Manche Folgen lassen sich durch technische Erfindungen auffangen, doch der Klimawandel gibt uns bereits mit seinen sichtbaren Begleiterscheinungen einen Vorgeschmack auf die Zukunft.

## **Schonender und weitsichtiger Umgang mit den begrenzten Ressourcen erfordert ein Umdenken.**

Architekten tragen eine besondere Verantwortung für ein nachhaltiges Handeln. Sie schaffen mit ihrer Begabung und Kompetenz kulturelle Werte und Lebensräume, die länger als ein T-Shirt oder ein Smartphone Bestand haben. Während sich die Konsumgüterindustrie schnell an neue Produktionsmethoden, Standards und Moden anzupassen vermag, bilden Bauwerke ein statisches Gerüst, das Jahrzehnte überdauert.

Die Nachhaltigkeit eines Gebäudes resultiert aus seiner Lebensdauer und seiner Wiederverwertbarkeit, seiner technischen und nutzerorientierten Flexibilität, seiner ästhetischen Qualität, seiner energetischen Effizienz und seiner Funktion hinsichtlich Komfort, Hygiene und Gesundheit. Gebäude werden in Zukunft mehr denn je nach ihrer ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit bemessen und in ihrer Werthaltigkeit nach diesen drei Faktoren beurteilt.

Bestehende Zertifizierungssysteme wie DGNB, LEED, BREEAM oder das von der Bundesregierung für seine eigenen Bauten aufgestellte System BNB gehen dazu mit leicht abge-

wandelten Schwerpunkten und Kriterien ins Detail. Auch wenn für kleinere Gebäude eine Zertifizierung meistens finanziell außer Frage steht oder der Sinn einer Plakette zu hinterfragen ist: für Architekten ist es heute unabdingbar, sich mit der Zertifizierungsthematik auseinanderzusetzen und die Hintergründe für die Bewertung einzelner Aspekte nachvollziehen zu können. In gewisser Form zertifiziert jeder Architekt heutzutage bereits automatisch sein eigenes Werk hinsichtlich der Nachhaltigkeitskriterien, unabhängig davon, ob der Wunsch nach einem Zertifikat besteht oder nicht. Die Frage nach der Nachhaltigkeit eines Entwurfes, der Konstruktion oder der favorisierten Materialien sind maßgebliche Prüfsteine für ein durchdachtes und zukunftsfähiges Gebäude. Zudem sollte man überlegen, inwieweit die kalkulierten Kosten auch die Phase des Gebäudebetriebs sowie den Rückbau oder den Abriss des Gebäudes einbeziehen.

Einfach sind diese Fragen nicht zu beantworten und das auch dann nicht, wenn man als Architekt zu diesem Thema stets vorbildlich gedacht und gehandelt hat. Die Zahl der verfügbaren Bauprodukte hat sich in den vergangenen 50 Jahren in ähnlichem Maße vervielfacht wie Normen, Richtlinien und Vorschriften. Früher nutzten Architekten überwiegend regional verfügbare Baumaterialien wie Holz, Stahl, Zement, Ziegel, Glas, Naturstein und verschiedene Zuschlagstoffe. Heute lässt sich nicht mehr ohne Weiteres sagen, in welchem Land oder welcher Region ein Fenster oder zumindest Teile davon

hergestellt wurden. Was darüber hinaus die Inhaltsstoffe für die Gesundheitsbelastung des Verarbeiters oder für spätere Ausdünstungen bedeuten, lässt sich – wenn überhaupt – nur vermuten. Viele Jahre entschieden wir uns für Produkte, über deren Herstellverfahren und chemische Zutaten uns so wenig bekannt war wie die dafür aufzuwendende Energie. Doch wir sollten das nachhaltige Planen und Bauen ernst nehmen und uns fragen, wie umwelt- und gesundheitsverträglich ein Produkt ist. Mit Ökobilanzen, Ökolabeln und den sogenannten Umwelt-Produktdeklarationen (Environmental Product Declaration, EPD) von Baustoffen verfügen wir über Informationen, die uns helfen können, bei der Materialentscheidung nach bestimmten Auswahlkriterien vorzugehen.

**Die vorliegende Broschüre gibt Antworten auf elementare Parameter der Nachhaltigkeit beim Planen und Bauen und bietet praxisnahe Tipps und Hinweise an.**

Jedes der fünf Kapitel Entwurf, Konstruktion, Material, Kosten und Gesundheit endet mit der Kurzpräsentation eines gebauten Objektes, bei dem die zuvor vertieften Inhalte eine besondere Rolle in Planung und Ausführung gespielt haben. Architekten und Projektleiter geben in Interviews Informationen zu den Hintergründen der Strategien und Prioritäten. Manches Statement zu nachhaltiger Architektur gibt überraschende Einblicke in die unterschiedliche Herangehensweise der Planer. Die Aussagen

zeigen, welche Relevanz das Thema Nachhaltigkeit bei Architekten, Fachingenieuren, Investoren, Kommunen und privaten Bauherren hat.

Obwohl die Energieeffizienz eines Gebäudes maßgeblich zu dessen nachhaltiger Nutzung beiträgt, wurde dieser Aspekt bewusst ausgeklammert. Das Thema ist viel publiziert und bis hin zu ausgeklügelten energetischen Konzepten von Passiv- und Nullenergiehäusern detailliert beschrieben worden. Viele Architekten haben sich in Fragen des energetischen Bauens bereits fortgebildet. Im Detail auch auf dieses Thema einzugehen, hätte den Rahmen dieser Broschüre gesprengt. Jedoch finden sich in den fünf Kapiteln und den angefügten Projektbeispielen Hinweise darauf, wie sich der Nachhaltigkeitsgedanke mit der Energieeffizienz verknüpfen lässt.

Ein Fehler wäre es, bei der Konzentration auf die Einzelaspekte des nachhaltigen Planens und Bauens, die Relevanz der Gestaltung zu missachten. Qualitätvoll gestaltete Architektur ist eine Grundlage des nachhaltigen Bauens und bildet gewissermaßen das Fundament für das 3-Säulen-Modell aus Ökologie, Ökonomie und Sozialem. Die Plakette eines Zertifizierungssystems mag eine berechnete Auszeichnung für eine besonders nachhaltige Bauweise sein, sie bleibt aber Makulatur, wenn Proportionen, Raum, Kubatur, Licht und Materialität nicht perfekt zusammenspielen. Erst durch seine ästhetische Qualität erreicht ein Bauwerk Akzeptanz und Anerkennung.

Nachweisverfahren, Technik und Ideologien reichen hierfür nicht aus. Ein typisches Beispiel ist die Passivhausarchitektur, die in ihren Anfängen auf erhebliche Akzeptanzprobleme bei Architekten und Bauherren stieß. An den monotonen und pultgedeckten Gebäuden schieden sich die Geister. Nachbarn fragten sich, wie kann man da nur wohnen, ohne je ein Fenster aufmachen zu dürfen? Heute haben gut gestaltete Passivhäuser in doppelter Hinsicht Vorbildcharakter: sie heben sich positiv in Energiebedarf und Architektur von der Masse ab. Das nachhaltige Bauen braucht also gelungene Architektur als Motor der Akzeptanz und als Triebfeder der Nachahmung.

Politiker, Wissenschaftler und Lobbyisten aller Couleur diskutieren über einen globalen Klimawandel. Die Welt liegt sozusagen mit Fieber im Bett und die Verantwortlichen schieben sich gegenseitig die Schuld zu. Natürlich werden wir durch nachhaltiges Planen und Bauen allein die Welt nicht retten. Doch es geht darum, neue Standards zu setzen, die in der Summe einen bewussten Umgang mit den begrenzten Ressourcen der Erde bewirken.

Beginnen wir zu handeln – und zwar jeder von uns!



# EINFÜHRUNG

*»Bei allem, was man tut, das Ende zu bedenken, das ist Nachhaltigkeit.«*

*Eric Schweitzer,  
ALBA-Chef und Mitglied im Rat  
für Nachhaltige Entwicklung*

Gebäude tragen erheblich zum heutigen Ressourcenverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei und spielen auch bei der späteren Entsorgung eine wesentliche Rolle. Es ist daher längst Anspruch vieler Architekten, Gebäude zu errichten, die sich durch ein ausgereiftes Nutzungskonzept sowie eine energieeffiziente und langlebige Gestaltung auszeichnen. Nachhaltigkeit im Bauwesen umfasst eine Vielzahl von Aspekten und bereits kleine Optimierungen in Planung und Baubetrieb können sich positiv auswirken. Diese Broschüre will diese Möglichkeiten aufzeigen und den Berufsstand der Architekten noch näher an das nachhaltige Bauen heranführen.

## **Was bedeutet Nachhaltigkeit?**

Im alltäglichen Leben verstehen wir unter Nachhaltigkeit, durch unser heutiges Handeln die Lebensgrundlagen künftiger Generationen nicht zu gefährden. Eine frühe Definition von Nachhaltigkeit entstammt der Kursächsischen Forstordnung von 1560: »Bewirtschaftungsweise eines Waldes, bei welcher immer nur so viel Holz entnommen wird, wie nachwachsen kann, sodass der Wald nie zur Gänze abgeholzt wird, sondern sich immer wieder regenerieren kann.«

Diesen Festlegungen für eine nachhaltige Waldwirtschaft lag damals der Grundgedanke eines wirtschaftlichen Forstbetriebs zugrunde, der durch die Aspekte Langfristigkeit, Sozialpflichtigkeit, Ökonomie und Verantwortung beschrieben wurde (1). Mittlerweile wurde dieser Ansatz auf die globalen Umweltprobleme übertragen und bildet damit die Basis für die Handlungsmaxime in heutiger Zeit.

Die heute gängigste Definition prägte die Enquete-Kommission »Schutz des Menschen und der Umwelt« des Deutschen Bundestages: »Nachhaltigkeit ist die Konzeption einer dauerhaft zukunftsfähigen Entwicklung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Dimension menschlicher Existenz. Diese drei Säulen der Nachhaltigkeit stehen miteinander in Wechselwirkung und bedürfen langfristig einer ausgewogenen Koordination.«

Die Grundidee der Nachhaltigkeit basiert also auf der Einsicht, dass ein System nachhaltig ist, wenn es selber überlebt und langfristig Bestand hat (2).

### **Wie wird Nachhaltigkeit auf die Baupraxis übertragen?**

In den 1990er-Jahren begannen Architekten, sich dem energieeffizienten und nachhaltigen Bauen zu widmen und entsprechende Diskussionen in der Öffentlichkeit anzustoßen. Im gleichen Zeitraum entstanden erste Baustoffdatenbanken mit Lebenszyklusdaten.

2001 setzten sich erstmals Fachleute aus Forschung und Baubetrieb, Hochschulen und Baustoffindustrie, Verbänden und Kammern sowie Architekten, Ingenieure, Biologen und Schadstoffexperten zum »Runden Tisch Nachhaltiges Bauen« beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) zusammen. Ziel war es damals, der Erkenntnis, dass wir so nicht weitermachen können, gesellschaftspolitisches Gewicht zu verleihen. Neue Ansätze sollten vorangetrieben werden.

In den vorangegangenen Jahren entwickelte sich in Deutschland ein wachsender Markt für Gebäudelabel, mit denen versucht wird, Nachhaltigkeit nach festgelegten Kriterien zu beurteilen. Treibende Kraft dieser Entwicklung war insbesondere die Immobilienwirtschaft, die Nachhaltigkeitszertifikate als Gütezeichen ihrer Projekte nutzen will.

---

**Nationale Zertifizierungssysteme** | Das erste deutsche Zertifizierungssystem wurde 2008 gemeinsam von der DGNB und dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) veröffentlicht. DGNB steht für die »Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V.«. 2009 wurden mit diesem System die ersten Zertifikate verliehen. Seit Anfang 2010 tritt die DGNB allein unter einem neuen Logo auf, während das BMVBS ein eigenes Bewertungssystem entwickelte, das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB). Das BNB ist seit Anfang 2011 für größere Neubauten verpflichtend und seit 2012 für alle Bauvorhaben des Bundes anzuwenden.

---

Mittlerweile haben sich in Deutschland mehrere Systeme etabliert:

- \_ Das »Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen« der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), eingeführt 2008.
- \_ »BNB« ist das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und entstand 2010.
- \_ »BREEAM« (Building Research Establishment Environmental Assessment Method for Buildings) aus Großbritannien

ist das weltweit am häufigsten eingesetzte Bewertungsinstrument und besteht seit 1990.

– »LEED« (Leadership in Energy and Environmental Design) stammt aus den Vereinigten Staaten und entspricht einer freiwilligen Qualitätssicherung im Bauwesen, weil es in den USA an nationalen Normungsstandards fehlt. Entwickelt wurde es 1995 auf Betreiben der Immobilienwirtschaft.

Im Anhang der Broschüre sind weitere Informationen zu den Zertifizierungssystemen genannt.

Die Nachhaltigkeitsbetrachtung ruht im Sinne der Enquete-Kommission auf den Säulen Ökonomie, Ökologie und Soziokultur, die oft als die »Drei Säulen der Nachhaltigkeit« bezeichnet werden. In den deutschen Zertifizierungssystemen werden alle drei Themenfelder gleich gewichtet. Für die Bewertung der Objektqualität kommen außerdem die Aspekte der »technischen Qualität« und der »Prozessqualität« hinzu.

---

**Qualität** | Die Bewertungsschemata für Nachhaltigkeit werden als Qualitäten bezeichnet. Diese Qualitäten werden in den Zertifizierungssystemen auch als Hauptkriteriengruppen bezeichnet und sind in Einzelkriterien unterteilt.

---

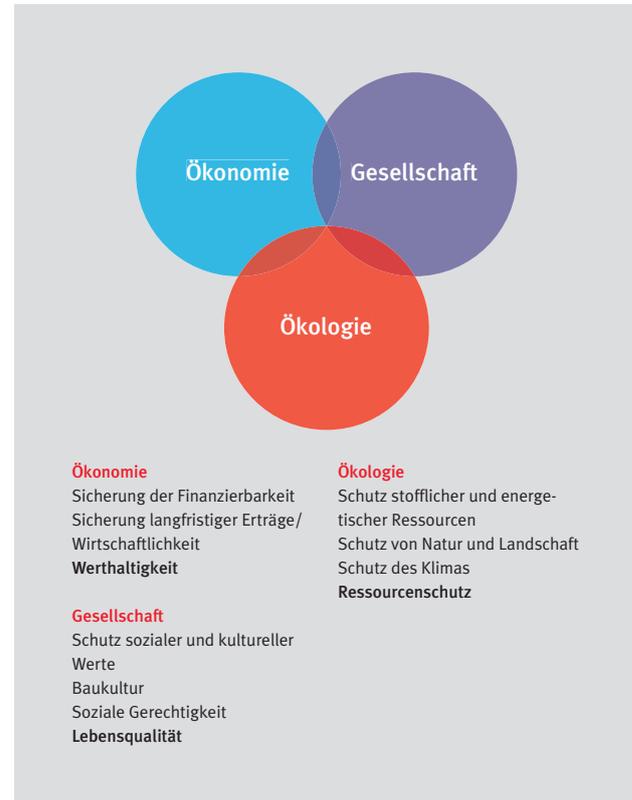


Abb. 1 | Die drei Faktoren der Nachhaltigkeit

Der technischen Qualität werden beispielsweise der Brand- und Schallschutz zugeordnet. Auch die wärme- und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle gehört zu diesem Bereich. Dämmung, Fensterflächen, statische Konstruktion und

Fassadenbekleidung beeinflussen somit die technische Qualität. Die drei Säulen der Nachhaltigkeit sind ebenfalls berührt: die Ökonomie über Kosten und Folgekosten, die Ökologie über Materialbilanz und die Soziokultur durch thermischen Komfort und Behaglichkeit im Winter und Sommer.

Die Prozessqualität fasst verschiedene Gesichtspunkte zusammen. Vor allem wird darunter aber die »Integrale Planung« im Team verstanden, um ganzheitliche Projektziele verwirklichen zu können. Ein interdisziplinär besetztes Planungsteam trägt dabei zu jedem Zeitpunkt die gesamte Verantwortung für die Projektplanung, für alle Gewerke und den Projektverlauf. In dieses Themenfeld zählt auch die systematische Inbetriebnahme, bei der beispielsweise die Anlagentechnik des Gebäudes noch einmal nachjustiert wird oder auch ein Handbuch für die Nutzer erstellt wird.

Die Standortqualität wird in den deutschen Systemen bisher nicht in der Bewertung des Gebäudes bilanziert, sondern separat von den fünf genannten Themenfeldern betrachtet, da sie häufig nur eingeschränkt beeinflussbar ist.

Auch wenn sie in den Zertifizierungssystemen aufgrund der lokalen Betrachtungsweise weitgehend unberücksichtigt bleiben, stellen Städtebau und Stadtplanung einen wichtigen Aspekt des nachhaltigen Bauens dar.



Abb. 2 | Die Säulen der Nachhaltigkeit werden über technische Qualitäten und Aspekte der Prozessqualität miteinander verbunden.

### **Wie ist die Broschüre aufgebaut?**

In dieser Broschüre werden einige wesentliche Aspekte des nachhaltigen Bauens aufgegriffen, andere jedoch bewusst nicht. Die Vielzahl möglicher Kriterien für eine Nachhaltigkeitsbetrachtung macht es erforderlich, Schwerpunkte zu setzen. Beiseitegeschoben, wenn auch fraglos wichtig für die Nachhaltigkeit, wurde das Thema »Energieeffizienz«. Erstens kann angenommen werden, dass Architekten Erfahrung mit der Energieeinsparverordnung haben und die Stellschrauben der Energieeffizienz kennen. Zweitens möchte die Broschüre vor allem Themengebiete zur Diskussion stellen, die in der alltäglichen Planungs- und Anwenderpraxis nicht in der hier dargestellten Tiefe bekannt sein dürften. Die ausgewählten Kernthemen sind Zukunftsthemen. Über Infokästen werden jedoch thematische Hinweise zu weiterführenden und vertiefenden Informationen und Hilfsmitteln gegeben.

Folgende fünf Kernthemen des Bauens werden in den nachfolgenden Kapiteln beleuchtet und in einen engen Zusammenhang mit dem nachhaltigen Planen und Bauen gesetzt: Entwurf, Konstruktion, Material, Kosten und Gesundheit.

**Kapitel 1: Entwurf** | Im ersten Kapitel wird das Thema Entwurf mit dem Schwerpunkt Flexibilität betrachtet. Welche Auswirkungen hat die Flexibilität eines Gebäudes auf seine Zukunftsfähigkeit? Der Entwurf steht ganz am Anfang des Planungsprozesses

und bildet die Basis für jedes Haus. Schon jetzt werden bereits Lichtverhältnisse, Gestaltungs- und Raumqualitäten sowie die Nutzungsflexibilität festgelegt. Zudem beeinflusst der Entwurf die Gebäudekonstruktion und die benötigten Materialien.

**Kapitel 2: Konstruktion** | Welches Material wird für das Tragsystem benötigt und in welcher Menge? Bei der Konstruktion spielen Materialkreisläufe, Reversibilität und Recyclingpotenziale eine zentrale Rolle in der Nachhaltigkeitsbetrachtung. Bereits vor dem eigentlichen Bauprozess sollte nach der Herkunft von Materialien oder nach dem Energieinhalt von Baustoffen gefragt werden. Wie viel Schädigungspotenzial für unsere Lebensgrundlagen haben sie bereits im Gepäck? Die Lebenszyklusbetrachtung endet keineswegs beim Abbruch, sondern hinterfragt auch den weiteren Weg der Materialien: Sind sie noch brauchbar, um Neues zu erschaffen? Lassen sich Stoffe überhaupt unbeschadet aus einer Konstruktion herauslösen?

**Kapitel 3: Material** | Im dritten Kapitel werden wesentliche neue Bilanzmethoden der Lebenszyklusanalyse erläutert: die Ökobilanz und die Ausweisung grauer Energien von Baustoffen.

**Kapitel 4: Kosten** | Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den Lebenszykluskosten, die beispielsweise durch Betriebskosten oder durch den finanziellen Aufwand aufgrund der begrenzten

Lebensdauer von Bauteilen beeinflusst werden. Einbezogen werden dabei auch Instandhaltungs- und Entsorgungskosten: Wie viel Geld muss ein Bauherr oder ein Investor – heruntergerechnet auf die aktuelle Kostenkalkulation – aufbringen, um zu einem zukünftigen Zeitpunkt die heute eingebauten Kunststofffenster und Wärmedämmverbundsysteme auszutauschen?

**Kapitel 5: Gesundheit** | Die von uns gebaute Umwelt sollte unserem Wohlbefinden und unserer Gesundheit dienen. Wie kann ausgeschlossen werden, dass Schadstoffe verbaut wurden? Wie lassen sich Risiken für Mensch und Natur während des Bauprozesses vermeiden?

Bauwerke sind ausgesprochen langlebige Produkte. Der Ressourcenaufwand zur Herstellung und zum Betrieb von Gebäuden ist besonders hoch. Der Enquete-Bericht zur Nachhaltigkeit (3) benennt den Gebäudebestand als Schlüsselbereich mit vielfältigen Handlungsoptionen: »Es gibt wohl kaum ein vergleichbares Beispielfeld, bei dem das Beziehungsgeflecht zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Zielen und Aspekten so stark ausgeprägt ist wie beim Thema Bauen und Wohnen.«

Mit dieser Broschüre soll ein Grundverständnis für eine ganzheitliche Betrachtung von Gebäuden geweckt werden. Ziel ist es, gewohnte und sinnvolle Arbeitsweisen mit messbaren Gebäudeeigenschaften nachhaltiger Konzepte in Bezug zu setzen, auf

Schnittstellen aufmerksam zu machen und Bewertungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Auch wenn diese Broschüre den Hochbau thematisiert, gelten die meisten Aussagen und Hinweise auch für die Landschaftsarchitektur. Viele Aspekte sind übertragbar und allgemeingültig und können auf zahlreiche Fragestellungen der Freiraumplanung angewandt werden.

# ENTWURF

Vor dem Hintergrund des drohenden Klimawandels und der endlichen Ressourcen haben Architekten eine hohe Verantwortung, schon beim Entwerfen von Bauwerken den vielen Facetten der Nachhaltigkeit gerecht zu werden. Die Rohstoffe und die Energie, die wir verbrauchen, um langlebige und recyclingfähige Gebäude zu bauen, dürfen die Lebensqualität kommender Generationen weder gefährden noch einschränken.

Vor dem Beginn aller nachfolgenden Prozesse eröffnet der Entwurf die Chance, die Nutzung und Funktion eines Gebäudes den sich ändernden Bedingungen in der Zukunft anpassen zu können. Im Entwurf eröffnen sich große Spielräume, um künftigen Generationen den Freiraum zu schaffen, »ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen« (4). Monofunktional entworfene Architektur hingegen erreicht kaum längere Nutzungsphasen als 30 Jahre, wie zahlreiche gebaute Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit zeigen.

## **Der Wettbewerb fordert die Kreativität**

Nicht nur innerhalb der Architektenschaft besteht Konsens darüber, dass die Durchführung von Wettbewerben unter Beurteilung einer fachkundigen Jury ein sachgerechtes Mittel ist, um eine optimale architektonisch-gestalterische Lösung für eine baulich-konstruktive Aufgabe zu erarbeiten. Wettbewerbe

berücksichtigen in besonderem Maße die Einbindung in die städtebaulichen Gegebenheiten und sichern darüber hinaus die baukulturelle Qualität (5).

Deshalb wird bei Nachhaltigkeits-Zertifizierungen dem Mittel des Architektenwettbewerbs ein hoher Stellenwert beigemessen. Damit es gelingt, das nachhaltige Bauen angemessen in die Beurteilungskriterien einfließen zu lassen, sind entsprechend qualifizierte Preisrichter, Vorprüfer und Sachverständige vonnöten. Ein gutes Wettbewerbsergebnis ist ein guter Ausgangspunkt für eine effiziente weitere Umsetzung und Optimierung des Entwurfs.

Kaum ein Auslober nimmt jedoch Nutzungsszenarien für den Zeitraum der nächsten 50 Jahre bereits in die Ausschreibung mit auf. Er sucht zunächst für seinen konkreten Bedarf an seinem Ort die aktuell gestalterisch, technisch und wirtschaftlich optimierte Lösung. Vielfältige Rahmenbedingungen sind exakt formuliert: städtebauliche Gegebenheiten, Anzahl und Größe von Arbeitsplätzen oder Wohnungen, Traufhöhen, Brandschutz etc. Zudem sind Energie- und Materialeffizienz, Kostenoptimierung im Betrieb oder ein gutes Image gefordert. Die Herausforderung für Architekten liegt also darin, die Ziele des Auslobers mit den Zielen nachhaltiger Architektur in Einklang zu bringen und in ihren Entwürfen zu vereinen.

### **Funktionalität und Wertstabilität sind Schlüsselkriterien eines nachhaltigen Entwurfes**

So vielfältig wie die Bauaufgaben sind, gibt es keinen idealtypischen »nachhaltigen Entwurf«. Auch denkbare Leitsätze wie »Form follows energy/sustainability« helfen nicht weiter. Zwar lassen sich positive Eigenschaften durchaus per Checkliste abfragen, doch bewertet wird nicht primär die gestalterische Qualität. Vielmehr wird versucht, möglichst sachlich die zukünftigen Möglichkeiten baulicher Strukturen zu erfassen. Im Sinne der Zertifizierungssysteme sind Funktionalität und Wertstabilität die ausschlaggebenden Kriterien. Funktionalität untergliedert sich in verschiedene Bereiche wie gebäudebezogene Außenraumqualitäten, Qualitätsmerkmale von Wohnungen, Sichtbezüge nach außen und vieles mehr. Diese entwurfsbezogenen Eigenschaften sind bei den Zertifizierungssystemen der Säule der soziokulturellen Qualität zuzuordnen.

Die Wertstabilität hingegen gehört zur Säule der ökonomischen Qualität. Zwischen Ökonomie und Soziokultur gibt es die verbindenden Elemente der Flächeneffizienz und der räumlichen Struktur. Im Folgenden werden diese Aspekte näher betrachtet.

### **Der Entwurf bestimmt die Anpassungsfähigkeit**

In nahezu allen Wirtschaftszweigen misst sich die Zukunftsfähigkeit von Produkten und Dienstleistungen daran, wie gut

sie sich an unterschiedliche Anforderungen anpassen lassen. Flexibilität kommt auch in Gebäuden eine Schlüsselrolle für die Nachhaltigkeitsbewertung zu, ganz gleich, ob es sich um Krankenhäuser, Schulen, Bürogebäude oder Wohnhäuser handelt. Auch der Werterhalt eines Gebäudes hängt entscheidend davon ab, wie gut es sich in der Praxis an unterschiedliche Nutzungen und Funktionen anpassen lässt. Der Grad der Anpassungsfähigkeit bestimmt sich maßgeblich aus dem Entwurf, weniger aus Überlegungen zur Konstruktion und Materialwahl.

Doch wie weit soll oder kann dieser Anspruch im Entwurf gehen? Demografische Entwicklungen und unbekanntere Anforderungen an bestimmte Nutzungen sind nicht vorhersehbar. Reicht es aus, wenn eine Aufteilung in mehrere Nutzungseinheiten möglich ist? Das Gebot der Ressourcenschonung sollte Änderungen und Erweiterungen ermöglichen, wo diese im Voraus planbar sind. Auf der folgenden Seite zeigt Abb. 3 verschiedene Parameter, die die Anpassbarkeit im Gebäudebetrieb beeinflussen können.

Die Faktoren, von der Vorhaltung von Nutzlastreserven bis hin zur Möglichkeit neuer Anschlüsse für die Gebäudetechnik, stehen in direktem Bezug zueinander. Architekten sollten daher mit den folgenden vier Stufen der Flexibilität vertraut sein, um sie auf die eigenen Planungsprämissen zu übertragen und sie anhand dieser zu überprüfen.

Nutzlastreserven	Beschaffenheit der Konstruktion	Größe von Nutzungseinheiten	Grundrisseaufteilung
	Massiv oder Skelett	Anzahl von Kernen pro Fläche	Möglichkeit von Sanitäreinheiten
	Stützen und Tragwände	Die vertikale Erschließung mit der Möglichkeit der Erschließung anderer Nutzungen	Möglichkeit neuer Anschlüsse
	Innenwände und Trennwände		

Abb. 3 | Parameter der Anpassbarkeit – effektive und flexible Flächen sichern Langlebigkeit und gehen effizient mit Ressourcen um.

### Die vier Stufen der Flexibilität

In der Entwurfsphase die verschiedenen Aspekte der Flexibilität zu berücksichtigen, ist eine große Herausforderung und verändert das Verständnis klassischer Planungsmodelle. Mehrere Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit diesem Thema (6, 7) und suchen nach einer Methodik, anhand derer sich der optimale Flexibilitätsgrad ermitteln lässt und wie sich die Hauptdeterminanten messbar erfassen lassen. Ideal wäre ein Benchmarking, um die Vielseitigkeit für unterschiedliche Gebäudetypologien einzustufen und beurteilen zu können. Dazu müsste man vier Stufen unterteilen:

**Planungsflexibilität** | Von vornherein wird die Struktur eines Gebäudes in der Planungsphase darauf ausgelegt, spätere Umgestaltungen zu ermöglichen. Einflussgrößen sind insbesondere die Organisation der Erschließung, des Tragwerks, die Raumordnung aus der Geometrie von Flächen, Höhen und Gebäudetiefen sowie Parametern aus der Gebäudetechnik inklusive Schächte, Reserven und Anschlüsse.

**Erweiterungsflexibilität** | Untersucht wird, inwieweit bauliche Erweiterungen möglich sind und an welchen Stellen diese platziert werden könnten. Insbesondere ist zu klären, ob für eine denkbare Erweiterung die bestehende Infrastruktur nutzbar ist

Abb. 4 | Perspektivische Darstellung der geplanten Neubauten im Pelikanviertel



oder nicht. Zur Bewertung der Erweiterungsfähigkeit können mehrere Entwurfsvarianten verglichen werden.

**Interne Flexibilität** | Interne Flexibilität bezeichnet die Systeme gegebener Strukturen. Handelt es sich um geordnete oder ungeordnete Gebäudesysteme? Wie sind Gebäudeelemente miteinander verbunden? Bauwerke mit klar geordneter Struktur bezüglich Tragelementen, Installationsschächten, Fassadenelementen und Erschließungsachsen sind relativ leicht zu verändern. Nicht oder nur schwach miteinander verbundene Gebäudeelemente lassen sich mit geringem Kosten- und Zeitaufwand austauschen. Die interne Flexibilität beeinflusst auch, wie gut sich ein Gebäude oder einzelne Bauteile rückbauen und demontieren lassen (siehe Kapitel Konstruktion).

**Nutzungsflexibilität** | Nutzungsflexibilität meint, ob und wie ein Gebäude unterschiedlich genutzt werden kann. Wie aufwändig ist die Rückführung zur ursprünglichen Nutzung? Die schnelle, kostengünstige, temporäre oder permanente Umnutzung eines Raumes, einer Abteilung oder gar eines ganzen Gebäudes hängt vor allem von bestehenden Bedingungen der Geometrie, der Zugangsmöglichkeiten und der Gebäudetechnik ab. Faktoren, die eng mit der Gebäudekonstruktion zusammenhängen – so ist ein Skelettbau üblicherweise besser umnutzbar als ein Massivbau.

Jede der vier genannten Flexibilitätsstufen verursacht ungeachtet der Bautypologie ein gewisses Maß an Aufwand, Zeit und

Kosten. Deshalb sind die Vor- und Nachteile sorgfältig abzuwägen. Je früher solche Überlegungen in die Planungsphase einfließen, umso einfacher und wirtschaftlicher lässt sich eine größtmögliche Vielseitigkeit erzielen.

### **Flächenpotenziale beim Entwurf berücksichtigen**

Eine zukunftsfähige Bauweise beginnt mit der effektiven Nutzung von Flächen. Das heißt, bestehende Flächen möglichst optimal zu nutzen und nur neue Flächen zu schaffen, wenn sie gebraucht werden. Ein solches Vorgehen senkt Bau- und Betriebskosten und schont die Umwelt, weil weniger Räume geheizt, gekühlt und belüftet werden müssen.

Beim Flächeneffizienzkennwert wird die Nutzfläche durch die Bruttogrundfläche des Gebäudes geteilt. Sehr gute bis gute Flächeneffizienzwerte liegen im Bereich von Faktor 0,8 bis Faktor 0,7. Liegen die Werte darunter, kann dies ein Hinweis sein, dass eine Planung noch über Optimierungspotenzial verfügt.

Die bewährte Tiefe von Gebäuden bewegt sich zwischen 11,5 und 13,5 m. Im Bürobau geht man im Schnitt von einem Meter mehr Gebäudetiefe aus. Die Erfahrung zeigt, dass sich Gebäude üblicherweise als zukunftsfähig erweisen, wenn Architekten die Grundsätze ökonomischen Entwerfens befolgen. Jedoch birgt die Fokussierung auf maximale Ökonomie beim Entwurf die Gefahr einer uniformen Architektur.

Wie sind vor diesem Hintergrund Entwürfe von Atelier 5 oder Le Corbusier zu bewerten, deren Grundrisse mit 15 oder 16 m Gebäudetiefe und einer minimalen Breite bis hinunter zu 3,9 m extreme Zuschnitte aufweisen? Sind diese nicht nachhaltig? Im Sinne einer rationalen Bewertung von Umnutzungsfähigkeit und Flexibilität in der Tat nicht. Gleichwohl haben diese Grundrisse neue Wohnkonzepte evoziert und spannende Architekturen hervorgebracht. Solche Lösungen erhielten im Zuge einer Punktebewertung nach DGNB oder LEED sicher niemals »Gold-Status«. Aber mathematisch betrachtet sind derartige Grundrisse sehr flächeneffizient.

### Raumhöhen sinnvoll entwerfen

Die Höhe einer baulichen Struktur bestimmt ebenfalls die Vielseitigkeit eines Gebäudes. Zu niedrige Raumhöhen können die Nutzungsperspektiven einschränken. Wobei hier Unterschiede zu beachten sind: im Erd- und ersten Obergeschoss kommt der Raumhöhe mehr Bedeutung zu als in den Regelgeschossen. Um größtmögliche Flexibilität zu erreichen, empfehlen sich Geschosshöhen von mehr als drei Metern – diese Renaissance zu mehr Raumhöhe vermag auch die Wohnqualität zu bereichern. Nicht zufällig erinnern diese Tendenzen an die Gründerzeitbauten des vergangenen Jahrhunderts, die heutzutage wegen ihrer flexiblen Nutzungsmöglichkeiten gelobt werden. Die möglichst vielseitige Verwendbarkeit der Gebäude steht jedoch im Wider-

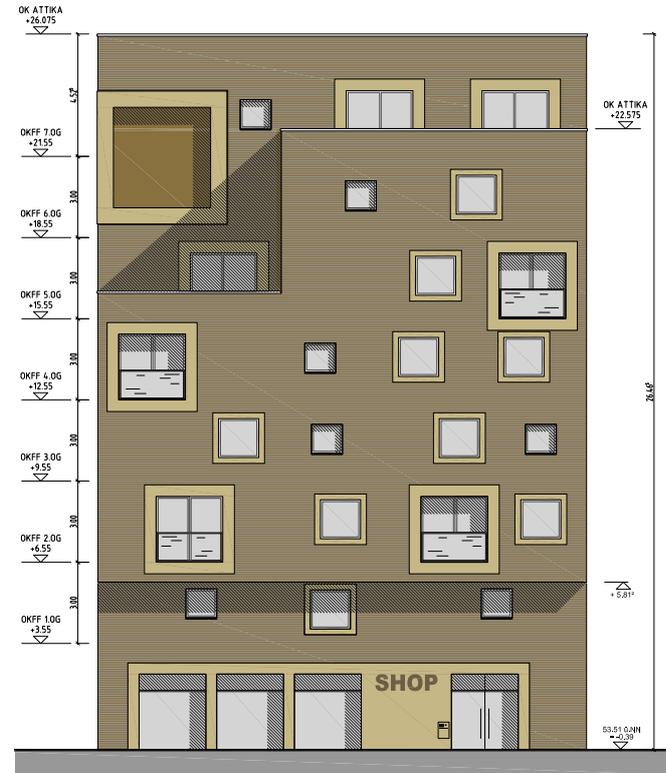


Abb. 5 | Geschosshöhen stehen in einem direkten Zusammenhang mit der zukünftigen Flexibilität und der Tageslichtversorgung. Straßenansicht des Wohnungsbaus in Hannover

spruch zur Fixierung auf Kosten hinsichtlich umbauten Raums und maximaler Flächen.

### **Hohlräume für die Haustechnik einplanen**

Grundrisse sind dann beliebig beispielbar, wenn auch die Verteilungen und Anschlüsse der Haustechnik ohne großen baulichen Aufwand an eine veränderte Raumsituation oder Umgestaltung angepasst werden können. Dafür werden räumliche Reserven für gebäudetechnische Ausstattungen, Technikzentralen und Leitungsführungen benötigt. Ohne diese Hohlräume kann eine bauliche Struktur zukünftigen Anforderungen nur bedingt gerecht werden, da der bauliche Aufwand zur Nachrüstung erheblich ist. Nutzlastreserven sollten daher von Beginn an in das statische Konzept eingeplant werden.

### **Nutzungsgerechte Komfortzonen gehören auch zur Nachhaltigkeit**

Jeder Entwurf ist eine gestalterisch funktionale Antwort auf eine Vielzahl von Anforderungen. Es geht hierbei nicht allein darum, dass ein Büro- oder Verwaltungsgebäude, eine Schule, ein Wohnhaus oder ein Hotel optimal funktioniert und genutzt werden kann. Ein nachhaltiger Entwurf berücksichtigt besonders auch die Wünsche und Anforderungen der Nutzer an Komfort und Behaglichkeit. Solche wahrnehmungsphysiologischen Funktionen lassen sich simulieren, planen, organisieren. Darüber hinaus

existieren zahlreiche Checklisten und Benchmarks für vielfältige soziokulturelle Qualitäten, die professionelle Bauherren gern nutzen. Für jeden Komfortbereich gibt es besondere Qualitätsmerkmale. Seien es Verweilmöglichkeiten für die Mitarbeiter in der Erschließungszone eines Logistik-Lagergebäudes oder Wickelräume im Sanitärbereich eines Supermarktes, die in das Entwurfskonzept zu integrieren sind. Nachdem in der Vergangenheit solche Komfortaspekte häufig entfielen, haben Bauherren neuerdings für solche Anregungen wieder Verständnis.

---

**Funktionale Qualitäten** | Folgende Steckbriefe des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen können als Checklisten im Bereich des Entwurfs funktionaler Qualitäten verwendet werden:

3.1.7 Aufenthaltsmerkmale im Außenraum

3.1.8 Sicherheit und Störfallrisiken

3.2.4 Zugänglichkeit

3.2.5 Fahrradkomfort

Zu finden sind diese unter [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)

---



Abb. 6 | Perspektivische Darstellung der Neubauten im Pelikanviertel in Hannover mit gebäudebezogenen Außenräumen im Innenhof der Anlage

### **Projektbeispiel: Wohnungsbau mit mehreren Nutzungsperspektiven**

Der Wohnungsbau gehört zu den alltäglichen Bauaufgaben. Das Beispielgebäude ist Bestandteil einer Gesamtplanung für ein neues Wohnviertel, das auf einem ehemaligen Firmengelände in Hannover entsteht. Für die Baufläche wurde ein zweistufiger

Realisierungswettbewerb mit städtebaulichem Ideenteil durchgeführt, an dem das Büro Architekten BKSP aus Hannover erfolgreich teilgenommen hat.

Welche Rückkopplungen die Anforderungen der Nachhaltigkeit auf den Gebäudeentwurf hatten, erläutert im folgenden Interview Architekt Thomas Obermann.

## INTERVIEW

mit Thomas Obermann, Architekt und Gesellschafter,  
Architekten BKSP, Wohn- und Geschäftshaus in Hannover

*Die Menschheit kann nur überleben, wenn wir das Gesetz der Nachhaltigkeit achten und nachfolgenden Generationen die Lebensgrundlagen sichern. In welcher Verantwortung sehen Sie sich diesbezüglich als Architekt und Projektentwickler?*

Heutige Gebäude sind auf eine Nutzungsdauer von etwa 100 Jahren ausgelegt. Rückblickend betrachtet haben zahlreiche Altbauten die ihnen zugedachte Zeitspanne der Nutzung zum Teil erheblich übertroffen und sind nach wie vor beliebt und gern genutzte Immobilien. Insofern bedeutet für uns Architekten das Thema Dauerhaftigkeit als ein wesentliches Kriterium von Nachhaltigkeit nichts wirklich Neues. Immer wieder neu herzustellen ist allerdings die Balance zwischen wirtschaftlichem Bauen und wirtschaftlichem Gebäudebetrieb, insbesondere vor dem Hintergrund der Ressourcenschonung. Neben dem Architekten sind hier Bauherr und Nutzer in der Pflicht. Nicht selten ist zu beobachten, dass Nachhaltigkeit auf Energieeffizienz reduziert wird. Zu wenig Bedeutung wird demgegenüber der Raum- und Gestaltqualität in Städtebau und Architektur beigegeben – dabei sind sie unentbehrlich für eine hohe Akzeptanz und Nutzungsdauer.



*»Nachhaltigkeit wird oft auf Energieeffizienz reduziert.«*

*Welche Auswirkungen hat das Gebot zur Nachhaltigkeit auf die Architektur und den Bauprozess?*

Durch die Beschreibung des eher abstrakten Begriffs der Nachhaltigkeit mit definierten Qualitätsstandards werden der Bauprozess und die Qualität des fertiggestellten Werkes unter den angelegten Kriterien transparent gemacht. Nachhaltigkeit wird somit zu einer messbaren Größe.

### *Woran erkennt man einen nachhaltigen Gebäudeentwurf?*

Bezogen auf unser Wohnprojekt, möchten wir den Fokus weg vom Einzelgebäude und hin zum Städtebau richten: Die grundsätzliche Strategie, eine Industriebrache in zentraler Lage mit einer urban gemischten Nutzung, also Wohnen, Büro, Handel, Gastronomie, Kita und so weiter, und in hoher baulicher Dichte zu entwickeln, ist aus unserer Sicht der wesentliche Schritt für ein nachhaltig angelegtes Gesamtkonzept. Dass unser im Wettbewerb prämiertes städtebaulicher Entwurf auf die in den 90er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts gelegten baulichen Grundlagen des Pelikanviertels aufbauen und diese weiterentwickeln konnte, ist Beleg für nachhaltige Qualität in Städtebau und Architektur.

### *Inwiefern beeinflusst aus Sicht eines Architekten ein nachhaltiger Entwurf das Wohnen?*

In unserem Projekt ist für die Qualität des Wohnens zunächst wieder der Städtebau von zentraler Bedeutung. Durch die ausgewogene Mischung der Nutzungen sowie die Verflechtung mit den benachbarten Quartieren sind für die Bewohner die Wege kurz, die Angebote vielfältig und die Freiraumqualitäten groß. Der Qualität von öffentlichen und privaten Freiräumen kommt eine hohe Bedeutung für die lang andauernde Akzeptanz eines Quartiers zu.

*Je flexibler ein Gebäude genutzt werden kann, umso weniger besteht die Notwendigkeit, Ressourcen für einen Neubau oder Umbau zu verschwenden. Kann man Ihre Wohnanlage zu einem späteren Zeitpunkt auch anders nutzen, beziehungsweise lassen sich Büros, Gewerbe oder ein Hotel in die Grundrisse integrieren?*

Flexibilität ist eine Begabung, die für Nachhaltigkeit von herausragender Bedeutung ist. Wir selbst haben das neue Quartier als eine Art Transformation eines Gründerzeitblocks begriffen – unter dem Leitbild von Vielfalt in der Einheit. Dabei dienen die Gründerzeithäuser auch als anerkannte Referenz für Nutzungsflexibilität.

### *Wie wird sich das Berufsbild des Architekten vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsdiskussion verändern?*

Die Diskussion zur Nachhaltigkeit hat eine breite Öffentlichkeit sensibilisiert für Themen, die für gegenwärtige und zukünftige Generationen von überaus hoher Bedeutung sind. Bisweilen ist allerdings zu beobachten, dass die Diskussion sich nur auf Aspekte der Energieeffizienz verengt, sodass soziokulturelle, funktionale und Prozess- oder Standort-Qualitäten aus dem Blick geraten. Die ausgewogene Zusammenführung all dieser Aspekte war und ist schon immer originäre Aufgabe des Architekten.

## PROJEKTBEISPIEL

### Wohn- und Geschäftshaus B1 im Pelikanviertel in Hannover

#### **Anschrift**

Günther-Wagner-Allee 45  
30177 Hannover

#### **Standort**

Städtischer Verbund,  
zentral gelegen

#### **Baufertigstellung**

2014

#### **Baubeteiligte**

##### **Eigentümer/Bauherr**

Gundlach GmbH & Co. KG  
Bauträger, Hannover

##### **Architekt**

Architekten BKSP, Hannover

##### **Fachplaner**

##### **TGA Lph. 1–5**

HL-Technik-Engineering  
Partner GmbH, Unterföhring

##### **TGA Lph. 6–8**

IKS Ingenieure, Braunschweig

##### **Statik**

Ingenieurbüro Grage, Herford

#### **Nachhaltigkeits-Zertifizierung**

DGNB – Vorzertifikat in Gold

#### **Grunddaten**

##### **Bruttogrundfläche**

2.962 m<sup>2</sup>  
(ober- und unterirdisch)

##### **Bruttorauminhalt**

9.628 m<sup>3</sup>  
(ober- und unterirdisch)

##### **Nutzfläche (nach EnEV)**

2.659 m<sup>2</sup>  
Wohn- und Gewerbefläche  
2.038 m<sup>2</sup>

##### **A/V-Verhältnis**

0,36 m<sup>-1</sup>

#### **Bauwerkskosten nach DIN 276**

##### **Baukonstruktion**

rd. 1.550 Euro brutto/m<sup>2</sup>  
Wohn- und Gewerbefläche

##### **Technische Anlagen**

rd. 580 Euro brutto/m<sup>2</sup>  
Wohn- und Gewerbefläche



Das Haus B1 ist ein Wohn- und Geschäftshaus mit 17 Wohneinheiten und einer Gewerbeeinheit. Als ein Baustein der neuen Bebauung im Pelikanviertel Hannover wird es explizit als »Green Building« realisiert und durchläuft die baubegleitende Prüfung einer DGNB-Zertifizierung. Als bundesweit erstes Wohnbauprojekt erhielt B1 das Vorzertifikat in Gold am 4. Oktober 2010 auf der EXPO REAL in München.

### **Besonderheiten des Projekts und Schwerpunkte**

- \_ Individuelle Wohnungen für alle Lebensphasen
- \_ Erhöhter energetischer Standard
- \_ Nachhaltigkeit in Funktion, Flexibilität, Gestalt und Materialität
- \_ Einsatz von schadstofffreien, ressourcensparenden und emissionsarmen Baumaterialien
- \_ Quartiersbildung
- \_ Erhöhte gestalterische Ansprüche auch an die Außen-, Gemeinschafts- und Freiraumbereiche
- \_ Überprüfung und Hinterfragen von ökologischen und ökonomischen Themen
- \_ Kundenbefragungen und Untersuchungen der Kundenwünsche im Vorfeld

### **Kurzbeschreibung des Gebäudekonzepts**

Die Neubebauung im Pelikanviertel gründet auf ein städtebauliches Konzept, in dem sich acht individuelle Häuser zu einem gemeinsamen Wohnquartier zusammenfügen. Innerhalb dieses Quartiers bildet B1 einen von vier Bausteinen entlang der Günther-Wagner-Allee. Vielfalt in der Einheit prägen Grund- und Aufriss des Hauses. Im Innern verfeinern vier verschiedene Wohnstile die konzeptionell angelegte Individualität. Durch die freie Überlagerung von Orientierung, Zuschnitt und Ausstattung entsteht eine maximale Band-

breite individueller Wohnungen. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Nachhaltigkeit in Funktion, Flexibilität, Gestalt und Material. Neben einem breit angelegten Wohnungsmix für alle Lebensphasen, schaffen wenige konstruktive Fixpunkte eine große Flexibilität gegenüber Anforderungen infolge zukünftiger Entwicklungen. Weiterhin zeichnet sich B1 aus durch den Einsatz von schadstofffreien, ressourcensparenden und emissionsarmen Baumaterialien.

### **Kurzbeschreibung des Energiekonzepts**

Das Energiekonzept basiert auf einer hoch gedämmten Gebäudehülle und einer effizienten Gebäudetechnik mit folgenden Schwerpunkten:

- \_ Grundversorgung durch effizientes Fernwärmecontracting
- \_ Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung
- \_ Hybridkollektoren mit thermischem und elektrischem Ertrag

# KONSTRUKTION

Architekten beeinflussen bereits vor Baubeginn mit der Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Baukonstruktion, inwieweit sich ein regenerativer Materialkreislauf umsetzen lässt. Welche Konstruktion wir am Ende favorisieren, leitet sich ab von entwerferisch-strukturellen Aspekten, von der Materialwahl für Tragsysteme und Bauteilschichten (siehe Kapitel Material) und den aus den Eigenschaften resultierenden konstruktiven Erfordernissen.

## **Konstruktive Aspekte der Nachhaltigkeit**

Für die Konzeption zukunftsfähiger Konstruktionen sollte ein Architekt folgende drei Aspekte überprüfen:

**Systemvergleich** | Montagevarianten und Schichtaufbauten für Bauteile wie Stützen, Wände, Dächer, Decken und Bodenplatten sollten verglichen werden. Dabei gilt es, das Verhältnis von Nutzen und Aufwand zu optimieren und beispielsweise bei gleichem U-Wert (Nutzen) die »Graue Energie« als Herstellungenergie (Aufwand) zu berücksichtigen. Das Verfahren, mit dem sich dieser Zusammenhang abbilden lässt, heißt Ökobilanzierung (vgl. Kapitel Material).

**Recyclebarkeit** | Betrachtet werden sollte die Fügung der Bauteile (reversibel oder im Verbund). Dies betrifft Verbindungsmittel, Fragen nach der Trennbarkeit und Gewinnung sorten-

reiner Materialien für eine Wiederverwertung. Das Ergebnis beschreibt bei Zertifizierungssystemen die sogenannte technische Qualität einer gegebenen Konstruktion.

**Umnutzungsfähigkeit** | Die Bauteile sollten in der Nutzungsphase bewertet werden, insbesondere die Veränderbarkeit von nichttragenden Bauteilen. Hier sind zwei Bereiche zu unterscheiden: Erstens wirkt sich die mögliche Veränderbarkeit der räumlichen Struktur in Bezug auf die Funktion auf die soziokulturelle Qualität eines Gebäudes aus (zum Beispiel verschiedene Stellmöglichkeiten für Trennwände). Zweitens gibt die Umnutzungsfähigkeit in Bezug auf die Typologie Hinweise auf die ökonomische Qualität eines Gebäudes (zum Beispiel die Flexibilität von Schächten und haustechnischen Anschlüssen für andere Verwendungszwecke).

Die drei Aspekte Systemvergleich, Recyclebarkeit und konstruktiv bedingte Umnutzungsfähigkeit zeigen, dass im Bereich der Konstruktion alle Säulen der Nachhaltigkeit (siehe Abb.2 auf Seite 11) enthalten und über technische Eigenschaften miteinander verbunden sind.

## Einfluss der Tragsysteme auf den Materialverbrauch und die Herstellungsenergie

Mit dem konstruktiven Konzept ist zugleich die Entscheidung gefallen, wie viel Herstellungsenergie aufgewendet werden muss. Die Höhe dieses Energiebedarfs kann je nach Tragwerk stark variieren.

Die Daten des folgenden Beispiels belegen, wie unterschiedlich sich verschiedene Konstruktionen auswirken können (8): Bei dem Tragskelett für eine Industriehalle mit einer Spannweite von etwa 20 Metern wurde exemplarisch errechnet, welches Material (Holz, Stahl, Beton) oder welches Tragsystem (Spannweite, Aussteifung) die geringste Herstellungsenergie benötigt.

Je nach Tragsystem (Abb. 7) fällt der Stahlverbrauch dieses Beispiels unterschiedlich aus:

- \_ gelenkige Konstruktion: 15 t
- \_ Rahmenkonstruktion: 20 t
- \_ stützenfreie Konstruktion: 25 t

Die Wahl der Konstruktion wirkt sich auch auf den Schadstoffausstoß bei der Herstellung der Träger aus. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz ergibt sich aus dem Stahlgewicht der jeweiligen Konstruktion multipliziert mit dem Herstellungsaufwand für Stahl auf Basis der Angaben in ökobau.dat:

- \_ gelenkige Konstruktion: 64 t
- \_ Rahmenkonstruktion: 86 t
- \_ stützenfreie Konstruktion: 108 t

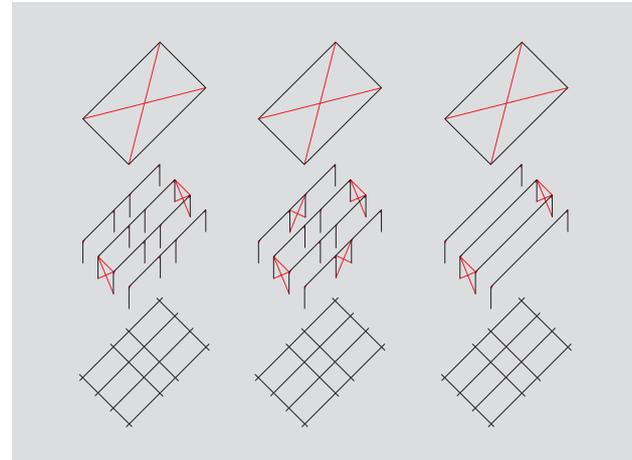


Abb. 7 | Der Vergleich von Konstruktionsvarianten für ein Stahl-Skelett zeigt, wie die Herstellungsenergie durch konstruktive Entscheidungen beeinflusst werden kann.

## Gebäude sind Rohstofflager

Der Bausektor zählt zu den größten Verursachern von Stoffströmen in Deutschland. 60 Prozent des Abfallaufkommens resultiert allein aus der Bautätigkeit (Abb. 8). Daher empfiehlt es sich, bei der Planung eines Bauwerks dessen Rückbaubarkeit sowie die Möglichkeiten zur Materialtrennung und Wiederverwertung nicht aus den Augen zu verlieren.

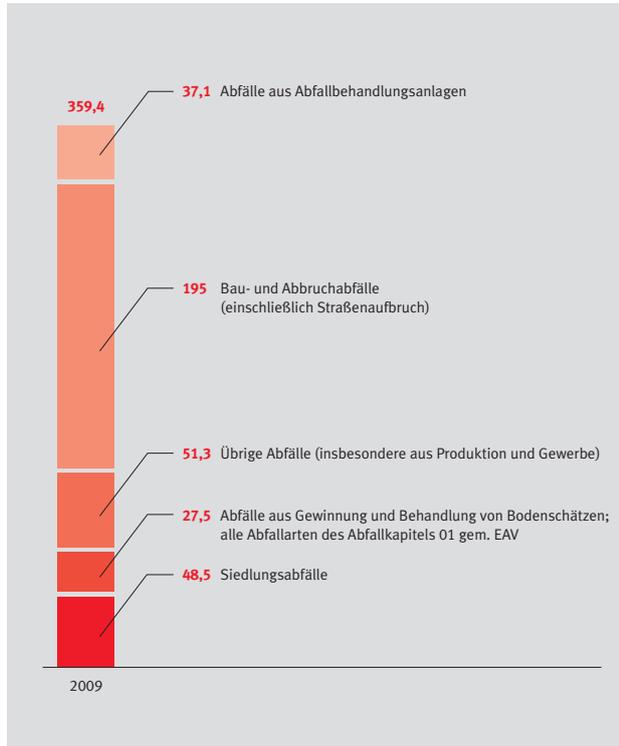


Abb. 8 | 60 Prozent des Abfallaufkommens resultieren allein aus der Bautätigkeit – vieles davon wird nicht wiederverwertet, sondern landet als nicht nutzbarer Müll auf der Deponie.

Architekten sollten berücksichtigen, welche erheblichen Ressourcen beim Bau eines Hauses gebunden werden, die in der Vergangenheit beim Abriss überwiegend auf der Deponie gelandet sind. Ein Vorgang, der vor 300 Jahren undenkbar war. Damals hatten die Menschen ein anderes Verhältnis zum materiellen Wert der Balken, Mauersteine und Dachziegel, die sie verbauten. Die damalige Bauweise erlaubte es, die wertvollsten, noch brauchbaren Teile der Baukonstruktion herauszulösen und wiederzuverwerten. Mit der Industrialisierung und dem wachsenden Wohlstand sowie der Verteuerung von Arbeitskraft gegenüber Material und Energie ging diese im Prinzip sehr nachhaltige Vorgehensweise beim Hausbau verloren.

Unbestritten kommt ein modernes Passivhaus mit einem weitaus geringeren Energiebedarf aus als ein 300 Jahre altes Fachwerkhaus. Vergleicht man jedoch die »Graue Energie«, die in Konstruktion, Fassade und allen anderen Bauteilen steckt und für deren Herstellung, Transport und Entsorgung nötig ist, schneidet das Fachwerkhaus deutlich besser und somit nachhaltiger ab. Wer weiß heute schon genau, wie viel Energie es bedarf, um einen modernen Dämmziegel herzustellen, einen Stahlträger zu gießen oder den Zement für den Betonmischer beizusteuern? Die Bauindustrie stellt eine riesige Palette an Bauprodukten und immer neue Innovationen zur Verfügung, die wir in unseren Gebäuden einsetzen. Fertigbeton, Klebmassen und Verbundbaustoffe empfanden wir als großen Fortschritt,



Abb.9 | Das Stuttgarter Bürogebäude mit Sichtbeton-Fassade und Faltdach aus großformatigen Betonfertigteilen.

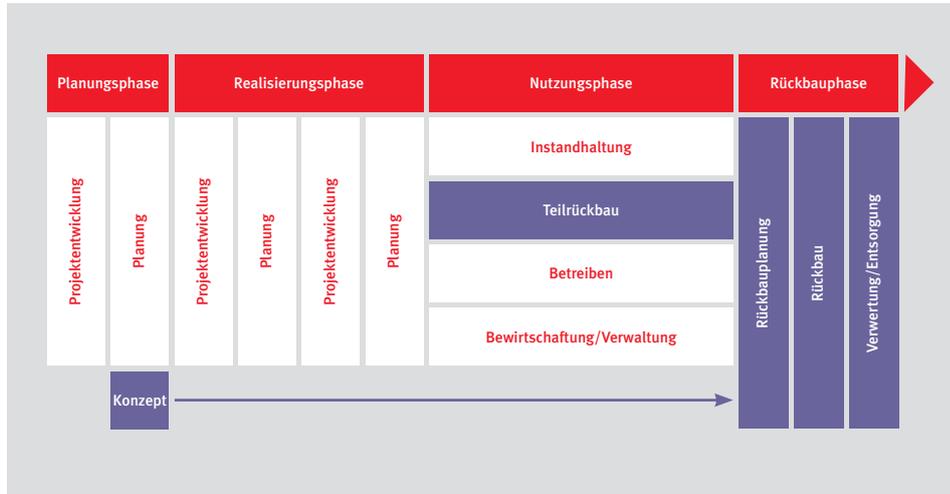


Abb. 10 | Die Rückbauphase ist bereits in der Entwurfsphase zu konzipieren und teilt sich in die Einzelschritte Rückbauplanung, Rückbau und Verwertung/Entsorgung

weil das zeitraubende Fügen der einzelnen Schichten entfallen konnte und das Bauen wieder schneller und günstiger wurde. Wie sich Baustoffe und Bauteile bei einem Abriss voneinander lösen, fraktionieren und womöglich wiederverwerten lassen, wurde aber lange nicht thematisiert.

Damit ein Gebäude am Ende seines Lebens als wertvolles Rohstofflager für neue Bauten dienen kann, müssen konstruktive Gewohnheiten überdacht und alte Füge-techniken neu forciert

werden, um die Bauprodukte und Bauteile nach möglichst langer Nutzungsphase beim Rückbau auf einfache Weise voneinander trennen zu können. Methoden zur Prüfung von Demontagefähigkeit und Stofftrennung gewinnen somit an Bedeutung.

### Planung des Rückbaus

Der Abriss, als letzter Abschnitt der vier Lebenszyklusphasen eines Gebäudes, unterteilt sich in die Rückbauplanung, in den

eigentlichen Rückbau und in die Verwertung bzw. Entsorgung als jeweils getrennt zu vollziehende Prozesse (Abb.10).

Für viele technische Nachweise im Bauwesen werden Schichtenfolgen erstellt, sei es für bauteilorientierte Untersuchungen zur Feuerwiderstandsklasse, zum Wärmedurchgang, in der Kostenermittlung für Systemaufbauten oder für die Ökobilanz. Diese sind auch bei der Untersuchung der Rückbau- und Recyclingfähigkeit hilfreich. Entscheidend ist dabei nicht das Bauteil selbst, dessen Energieinhalt oder Herkunft, sondern dessen Verbindungen mit anderen Bauteilen. Vom ersten Bauteil der Schichtfolge ausgehend wird die Verbindung zum Folgebauteil untersucht. Die Frage dabei lautet: Wie groß ist der Aufwand, um diese Verbindung zu demontieren – gering, durchschnittlich oder (sehr) hoch?

Der Aufwand zur Demontage von Verbindungen und Bauteilen kann wie folgt beschrieben werden:

- \_ sehr geringer Aufwand: geklemmte Verbindungen, lose Auflagen oder einfache Klick- oder Schraubverbindungen
- \_ geringer Aufwand: Absaugen von geschütteten Materialien oder Demontieren von abschraubbaren Verschalungen
- \_ mittlerer Aufwand: Herauslösen von Fußböden oder Entfernen von eingegossenen Folienbahnen
- \_ hoher Aufwand: Abschlagen von gut haftenden Beschichtungen
- \_ sehr hoher Aufwand: lösen von Verbundkonstruktionen



Abb. 11 | Gartengeschoss des Bürogebäudes mit Blick ins Atrium

Liegen die demontierten Teile vor, ist zu untersuchen, inwieweit diese bereits sortenreinen Fraktionen entsprechen oder ob zur möglichst hochwertigen stofflichen Sortierung der Abfälle noch auf der Baustelle weiterer Aufwand nötig ist.

Ob man nun Schichtenfolgen detailliert erstellt oder Abfallfraktionen untersucht, um eine Zusammenstellung über das »Gesamtsystem Gebäude« zu erhalten – notwendig ist immer



Abb. 12 | Einläufige Stahltreppe als geschossverbindendes Element

ein Konsens über die Art und den Umfang der betrachteten Teile (siehe Infokasten). Unterschieden wird nach technischer Gebäudeausrüstung, Ausbauelementen, nichttragender und tragender Rohbau. Es reicht für eine verlässliche Aussage der Rückbauquote aus, wenn mindestens 80 Prozent der Baumasse untersucht und erfasst sind.

---

**Rückbau** | Mehrere Institutionen bieten spezielle Werkzeuge zur Bewertung von Rückbau und Recycling an. Bei der DGNB handelt es sich um ein Excel-Tool, das die Auditoren zur Projektbewertung nutzen. Auch der Bund stellt ein Werkzeug in Ergänzung zum Leitfaden nachhaltiges Bauen zur Verfügung, das mit dem zugrunde liegenden Bauelementekatalog beim BBSR bezogen werden kann.

---

### **Werkzeuge zur Bewertung der Rückbauqualität**

Bewertungswerkzeuge erzeugen eine Punkteauswertung, die mit festgelegten Benchmarks verglichen wird und anhand derer ein qualitatives Prädikat erfolgt. So sind unterschiedliche Lösungen zügig und systematisch miteinander vergleichbar. In Anbetracht von Kosten und Umfang vieler Bauaufgaben kann sich

diese Planungsleistung durchaus rechnen – auch wenn sie nur auf eine projizierte Zukunft hin erfolgt.

Solche Bewertungsinstrumente können allerdings den Architekten nur dabei unterstützen, die beste baukonstruktive Lösung einer gestellten Entwurfsaufgabe zu finden.

Weil sich die Ansprüche in sehr kurzen Zyklen ändern, müssen sich künftig vermehrt Teilrückbauten durch möglichst einfache Eingriffe bewähren. Aus diesem Grund hat das Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern (AGG) eine zukunftsgerichtete Planungsmethode – die Systemtrennung – eingeführt.

---

**Systemtrennung** | Definition nach AGG (9): Die Systemtrennung besteht aus zwei Teilen – der Bauteiltrennung und der Flexibilität. »Bauteiltrennung« definiert die Trennung von Bauelementen unterschiedlicher Lebens- und Nutzungsdauer. »Flexibilität« definiert die Offenheit des Gebäudes für zukünftige Nutzungsentwicklungen oder Umnutzungen.

---

Die Methode zielt darauf ab, Bauteile austauschbar zu machen und so eine große Flexibilität bei der Nutzung zu erreichen. Weil durch ein Verbinden von kurzlebigen und langlebigen Bauteilen oder Bauelementen die Lebensdauer insgesamt auf die kurz-

Systemstufe	Bestandteile	Lebensdauer respektive Nutzungsdauer
<b>Primärsystem</b> (weitestgehend unveränderbar)	Tragstruktur (horizontales und vertikales Raster), Gebäudehülle (Fassade und Dach), Haupt- und Arealerschließung, Grundstruktur der Haustechnik	50–100 Jahre (langfristige Investition)
<b>Sekundärsystem</b> (anpassbar)	Innenausbau (Wände, Böden, Decken), haustechnische und weitere Installationen (Beleuchtung, Sicherheitsinstallationen und Kommunikationsmittel)	15–50 Jahre (mittelfristige Investition)
<b>Tertiärsystem</b> (veränderbar)	Möbiliar, Apparate und Technik (inkl. ihrer Anschlüsse ab dem Sekundärsystem)	5–15 Jahre (kurzfristige Investition)

Abb. 13 | Darstellung der Systemstufen, ihrer Bestandteile und Nutzungsdauern

lebigen Teile reduziert wird (zum Beispiel Einbetonieren von Leitungen) sollen sie konsequent voneinander getrennt werden.

Die drei Systemstufen Primär-, Sekundär- und Tertiärsystem helfen dabei, die Nutzungsdauer von Bauteilen und Bauelementen übergeordnet zu betrachten (Abb. 13).

Ziel ist das einfache Austauschen und Anpassen von Bauteilen ohne dabei funktionstüchtige Teile zerstören zu müssen. Bauteile, deren Funktion sich in technischer und betrieblicher Hinsicht unterscheiden, müssen daher in der Planung und bei der Ausführung vollständig getrennt sein.

### **Verbundbaustoffe nicht immer im Nachteil**

Der bekannteste Verbundbaustoff ist der Stahlbeton. In der Bewertungstabelle der DGNB schneidet diese Primärkonstruktion in den Bereichen Demontagefähigkeit und Trennbarkeit mit je 24 erreichten von 38 möglichen Punkten ab. Demnach ist Stahlbeton mit mittlerem Aufwand zu demontieren und die Trennung ist unter vertretbarem Aufwand möglich.

Eine Reihe hybrider Verbundbaustoffe bestechen durch ihre sehr gute Tragfähigkeit und durch ihre hervorragenden bauphysikalischen Eigenschaften. Beispiele sind Verbundelemente aus Holz und Beton oder mit Beton gefüllte Walzträger. Nicht immer sind solche Bauteile nachteilig. Bei Holz-Beton-Decken könnte der Beton durch Anhydrit ersetzt werden. Mit der Kombination Holzbrettstapel und Anhydrit-Estrich lässt sich der erhebliche Energieaufwand für die Betonherstellung vermeiden. Zugleich bietet diese Variante die Chance, Luftfeuchte aus Wohn- und Büroräumen in dem Material zu speichern und verzögert wieder abzugeben. Daraus erwächst der Vorteil, dass der nachwachsende Rohstoff Holz in anderen Bilanzen sehr gut abschneiden wird.

### **Projektbeispiel: Ein Bürogebäude in Stuttgart – ein rückbaubares Architektenhaus**

Das renommierte Stuttgarter Architekturbüro Blocher Blocher Partners hat in einem Neubau alle seine Geschäftsbereiche zusammengeführt. Das Konzept sah von Beginn an einen monolithischen Baukörper vor. Besonders prägnant ist die eigenwillige Interpretation eines Satteldaches, die die Hülle aus vorgefertigten Betonteilen in einem »Faltwerk« rund um das Gebäude zieht. Auf eine innere Tragschale und Kerndämmung folgen großformatige Betonfertigteile mit bis zu acht Metern Länge und mehr als drei Metern Breite. Das Gebäude erhielt eine Zertifizierung der DGNB in Gold.

Unter anderem wirkte sich das Kriterium der Rückbaubarkeit, Recycling- und Demontagefreundlichkeit positiv auf die Zertifizierung aus, weil für alle baukonstruktiven Teile bereits während der Planung ein Rückbaukonzept erarbeitet worden war. In der Gesamtbewertung der tragenden Rohbaukonstruktion erhielt diese 76 von 100 möglichen Punkten – eine hohe Bewertung im Hinblick auf den Gold-Standard. Das Betonfertigteile der Dachkonstruktion erhielt in der Einzelbewertung zwei Drittel der erreichbaren Punkte (24 von 38 möglichen Punkten). Dieter Blocher stellt im folgenden Interview seine Sicht auf die Nachhaltigkeit vor.



Abb. 14 | Ein Solitär für die heterogene Situation am Stuttgarter Herdweg.



»Architekten sehe ich  
in besonderer Verantwortung.«

## INTERVIEW

mit Dieter Blocher, Architekt und Chairman,  
Blocher Blocher Partners, Bürogebäude in Stuttgart

*Die Menschheit kann nur überleben, wenn wir das Gesetz der Nachhaltigkeit achten und nachfolgenden Generationen die Lebensgrundlagen sichern. In welcher Verantwortung sehen Sie sich diesbezüglich als Architekt?*

Zunächst einmal kann jeder einzelne Mensch seinen Teil dazu beitragen, durch nachhaltiges Handeln die Lebensgrundlage kommender Generationen zu sichern. Architekten sehe ich aber tatsächlich in besonderer Verantwortung. Nicht nur, weil unsere Arbeit das Leben so vieler Menschen direkt als Lebens- oder Arbeitsumfeld oder indirekt im Stadtbild beeinflusst. Sondern auch, weil die Architektur so viel Potenzial hat, um Randbedingungen zu optimieren und die Zukunft positiv mitzugestalten.

*Welche Auswirkungen hat das Gebot zur Nachhaltigkeit auf die Architektur und den Bauprozess sowie auf die Rentabilität des Objektes?*

Der Nachhaltigkeitsgedanke beflügelt regelrecht die Architektur. Durch ihn wurde der Planungsprozess detailreicher, die Auseinandersetzung mit Mensch und Raum noch intensiver. Das führt natürlich zu besserer Qualität – auf allen Ebenen.

Denn die noch immer andauernde Nachhaltigkeitsdebatte hat die Architektur nicht nur ökologisch und sozial bereichert, sondern auch ästhetisch.

Dazu ein Beispiel: Zu den veränderten Planungsprozessen gehört die Auseinandersetzung mit dem optimalen Energiehaushalt. Etwa die Minimierung äußerer und innerer Energielasten. Daraus resultierende Entscheidungen haben gestalterische Folgen: Auf viel Sonne und damit einen erhöhten Energieeintrag muss ich reagieren, beispielsweise mit wirksamen Verschattungen. Das äußere Bild der Architektur ändert sich. Damit kann man spielen, um neue Formsprachen zu entwickeln.

Aber nicht alle nachhaltigen Planungsentscheidungen sind so augenscheinlich. Denn auch der Einbezug natürlicher Ressourcen, etwa Sonnenenergie oder Grauwasser, gehört zum Entwicklungsprozess. Genauso wichtig ist es, auf möglichst geringe Emissionen zu achten. Und das schon in der Bauphase, wo es Lärm und Schmutz weitestgehend zu vermeiden gilt. Davon profitieren natürlich auch die Anwohner und die Arbeiter. Sich mit Nachhaltigkeit auseinanderzusetzen, heißt also nicht nur die Zukunft zu planen, sondern auch im Hier und Jetzt einen positiven Einfluss auszuüben.

*Wie definiert sich nach Ihrer Meinung eine »nachhaltige Baukonstruktion«?*

Eine nachhaltige Baukonstruktion muss vorausschauend sein, etwa durch die Verwendung recyclebarer Materialien oder einer großen Nutzungsflexibilität. Nicht minder wichtig ist die ästhetische Nachhaltigkeit. Hier und da sind natürlich auch mal architektonische Experimente möglich. Aber meist geht es eher um eine langfristige Formsprache. Dazu muss nicht nur das Gebäude in sich stimmig sein, sondern es muss sich auch in die Umgebung einpassen. Wir haben deswegen bei unserem Gebäude eine minimalistische und dennoch ausdrucksstarke Formsprache gewählt, die sich in den umliegenden Bestand harmonisch einfügt. Man braucht Fingerspitzengefühl, um den richtigen Mittelweg zwischen Expressivität und Zeitlosigkeit zu finden.

*Welchen Einfluss haben die Forderungen nach Rückbau und Wiederverwertung auf die Konstruktion nachhaltiger Gebäude?*

Diese Forderung schlägt sich vor allem in den Materialien nieder – ohne übrigens zu baulichen Einschränkungen zu führen. Materialien müssen bewusst gewählt werden, das erfordert Recherche und Disziplin. Schwer trennbare Verbundwerkstoffe sind möglichst zu vermeiden. Ebenso wie Materialien, deren Emissionen umweltbelastend sind. Bei unserem Bürobau haben wir genau auf solche Dinge geachtet, fast alles kann zurückgebaut beziehungsweise getrennt werden. Genauso gehören

etwa eine stromsparende Beleuchtung, Regenwassernutzung und Wärmeerzeugung durch Geothermie zu unserem Maßnahmenportfolio.

*Können Sie sich vorstellen, dass aus den Baustoffen Ihres Gebäudes zu einem späteren Zeitpunkt ein neues Haus entsteht?*

Natürlich ist das denkbar, alle Voraussetzungen liegen dafür vor. Wir haben aber von Anfang an den noch nachhaltigeren Weg beschritten: Wir setzen auf Umnutzung statt auf Rückbau. Unser Gebäude zeichnet sich durch eine entsprechend hohe Nutzungsflexibilität und damit durch lange Beständigkeit aus. Das Gebäude kann in bis zu sechs Einheiten unterteilt werden, um den verschiedensten Ansprüchen – auch denen eventueller Nachfolger – zu genügen. Mit Blick auf die Zukunft war es uns wichtig, dass die Etagen später voneinander abtrennbar sind, um beispielsweise abgeschlossene Wohneinheiten implementieren zu können. Selbst eine spätere Nutzung als Klinik wäre denkbar, den Platz für einen Bettenaufzug haben wir ebenfalls bereits eingeplant.

*Wie wird sich das Berufsbild des Architekten vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsdiskussion verändern?*

Gefühl und Menschenverstand werden sich wieder stärker gegen die Technisierung behaupten. Gebäude, die durch Klimaanlage auf Eisschranktemperatur gekühlt werden müssen, haben keine



Abb. 15 | Blick in das Treppenhaus

Zukunft. Stattdessen werden vergessene Grundprinzipien wieder zurückkommen: Denken Sie an die orientalische Architektur der letzten Jahrhunderte. Bauleute wussten auch ohne großes theoretisches Wissen, worauf es ankam: nämlich die Sonne auszuschließen und möglichst für Kühlung zu sorgen. Und das mit ganz einfachen, aber effektiven baulichen Maßnahmen, etwa schattigen Innenhöfen und Kühlkaminen. Die Architektur wird in Zukunft dieses alte Wissen konsequent mit aktueller Technologie und zeitgemäßer Form verbinden.

# PROJEKTBEISPIEL

## Bürogebäude in Stuttgart

### Anschrift

Herdweg 19, 70174 Stuttgart

### Standort

Städtischer Verbund,  
zentral gelegen

### Baufertigstellung

November 2011

### Baubeteiligte

#### Eigentümer/Bauherr

Blocher Blocher Partners,  
Stuttgart

#### Architekt

Blocher Blocher Partners,  
Stuttgart

#### Fachplaner

#### Bauphysik und Akustik

GN Bauphysik,  
Stuttgart

#### E-Planung/TGA-Planung

Ingenieurbüro Scheer,  
Stuttgart

### Nachhaltigkeits-Zertifizierung

DGNB – Zertifikat in Gold

### Grunddaten

#### Bruttogrundfläche

3.550 m<sup>2</sup>

#### Bruttorauminhalt

12.500 m<sup>3</sup>

#### Nutzfläche (nach EnEV)

ca. 2.400 m<sup>2</sup>

#### A/V-Verhältnis

0,33 m<sup>-1</sup>

### Bauwerkskosten nach DIN 276

#### Baukonstruktion

keine Angaben

#### Technische Anlagen

keine Angaben



Als Solitär ausgebildet, trägt das neue Bürogebäude im Stuttgarter Herdweg 19 der städtebaulich heterogenen Situation Rechnung. Schlicht, jedoch markant. Der Neubau bringt Blocher Blocher Partners (Architektur und Innenarchitektur) mit dem auf die Entwicklung von Monobrand Concepts spezialisierten Tochterunternehmen Shops und der Kommunikationsagentur View unter ein Dach. Bislang waren sie auf drei Häuser verteilt.

### Besonderheiten des Projekts und Schwerpunkte

Besonders charakteristisch für die allseitig sichtbare Stahlbetonbauweise ist die Dachkonstruktion. Die Architekten machten sich Plastizität des Betons zunutze und schufen ein räumliches Faltdach, das die vorgeschriebene klassische Form des Satteldaches neu interpretiert. Das Gebäude wurde zudem nach allen Regeln der Nachhaltigkeit gebaut. Zu den Maßnahmen gehören u. a. die Vermeidung schädlicher Bau-

stoffe, die Berücksichtigung von Nutzungsflexibilität und Wertestabilität, die Minimierung der Lebenszykluskosten, die Schaffung eines ausgeglichenen Raumklimas, Grauwassernutzung und ein energiesparendes Beleuchtungskonzept.

### **Kurzbeschreibung des Gebäudekonzepts**

Das Bürogebäude besteht aus drei Vollgeschossen, einem Dach-, einem Unter- und einem Gartengeschoss, an das sich eine Tiefgarage anschließt. Dem robusten Charme des Sichtbetons – als zweischalige Betonfassade mit Kerndämmung ausgeführt – schmeicheln großzügige Fensterbänder. Holzelemente aus Sipo Mahagoni geben der Fassade Tiefe. Vor der Einfahrt schiebt sich ein monolithisches Bauteil mit dem Treppenhaus in den Herdweg. Auf Straßenniveau befindet sich der Mitarbeiteringang, der Haupteingang mündet über eine Freitreppe in das Erdgeschoss. Die Schlichtheit der inneren Gestaltung mit Beton- und Sichtbetonflächen sowie dem Bodenbelag aus Zement-Estrich steht im Gleichklang mit dem äußeren Auftritt. Den Gebäudegrundriss prägt ein sandgestrahlter Betonkern, der notwendige Schächte, Waschräume, Garderoben und Teeküchen enthält. Ein weiterer Kern mit lamellenförmiger Holzstruktur nimmt neben den Kopierräumen auch kleine Besprechungsräume auf. Zudem stehen insgesamt drei Konferenzräume, eine Bibliothek, Werkräume und Kommunikationszonen zur Verfügung. Die offene, den-

noch klare Raumaufteilung – über Möblierung und mit Akustikabsorbieren versehene Glasscheiben – führt zu fließenden Übergängen zwischen den einzelnen Arbeitsbereichen.

### **Kurzbeschreibung des Energiekonzepts**

Die Technik ist so wenig wie möglich sichtbar, der Ressourcenverbrauch niedrig. Dies wird etwa durch die Heizungs- und Kälteversorgung über eine Wärmepumpenanlage mit geothermischer Nutzung (35 Erdbohrungen in bis zu 40 m Tiefe) erreicht. Die natürliche Beleuchtung ergänzen in die Decke eingelassene LED-Bänder sowie abgehängte LED-Leuchten. Durch die Gebäudeautomation werden im Betrieb die Energieflüsse detailliert überwacht und so die Energieeffizienz optimiert. Die Automationseinrichtungen regeln und steuern haustechnische Anlagen. Mit den genannten Maßnahmen kann ein Jahresprimärenergieverbrauch von 112,7 kWh/m<sup>2</sup>a realisiert werden. Der Primärenergieverbrauch liegt somit ca. 30 Prozent unterhalb der von der EnEV 2009 aufgestellten Anforderungen. In diesem Verbrauch ist bereits die jahreszeitlich konstant anfallende Kühlenergie zum Betrieb der zentralen EDV-Anlage beinhaltet. Die opaken Außenbauteile der Gebäudehülle sind hierbei um 48 Prozent, die transparenten Bauteile um 55 Prozent besser ausgeführt als der nach EnEV 2009 geforderte Anforderungswert an die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten.

# MATERIAL

Gute Architektur definiert sich auch über das Material. Architekten machen es sich nicht leicht, wenn sie Baustoffe und Produkte für Gebäude auswählen. Optische und haptische Eindrücke der Materialien spielen eine große Rolle, sind jedoch nicht allein entscheidend. Neben den gestalterischen Attributen sind besonders konstruktive und technische Aspekte ausschlaggebend. Gemessen an dem hohen Anteil des Ressourcenverbrauchs kommt dem sogenannten »ökologischen Rucksack« der Baustoffe und Bauprodukte eine entscheidende Bedeutung zu. Architekten übernehmen bei der Materialwahl große Verantwortung für den nachhaltigen Umgang mit den begrenzten Ressourcen.

## Die Kriterien der Materialwahl verändern sich

»Ressourceneffizienz ist nicht mehr eine Frage des grünen Anstrichs, sondern des wirtschaftlichen Nutzens« (10).

Dieser Denkansatz aus der Industrie hat längst Einzug in das Bauwesen gehalten. Die Zeiten, in denen der Energieaufwand für die Herstellungsprozesse von Materialien und die Frage nach der Recyclingfähigkeit von Baustoffen keine Rolle bei deren Auswahl spielte, sind vorbei. Die Ökobilanzen von Baumaterialien sind heute ebenso wichtige Kriterien, wie ein möglichst geschlossener Produktkreislauf gemäß dem Prinzip »Cradle to Cradle« – eben von der Wiege bis zur Wiege (hundertprozen-

tige Wiederverwertung) und nicht mehr von der Wiege bis zur Bahre (Herstellung bis zur Deponie).

In die Auswahl der Bodenbeläge, Fassadenbekleidung oder Dämmstoffe müssen die Kosten des Produkts – auch während der Nutzungsphase – einbezogen werden. Wichtig ist neben der Dauerhaftigkeit des Materials auch die Art des Materialeinsatzes. Wie alt ist es? Erlangt es eine schöne Patina? Wie lange erfüllt es zuverlässig seine Funktion?

Stärker in den Mittelpunkt gerät zudem der Aspekt der Wiederverwertbarkeit. In der Planung muss bedacht werden, inwieweit ein Material am Ende seines Lebensweges, nach Abriss eines Gebäudes oder bei einem Austausch im Zuge von Instandhaltungsarbeiten, wiederverwertet werden kann.

### **Wichtige Entscheidungshilfe: die Ökobilanzierung**

Um Materialien umfassend beurteilen zu können, sind neben Angaben zu Optik, Haptik und technischen Qualitäten auch messbare und vergleichbare Eigenschaften zu ihrer Umweltbelastung, Dauerhaftigkeit und Wiederverwertbarkeit zurate zu ziehen. Ziel der ökologischen Rohstoffauswahl ist die Verwendung möglichst erneuerbarer Ressourcen und die Vermeidung von Emissionen. Für eine seriöse Materialbewertung müssen alle Prozessschritte der Produktionsphase erfasst und beschrieben und anhand von Kennzahlen der Produktbeschreibung beigefügt werden.

Die zeitlichen Abschnitte Produktion, Nutzung und Rückbau sind im ganzheitlichen Ansatz als sogenannte »Lebenszyklusphasen« zu erfassen. Die dazu angewandte Methodik heißt Ökobilanzierung.

**Produktionsphase** | Für die Bewertung der Produktionsphase werden direkte Entnahmen aus der Umwelt mit dem benötigten Bedarf an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen der Produktionsabläufe verknüpft. Daraus ergibt sich eine Vielzahl einzelner Umweltwirkungen resultierend aus der Herstellung.

**Nutzungsphase** | In der sich anschließenden Nutzungsphase (Gebäudebetrieb) ist zu klären, ob ein Material bereits innerhalb der Nutzungsdauer eines Gebäudes ersetzt werden muss.

**Rückbau** | Es folgt der Rückbau (»End of Life«). Am Ende des Bilanzzeitraumes wird untersucht, welches Recyclingpotenzial

ein Material besitzt und ob weitere Umweltschädigungen durch die Entsorgung entstehen.

### **Methodischer Aufbau einer Ökobilanz**

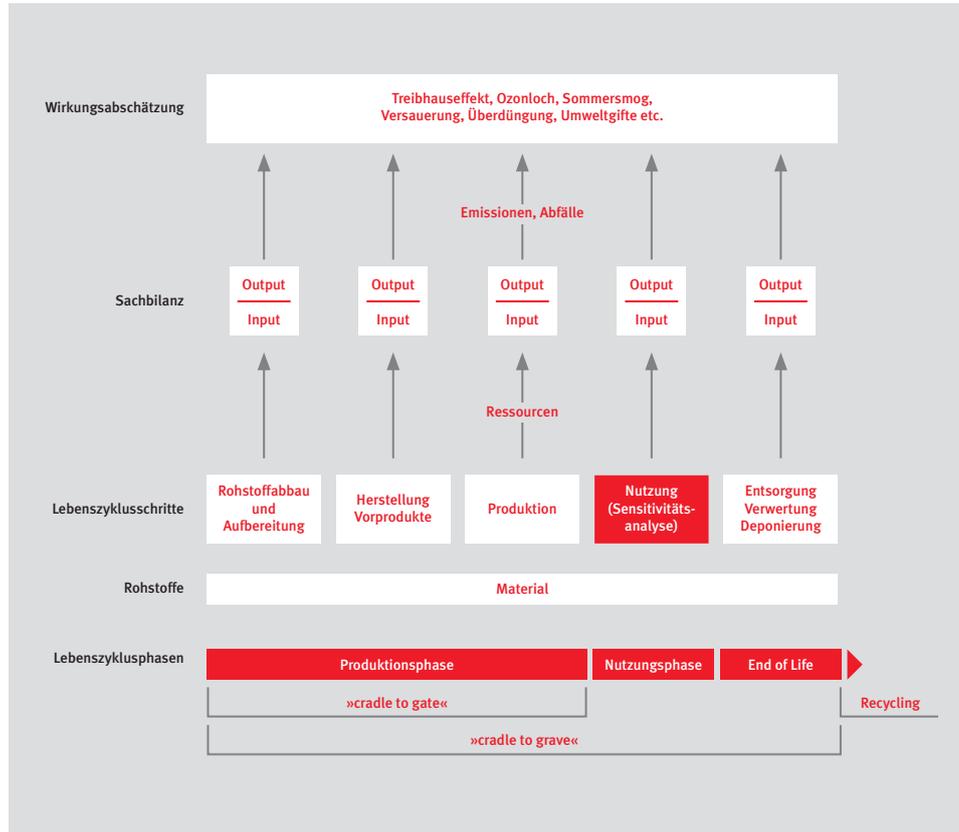
Die Ökobilanzierung umfasst eine Sachbilanz und eine Wirkungsabschätzung.

Bei der Sachbilanz handelt es sich um die Summe der benötigten Ressourcen, die als Input in die Materialherstellung eingehen. Dies können Rohstoffe wie Sand oder Lehm sein, aber auch Strom oder Brennstoffe, die für den Verarbeitungsprozess nötig sind. Unter Output werden bei der Sachbilanz anfallende Emissionen und Abfälle zusammengefasst.

Bei der Wirkungsabschätzung werden die Sachbilanzwerte von Bauprodukten, die verwendet werden sollen, zu Indikatoren umgerechnet, ganz gleich ob für Parkett, Dachziegel oder Fassadenplatten. Die Ergebnisse zeigen die Angaben der wichtigsten Umweltschadstoffe in Äquivalenzwerten pro Quadratmeter und Jahr.

Die in einer Ökobilanz betrachteten Umweltauswirkungen umfassen derzeit das Treibhauspotenzial, das Ozonschichtzerstörungs- und Ozonbildungspotenzial sowie das Versauerungs- und Überdüngungspotenzial eines Materials. Die Umweltauswirkungen sind als Einzeleinflüsse jeweils getrennt zu betrachten – unterm Strich steht also nicht ein Ergebnis, sondern es werden fünf bis acht wesentliche Wirkungskategorien aufgeführt.

Abb. 16 | Lebenszyklusphasen und modularer Aufbau der Ökobilanzierung



Eine Ökobilanz gibt in zweierlei Hinsicht Aufschluss über die Ressourceneffizienz eines Materials: In vertikaler Lesart der Schemazeichnung in Abb. 16 ergeben sich die Umwelteinwirkungen der einzelnen Lebenszyklusschritte vom Rohstoffabbau zur Entsorgung – jeweils isoliert betrachtet.

In der Horizontalen ist der Weg des Materials im Lebenszyklus dargestellt. Hier lässt sich ablesen, in welchen Phasen dessen Umwelteinwirkungen besonders gravierend sind.

Insgesamt gesehen ermöglicht eine Ökobilanz die systematische Betrachtung der Umweltwirkungen von Produkten während ihres gesamten Lebensweges. Analysiert werden alle Prozesse zur Herstellung eines Produkts, der Rohstoffentnahme, über Transporte und Verarbeitungsschritte, bis zur Auslieferung an den Kunden (»cradle to gate«). Über die Nutzungsphase führt die Bilanz bis hin zur Demontage und Entsorgung oder möglichem Recycling (»cradle to grave«). Abschließend werden die Ressourcenverbräuche und Emissionen aus allen Lebensabschnitten zusammengefasst und aufsummiert. Eine Besonderheit ist die Nutzungsphase – hier geht es einerseits um Umweltschadstoffe aus dem Betrieb, wie Heizung und Kühlung, und andererseits um den Ersatz beziehungsweise Austausch von Bauteilen.

---

**Ökobilanz** | Die Ökobilanz wird in der internationalen Norm DIN EN ISO 14040 – Grundsätze und Rahmenbedingungen wie folgt definiert: »Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges«. Die Ökobilanzierung ist im Englischen unter dem Begriff »Life-Cycle Assessment« bekannt (LCA).

---



Abb. 17 | Logistikzentrum am Abend

### Umwelt-Produktdeklarationen (EPD)

Ein Hersteller kann bei der unmittelbaren Ökobilanzierung seiner Produkte die Nutzungsphase zunächst nicht mit einschließen, denn er weiß nicht, wo und unter welchen Bedingungen beispielsweise ein Bodenbelag eingebaut wird. Die Ermittlung der Stoffströme bei der Sachbilanz erfordert ein detailliertes Wissen, auch müssen derartige Datensätze glaubwürdig sein. Deshalb beauftragen Hersteller unabhängige Zertifizierungsstellen damit, sogenannte Umweltdeklarationen für Bauprodukte (EPD, Abkürzung für: Environmental Product Declaration) zu erstellen.



Abb. 18 | Innenraum der Halle

---

**Umwelt-Produktdeklarationen** | Eine bekannte deutsche Zertifizierungsstelle ist das Institut Bauen und Umwelt (IBU). Auf dessen Internetpräsenz können Architekten unter [www.bau-umwelt.de](http://www.bau-umwelt.de) derzeit Umweltdeklarationen für mehr als 2000 Bauprodukte einsehen und herunterladen. Liegen keine Umwelt-Produktdeklarationen für ausgewählte Materialien vor, gibt die vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) aufgestellte Datenbank »ökobau.dat« Auskunft über umweltrelevante Produktdaten ([www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)). Grundlage sind hier allerdings statistische und pauschalisierte Daten für einen typischen Produktmix mit bis zu zehn Prozent Sicherheitsaufschlag, was besonders umweltfreundlich produzierende Hersteller benachteiligt.

---

### Ökobilanzierung der Nutzungsphase

Für die Abschätzung der Umweltauswirkungen während der Nutzungsphase bedarf es einer gesonderten Analyse, da die im Gebäude verbauten Produkte nur die Rahmenbedingungen für die zukünftige Nutzung stellen. Um den Einfluss der Nutzer im Gesamtmodell einschätzen zu können, werden in einer sogenannten »Sensitivitätsanalyse« verschiedene Szenarien für die Betriebsphase durchgespielt. Diese Annahmen bilden die Basis für die Sachbilanz während der Nutzungsphase.

Ist zu erwarten, dass Teile der Konstruktion während der angenommenen Nutzungsphase ausgetauscht werden müssen, ist der dafür nötige Materialaufwand ein zweites Mal zu berücksichtigen. Die Dauerhaftigkeit eines Materials und die ansetzbare Nutzungsdauer von Bauteilen oder Gebäuden beruhen auf einem festzulegenden, theoretischen Durchschnittswert. Ohne derartige Konventionen ist eine Ökobilanz im Bauwesen nicht praktikabel.

---

**Nutzungsdauern von Bauteilen** sind unter [www.nachhaltiges-bauen.de](http://www.nachhaltiges-bauen.de) (→ Baustoff- und Gebäudedaten) abrufbar.

---

### Ökobilanzierung für den Rückbau

Am Ende des Lebenszyklus eines Materials stellt sich die Frage: Muss es deponiert oder kann es recycelt werden? Bei der Verwertung geht ein Material als Recyclingmaterial ohne ökologischen Rucksack wieder lastenfrei in das System ein. Für diesen Fall wird parallel ein Recyclingpotenzial dargestellt, das den ökologischen Wert des Produktes mit zukünftig vermeidbarer Primärproduktion widerspiegelt. Um Doppelzählungen zu vermeiden, ist das für die heutige Sekundärproduktion benötigte Recyclingpotenzial zuvor abzuziehen. Somit gibt es Produkte ohne Recyclingpotenzial.



Abb. 19 | Dachlandschaft des Logistikzentrums

### Hoher energetischer Standard senkt Gesamt-Primärenergiebedarf

Das energetische Potenzial moderner Baustoffe wird manchmal mit hohem Energieaufwand bei der Herstellung erkaufte. Daher muss berücksichtigt werden, in welcher Relation die Leistungsfähigkeit eines Bauproduktes innerhalb der Gebäudekonstruktion zu dessen Energieinhalt steht. Anders ausgedrückt: Wie viel Dämmung der Außenhülle eines Gebäudes ist ökologisch noch sinnvoll? Die Ökobilanzierung kann das Verhältnis von Ressourcenaufwand für Dämmstoffe zum daraus resultierenden, niedri-

geren Energieaufwand in der späteren Nutzungsphase abbilden. Welcher maximale Energiebedarf bei üblichen Neubauten anzusetzen ist, lässt sich der Energieeinsparverordnung entnehmen. Deutlich weniger Energiebedarf wird für Passiv- oder sogar Null-emissionshäuser ermittelt – allerdings lassen sich solche hohen energetischen Standards oft nur mit HighTech-Baustoffen und komplexer Anlagentechnik erzielen. Die Herstellungsprozesse dieser Produkte sind mitunter energie- und ressourcenintensiv (11). Trotzdem gilt in vielen Fällen: Je besser der energetische Standard eines Gebäudes, umso niedriger fällt der Gesamtbedarf an Primärenergie (inklusive grauer Energie) aus. (12, 13).

### **Welche Konstruktion hat die beste Ökobilanz?**

Welche Konstruktion schneidet hinsichtlich der Ökobilanz am besten ab? Welche Instandhaltungskosten sind zu erwarten? Welche Baustoffe lassen sich wiederverwerten? Was bleibt an Sondermüll? Architekten müssen diese Fragen immer wieder aufs Neue klären.

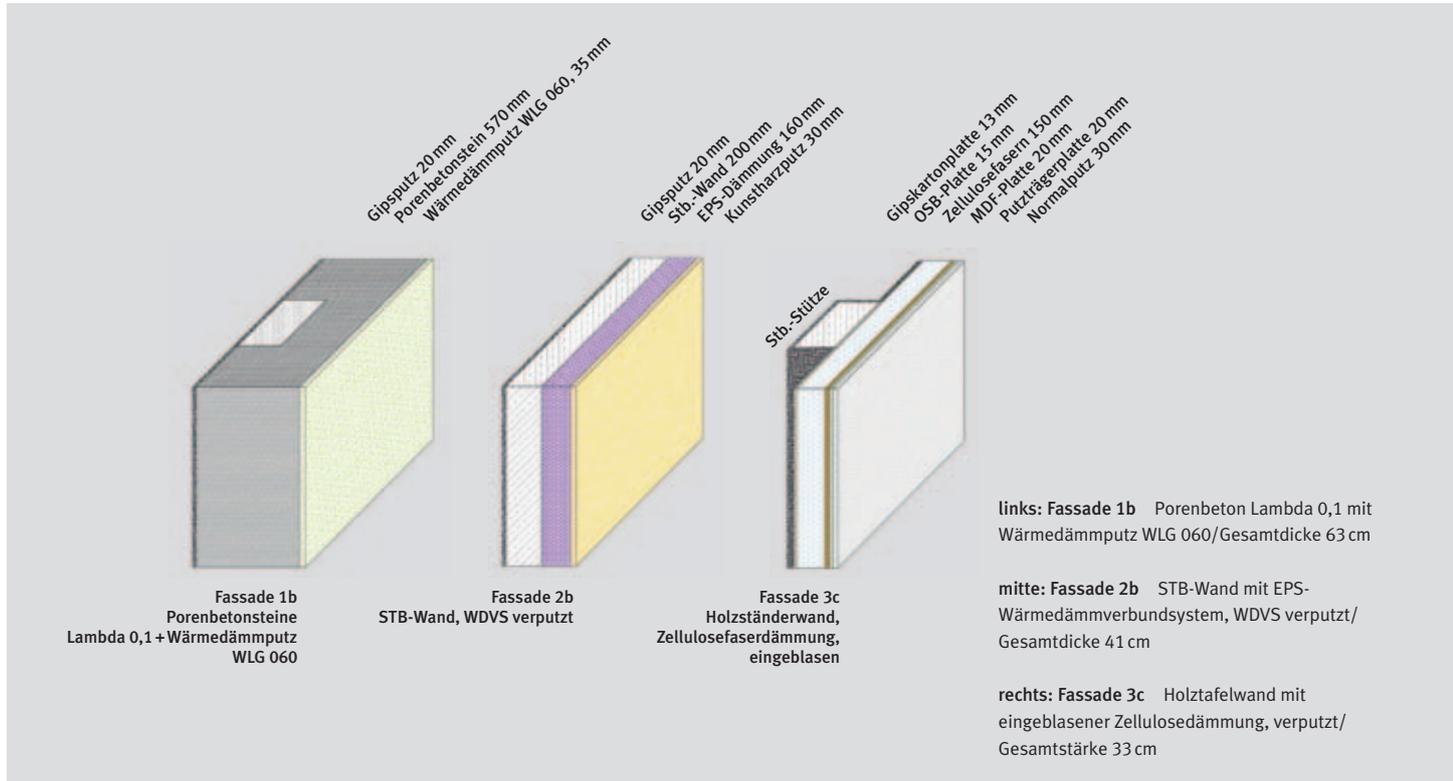
Mittels der Ökobilanz sind Materialien sachlich vergleichbar. Allerdings lassen sich unterschiedliche Konstruktionen nur im Kontext einer festgelegten Aufgabenstellung bewerten. Sollen beispielsweise die ökologischen Auswirkungen einer Stütze aus Stahl mit einer Stütze aus Holz oder Beton verglichen werden, muss als Maßstab die gleiche Tragfähigkeit der Stütze angesetzt werden. Die Materialien dürfen somit nicht einfach

pro Gewicht, Volumen oder Fläche bilanziert werden. Und es ist zu klären, welche Bekleidungen, Anschlüsse oder Anstriche zusätzlich benötigt werden.

Ein Vergleich von verputzten Wandkonstruktionen an der Fassade eines Bürohauses (Abb. 20) soll deren ökologische Wirkungen inklusive der Grauen Energie im Lebenszyklus aufzeigen (14). Die Außenwände sind systembedingt zwischen 30 und 63 cm dick und weisen folgende Eigenschaften auf:

- \_ U-Wert einheitlich 0,2 W/(m<sup>2</sup>K)
- \_ Stahlbetonstütze ist je nach Wandaufbau integriert oder raumseitig vor die Wand gestellt
- \_ Wanddicke bei Holzkonstruktionen am geringsten, allerdings Stahlbetonstütze vor der Wand
- \_ Skelettkonstruktionen mit zehn Prozent Stahl- und Betonanteilen
- \_ Instandsetzungsintervall PE-Folie: 40 Jahre (d. h. alle Schichten bis zur PE-Folie müssen nach 40 Jahren ausgetauscht oder abgerissen werden)
- \_ angesetzte Nutzungsdauer des Wärmedämmverbundsystems (WDVS): 40 Jahre
- \_ angesetzte Nutzungsdauer Ziegelsteine, Beton und Holzkonstruktionen: über 50 Jahre
- \_ EPS oder Holz erzeugen hohe Wärmegewinne bei ihrer Verbrennung
- \_ Stahlbeton mit hohen Recyclinggutschriften

Abb. 20 | Verschiedene Fassadensysteme gleicher Leistung



### Gesamter Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Bedarf der Wandtypen

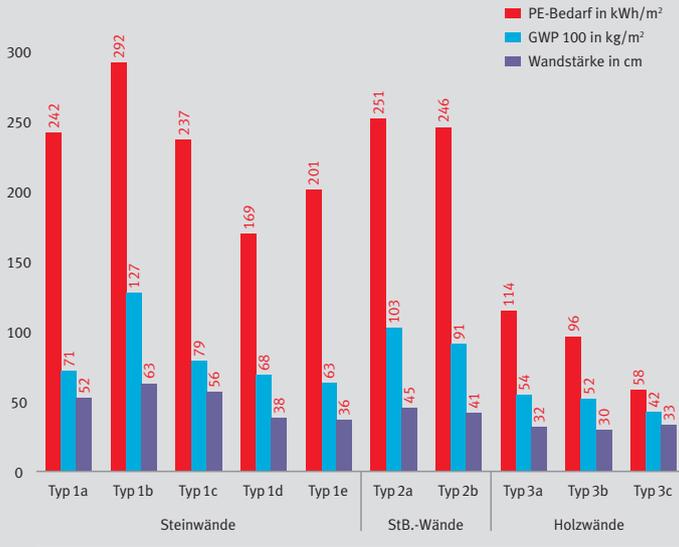


Abb. 21 | Auswertung von Primärenergie und Treibhauspotenzial für verschiedene Wandaufbauten

Abb. 21 zeigt die Umweltauswirkungen der jeweiligen Fassadenkonstruktionen exemplarisch über 50 Jahre für

- \_ nicht erneuerbare Primärenergie und
- \_ Treibhauspotenzial (Global Warming Potential – GWP 100).

Am günstigsten schneiden die Holzwände (Typ 3) ab, da Holz als nachwachsender Rohstoff nur wenig Energie bei der Produkt-herstellung erfordert und am Ende des Lebenszyklus bei seiner Verbrennung die größte Energiegutschrift erhält.

Die Porenbetonwand vom Typ 1b benötigt fünf Mal so viel Primärenergie wie die Holztafelwand vom Typ 3c. Die Kohlendioxidemission resultiert im Wesentlichen aus der Produktionsphase. Hier macht sich bemerkbar, dass Holzwerkstoffe als annähernd CO<sub>2</sub>-neutral gelten, hingegen Steine und Stahlbeton durch Brennvorgänge oder das Schäumen von Zuschlägen viel Kohlendioxid freisetzen.

Insgesamt wird die günstigste Holztafelwand Typ 3c um das Dreifache besser bewertet als die ungünstigste Porenbetonwand Typ 1b.

### Ökobilanz kritisch hinterfragen

Mit einer Ökobilanz lässt sich exakt analysieren, welches Material und welche Bauteilschicht den höchsten ökologischen Wert in einem modellierten Gesamtgebäude haben. Leider erfassen Ökobilanzierungen bislang weder die Humantoxizität noch die

Ökotoxizität, weshalb bei Materialien nicht erfasst wird, wie sie sich auf die Gesundheit auswirken und in welchem Maße enthaltene Gifte die Umwelt schädigen.

Obwohl inzwischen viele Erkenntnisse und Daten aus Studien und Projekten vorliegen, sind die ausgewerteten Ökobilanzen stets objektspezifisch zu werten und in ihrer Aussagekraft nicht allgemeingültig. Allerdings treten oft überraschende Erkenntnisse zutage: Nicht immer stellt sich am Schluss die auf den ersten Blick ökologisch orientierte Variante als beste Lösung der Bilanzrechnung heraus.



Abb. 22 | Stahlbetonskelett und Stahlträger während der Errichtung

Abb. 23 | Das Logistikzentrum steht direkt am Autobahnkreuz. Das Gebäude ist in Gold zertifiziert – die städtebauliche Qualität ist nicht Bestandteil des Zertifikats.



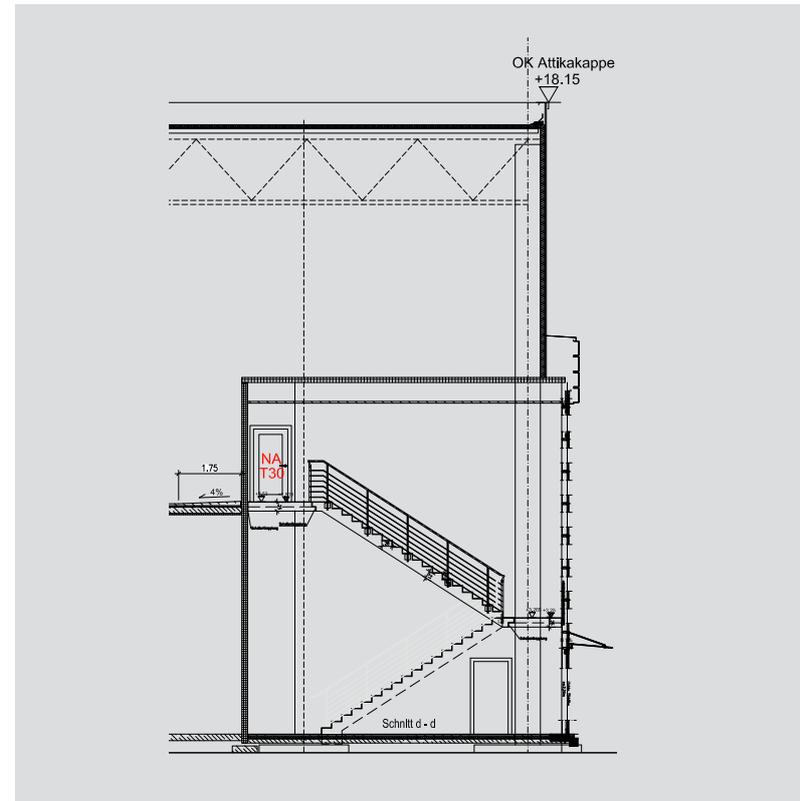
## Projektbeispiel: Logistikanlage in Winsen (Luhe) – ein nachhaltiges Projekt aus Beton und Stahl

Durch die Zunahme des Internethandels sowie optimierte Industrieprozesse entstehen immer mehr Logistikzentren. Die Standortwahl orientiert sich primär an der Verkehrsanbindung, besonders bevorzugt sind Autobahnkreuze (Abb. 23). Viele Betreiber von Logistikzentren lassen derzeit ihre Objekte zertifizieren, wie auch das Logistikzentrum Ixocon GmbH in Winsen.

Die Auswertung der Ökobilanz liefert bei diesem Projekt in den meisten Bewertungskriterien (hier: DGNB-Zertifizierung) den Maximalwert von 10 Punkten, im Gesamtprimärenergiebedarf knapp 8 Punkte. Dies entspricht fast durchgehend dem Gold-Standard. Dabei schneidet Stahl im Verhältnis zu den Referenzwerten in der Bilanz sehr gut ab, Beton ist, zumindest in Bezug auf die vorgegebenen Referenzwerte, nicht nachteilig. Anders als bei vielen Bürogebäuden kommt das Logistikzentrum ohne zusätzliche Materialien für die Bekleidung der Fassadenoberflächen aus, die das Ergebnis zweifellos deutlich verschlechtern hätten.

Warum eine Zertifizierung angestrebt wurde, erläutert Architekt Jörg Kunz im folgenden Interview.

Abb. 24 | Fassadenschnitt: Stahlträger und Stahlbetonstützen bilden die Primärkonstruktion





## INTERVIEW

mit Jörg Kunz, Architekt und Projektleiter, Ixocon GmbH,  
Logistikzentrum in Winsen (Luhe)

*»Die Herausforderung liegt darin,  
bewährte Systeme  
mit Nachhaltigkeitsaspekten  
zu kombinieren.«*

*Die Menschheit kann nur überleben, wenn wir das Gesetz der  
Nachhaltigkeit achten und nachfolgenden Generationen die  
Lebensgrundlagen sichern. In welcher Verantwortung sehen Sie  
sich diesbezüglich als Architekt und Projektentwickler?*

Zunächst muss der spätere Nutzer verständlich über die Notwendigkeit von Nachhaltigkeitskonzepten informiert werden. Was bedeutet Nachhaltigkeit und warum ist sie auch bei »seinem« Vorhaben wichtig. Die Herausforderung liegt darin, bewährte Systeme mit Nachhaltigkeitsaspekten zu kombinieren, sodass Mieter oder Nutzer einen Mehrwert für sich erkennen und bereit sind, sich finanziell an der Umsetzung zu beteiligen.

*Welche Auswirkungen hat das Gebot zur Nachhaltigkeit auf die Architektur und den Bauprozess?*

Die Architektur wird nach wie vor zweckmäßig und auf das Wesentliche reduziert bleiben. Die integrale Planung ist sinnvoll, bläst den Planungsprozess aber immer mehr auf, weshalb dieser noch straffer und effizienter gesteuert werden muss. Bislang lassen sich Nachhaltigkeitskonzepte – so ehrwürdig sie sein mögen – nicht mit den marktwirtschaftlichen Zielen eines Projektes vereinbaren. Hier klaffen leider noch sehr große Lücken zwischen Anspruch und Wirklichkeit.

*Welchen Wert messen Sie der Ökobilanz eines Bauproduktes zu?*

Die Ökobilanz eines Produktes in ihrer Komplexität zu verstehen, ist auch für Architekten nicht ganz einfach. Außerdem berücksichtigt sie nicht alle Aspekte, die aus meiner Sicht notwendig wären, zum Beispiel den Transport. Trotzdem ist ein Anfang gemacht und es besteht – zumindest theoretisch – die Möglichkeit, Produkte hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit zu vergleichen.

*Inwieweit geben die Ökobilanzen der in Ihrem Gebäude verbauten Produkte darüber Auskunft, welches Potenzial sie für die Verwertung des Logistikzentrums als zukünftiges »Rohstofflager« haben?*

In den Eingabedaten der Ökobilanz sind die einzelnen Materialien mit Volumen, Art der Entsorgung und einer Einstufung

für den Rückbau dargestellt. Hieraus kann man sich, mit einigem Aufwand, ableiten, welches theoretische Potenzial beim Rückbau vorliegt.

*Welche Materialien haben bei Ihrem Gebäude das Zertifizierungsergebnis positiv beeinflusst?*

Die Materialien, die wir ohnehin seit langem bei unseren Immobilien verbauen. Hierzu zählen beispielsweise sortenreine, nicht verbundene und somit beim Rückbau leicht zu trennende Dach- und Fassadenmaterialien.

*Wie wird sich das Berufsbild des Architekten vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsdiskussion in Zukunft verändern?*

Projektentwickler und Architekten, aber auch Generalunter- und -übernehmer mit ihren Fachplanungsabteilungen werden zukünftig einen weiteren Schwerpunkt in der Entwicklung von Nachhaltigkeitskonzepten, der Vorbereitung und Steuerung einer frühzeitigen integralen Planung und der baubegleitenden Dokumentation des Zertifizierungsprozesses finden.

# PROJEKTBEISPIEL

## Logistikzentrum in Winsen (Luhe)

### Anschrift

Opelstraße 5  
21423 Winsen (Luhe)

### Standort

A 39, Nähe Maschener Kreuz  
**Baufertigstellung**  
November 2010

### Baubeteiligte

#### Eigentümer

Captiva Capital Partners  
**Projektentwicklung, Entwurf**  
Ixocon GmbH

#### Fachplaner

Goldbeck West GmbH,  
Niederlassung Hamburg

### Nachhaltigkeits-Zertifizierung

DGNB – Zertifikat in Gold

### Grunddaten

Bruttogrundfläche  
11.498 m<sup>2</sup>

### Bruttorauminhalt

207.892 m<sup>3</sup>

### Nutzfläche (nach EnEV)

keine Angaben

### A/V-Verhältnis

0,037 m<sup>-1</sup>

### Bauwerkskosten nach DIN 276

#### Baukonstruktion

keine Angaben

#### Technische Anlagen

keine Angaben



**Lage, Einbettung des Projekts im Gesamtgebiet** | Im Westen tangiert die A7 die Stadt und verbindet Deutschland mit dem skandinavischen Raum. Südlich besteht über die A1 Anbindung in Richtung Bremen sowie zu den anderen deutschen Nordseehäfen. Im Osten sorgen die A1 und A24 für einen zügigen Transfer nach Berlin bzw. ins Baltikum. Die projektierte Weiterführung der A39 wird Hamburg mit der Autoindustrie im Raum Wolfsburg vernetzen. Winsen ist ein potenzialreicher Wirtschaftsstandort in der südlichen Metropolregion Hamburg mit guter Verkehrsinfrastruktur und staufreiem Transfer Richtung Hafen. Eine Fraunhoferstudie belegt, dass sich dieser Standort im Hamburger Logistikmarkt sehr erfolgreich etabliert hat.

**Anlass und Idee zur Zertifizierung** | Eine Zertifizierung nach den Standards der DGNB erleichtert eine kurzfristige qualitative Bewertung einer Immobilie unter ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Gesichtspunkten. Miet- bzw. Kaufinteressenten können sich sehr schnell ein belastbares Gesamtbild von einer Immobilie machen, ohne sich vorzeitig mit Kosten für die technische »Due Diligence« zu belasten. Die mittlerweile sehr hohe Akzeptanz dieser Zertifizierung und der dadurch generierte Mehrwert erleichtern die Positionierung am Markt.

### **Besonderheiten des Projekts und Schwerpunkte**

- \_ Großflächige Dachlichtbänder wurden rechtwinklig zu den Regalgängen angeordnet, um über die gesamte Hallenfläche eine größtmögliche und gleichmäßige Ausleuchtung mit Tageslicht zu gewährleisten. Je nach Tageszeit und Witterung werden über eine tageslichtabhängige Steuerung Leuchten dazu- bzw. ausgeschaltet.
- \_ Die verwendeten Materialien zur Herstellung des Gebäudes sind vorwiegend monolithischer Art, damit beim Rückbau und bei der Zuführung zur Wiederverwertung ein möglichst geringer Energieaufwand notwendig ist.
- \_ Das komplette Dachflächenwasser wird über eine Versickerungsanlage gesammelt und zeitversetzt dem Untergrund zugeführt.

- \_ Im Büro- und Sozialbereich wurde besonderer Wert auf gestalterische und materielle Qualität gelegt, um einerseits den Mitarbeitern ein ansprechendes und angenehmes Arbeitsumfeld zu bieten und um andererseits die Marke DEDON zu repräsentieren.
- \_ Außerdem wurden hier ausschließlich Materialien mit äußerst geringen und unbedenklichen Emissionen verbaut. Die Wirksamkeit der Maßnahme wurde durch entsprechende Raumlufthanalysen bestätigt.

### **Kurzbeschreibung des Gebäudekonzepts**

- \_ Zwei gleichgroße Brandabschnitte mit integriertem Büro- und Sozialtrakt.
- \_ Die lichte Höhe der Halle (UKB) beträgt 15,6 m und ermöglicht die maximale Ausnutzung des Hubes von modernen, induktionsgeführten Flurförderzeugen.
- \_ Die Außenflächen und Rangierbereiche sind an die Erfordernisse der Logistikbranche angepasst.

### **Kurzbeschreibung des Energiekonzepts**

- \_ Beheizung der Halle über gasbefeuerte Dunkelstrahler
- \_ Beheizung des Büro- und Sozialbereiches über eine Gasbrennwerttherme
- \_ Lüftungsanlage zur kontrollierten Be- und Entlüftung in diesem Bereich

# KOSTEN

Ob privater Bauherr, öffentliche Hand oder professioneller Investor – wer sich zum Bauen entschließt, hat größtes Interesse daran, die Baukosten niedrig zu halten. Ist ein Gebäude fertiggestellt und bezogen, soll es auf Dauer wertstabil sein und durch niedrige Betriebskosten potenzielle Mieter binden. Doch dass es nicht allein darauf ankommt, möglichst billig zu bauen, verdeutlichen Studien zu LEED-zertifizierten Gebäuden (15). Darin zeigte sich: durch zwei bis fünf Prozent höhere Baukosten, eingesetzt in eine ansprechende und funktionale Architektur und eine nachhaltige, qualitativ höherwertige Bauweise, lassen sich zwischen drei und sechs Prozent mehr Miete erwirtschaften und bis zu 16 Prozent höhere Verkaufserlöse erzielen. 2009 gaben bei dieser Studie 71 Prozent der Befragten an, dass Gebäude, welche die heute diskutierten Nachhaltigkeitskriterien nicht erfüllen, künftig nicht mehr gewinnbringend zu vermarkten sind.

## **Vorausschauend Planen – Folgekosten beachten**

Ein Haus kostet Geld: Von der Errichtung über die Nutzungszeit inklusive Instandhaltung, Betrieb und Wartung bis zum Abbruch. Im Planungsalltag werden in der Regel Kosten als reine Baukosten erfasst: als Kostenschätzung nach DIN 276 in der Vorplanung (Leistungsphase 2) oder als Kostenberechnung in der Entwurfs- und Ausführungsplanung (Leistungsphasen 3 und 5). Die Kos-

tenermittlung eines Bauwerks und dessen Ausstattung wird in den Kostengruppen 300 (Baukonstruktion) und 400 (Technische Anlagen) abgebildet. Mit der Vorlage der Kostenschätzung, Kostenberechnung oder auch Kostenverfolgung gilt – je nach Aufgabenstellung – die wirtschaftliche Planung im Sinne der HOAI als erfüllt. Doch erst eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung über den Erstellungszeitraum hinaus, die auch die Folgekosten einbezieht, gibt ganzheitlich Auskunft über die Wirtschaftlichkeit des Gebäudes. Abb. 25 zeigt Erst- und Folgekosten und wie sich diese normativ ermitteln lassen.

Gebäude sind langlebige Güter. Der finanzielle Aufwand, den sie im Lauf ihrer Nutzungsdauer verursachen, übersteigt bereits oft nach einer Dekade denjenigen für Herstellung und Errichtung. Die Folgekosten speisen sich im Einzelnen aus Kosten

- \_ für die Versorgung mit Energie, Strom und Wasser einschließlich Kosten für die Wasserentsorgung,
- \_ für die Reinigung und Pflege,
- \_ für Inspektion und Wartung der Baukonstruktion und der gebäudetechnischen Anlagen,
- \_ für Instandsetzung und Austausch von Bauteilen und technischen Anlagen.

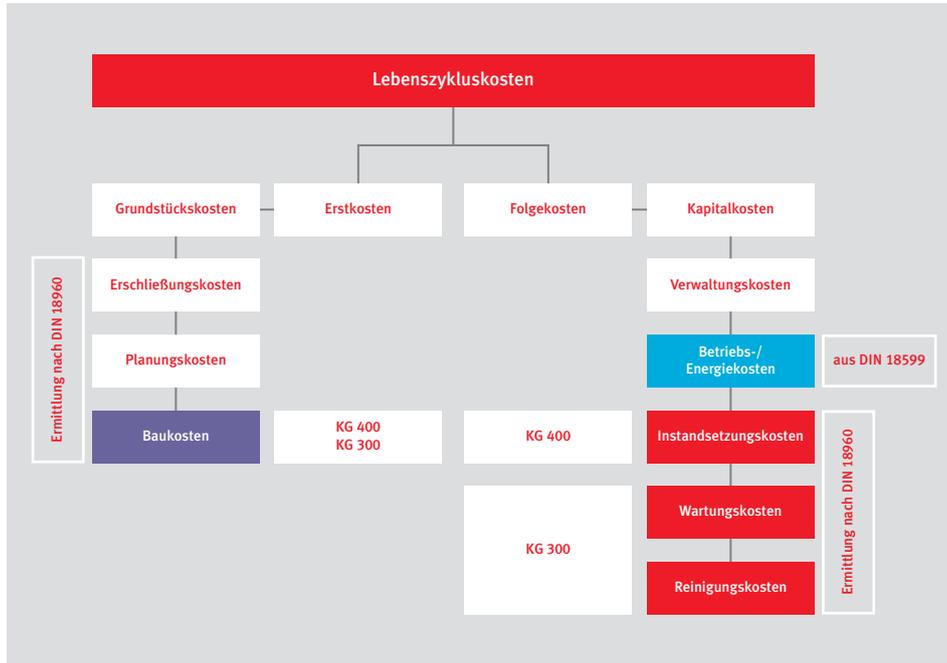
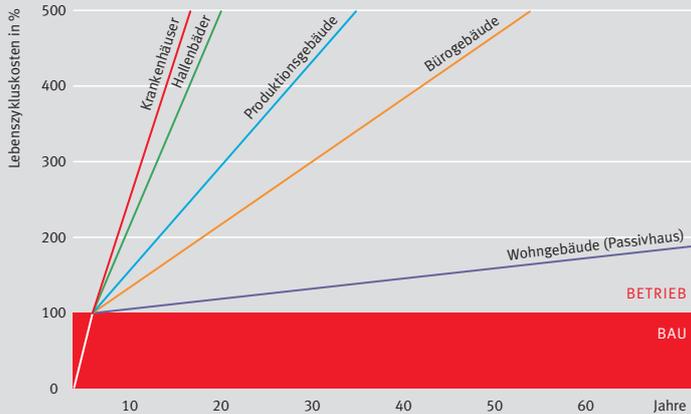


Abb.25 | Lebenszykluskosten als Erst- und Folgekosten – Konvention aktuell angewendeter Verfahren zur Lebenszykluskosten-Modellierung und angewendeter normativer Verfahren zur Ermittlung.



Die Nutzungskosten können – je nach Gebäudetyp – bis zu 80 Prozent der Gesamtkosten eines Gebäudes ausmachen. Abb. 26 zeigt den weiteren Verlauf der Kosten im Betrieb nach der Errichtung. Die Darstellung der Ausgaben für Bau und Betrieb für verschiedene Nutzungsarten zeigt, dass sich der gewählte energetische Standard erheblich auf die Lebenszykluskosten auswirkt. Im Vergleich zu dem dargestellten Passivhaus wird

Abb. 26 | Ausgaben für Bau und Betrieb in gemeinsamer Darstellung als Lebenszykluskosten für verschiedene Nutzungsarten.

ein Wohnhaus auf energetischem Niveau der gesetzlichen Standards in etwa das Doppelte der Betriebskosten verursachen.

### Berechnung der Lebenszykluskosten (LCC)

Eine Lebenszyklus-Kostenberechnung ermittelt modellhaft, welche Kosten ein Gebäude bis zum Ende seiner Lebensdauer erwarten lässt. Bereits im Entwurfsstadium können unterschiedliche Planungsvarianten kostenbezogen für den gesamten Lebenszyklus durchgespielt und verglichen werden. Die Berechnung ist darauf ausgerichtet, die Verlässlichkeit der Planung zu erhöhen und ökonomische Risiken zu reduzieren.

Eine LCC-Analyse stützt sich auf die seit langem in der Immobilienbranche angewandte Kapitalwertmethode, bei der alle entstehenden Kosten und Einnahmen über den gesamten Lebenszyklus auf einen Stichtag bezogen werden. Zur Berechnung sind zuvor wichtige Parameter zu bestimmen, die das Ergebnis der Analyse maßgeblich beeinflussen können. Parameter sind Zinssätze, Reinigungskosten und Kosten für Instandsetzung,



Abb. 27 | Straßenansicht der Grundschule in Hohen Neuendorf

Instandhaltung und die geplanten Bauteile. Für die Festlegung der Bauteile in einer LCC-Berechnung ist es sinnvoll, sich auf die Kostengruppen 300 und 400 in der dritten Gliederungsebene zu beziehen. Müssen Bauteile innerhalb des Betrachtungszeitraumes einmal oder sogar mehrmals ersetzt werden, tauchen diese auf der Zeitachse des Lebenszyklus mehrfach auf (siehe Nutzungsdauern von Bauteilen im Kapitel Material).

Auch wenn Gebäude eine sehr viel längere Lebensdauer erreichen können, wird für eine LCC-Analyse üblicherweise ein Zeitraum von 50 oder 60 Jahren angesetzt. In einem zeitlichen Verlauf werden dabei die Herstellungskosten, die Betriebskosten aus Energie, Reinigung und Wartung sowie notwendige Austauschzyklen abgebildet. Am Beginn der Zeitachse steht die Errichtung des Gebäudes. Dabei bestimmen die Baukosten den

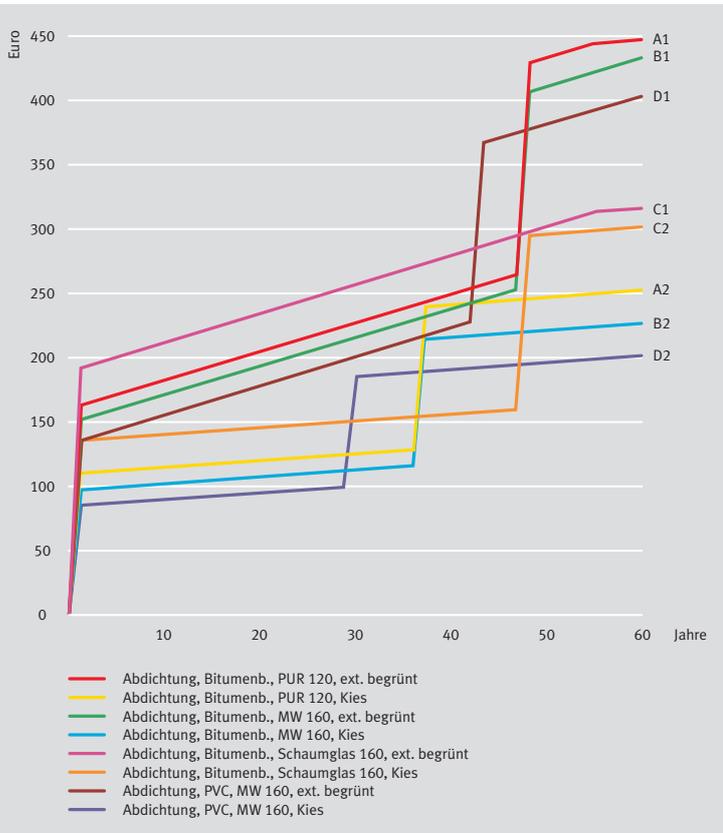


Abb. 28 | Kostenprofile verschiedener Dachaufbauten auf der Zeitachse von fünfzig Jahren: Austauschzyklen von Bauteilen sind als Kostensprung erkennbar.

Einstand der Kostenkurve, die von diesem Startpunkt aus – je nach Höhe der jährlich anfallenden Betriebskosten – mehr oder weniger flach ansteigend dem Zeitstrahl folgt. Müssen Bauteile ausgetauscht werden, springt die Linie wegen der jeweils erneut anfallenden Herstellungskosten in unterschiedlich hohen Absätzen nach oben.

Abb. 28 zeigt den Verlauf mehrerer Profile im Vergleich. In der Darstellung sind Sprünge im Kostenprofil und unterschiedliche Neigungen im Verlauf der Nutzungsdauern zu erkennen, zudem sind Start- und Endwert der Kosten eines Bauteillebens ablesbar. Bei LCC-Berechnungen werden bisher Abbruch- und Entsorgungskosten nicht in die Betrachtung aufgenommen, da Kostenkennwerte für den Abbruch von Neubauten noch nicht verfügbar sind.

Im Zusammenhang mit Gebäude-Lebenszykluskosten muss beachtet werden, dass Inhalte, Ermittlungs- und Analysemethoden sowie Kennwerte aktuell auf keinen verbindlichen Standards beruhen. Es existieren keine Normen und nur wenige Richtlinien als Basis eines allgemeingültigen Verständnisses der Gebäude-Lebenszykluskosten.

Hinweise auf Nutzungskosten finden sich in Normen und Richtlinien aus den Bereichen Gebäudemanagement, Facility Management und nachhaltiges Bauen. Die Richtlinie »GEFMA 220 – Lebenszykluskosten im FM« beschreibt die aktuellen unterschiedlichen Berechnungsmethoden. Wie eine Lebenszyklus-Kostenrechnung aufgestellt werden kann, ist in den Nachhaltigkeitskriterien des Bundes und der DGNB nachzulesen.

---

**Lebenszykluskosten** | Auf der Website [www.nachhaltiges-bauen.de](http://www.nachhaltiges-bauen.de) ist eine Excel-Tabelle zur LCC-Berechnung nach Konventionen des BMVBS zur freien Verwendung eingestellt.

---

### **Stellschrauben im Lebenszyklus**

Die Austauschzyklen – kleiner oder größer 50 Jahre – und die für das Gebäude ermittelte Energieeffizienz sind die entscheidenden Parameter für ein mehr oder weniger positives Gesamtergebnis. Die Lebensdauer von Bauteilen und die Energieeffizienz sind somit die wichtigsten Stellschrauben der Lebenszyklusbetrachtung.

Zu welchem Ergebnis eine LCC-Rechnung führt, hängt auch von Faktoren ab, die ein Architekt bereits beim Entwurf seines Gebäudes selbst unmittelbar beeinflussen kann. Parameter sind beispielsweise die Orientierung des Gebäudes, dessen



Abb. 29 | Blick auf den Schulhof

Form, die Gestaltung sowie die Wahl der Materialien für die Gebäudehülle und Konstruktion. Alle diese Faktoren können die späteren Energieverbräuche, Reinigungs-, Wartungs- und Instandhaltungskosten beeinflussen.

### **Ökonomische Kreativität ist gefragt**

Bei einer Lebenszykluskosten-Modellierung werden die Methoden der DIN 276 zur Bestimmung der Herstellungskosten mit den Nutzungskosten aus der DIN 18960 und der Kapitalwertmethode sowie den Zeitwerten der Realkosten kombiniert. Investitionen für Wartung, Instandsetzung und Reinigung werden kalkuliert

und nach Verrechnungssätzen geordnet aufgestellt und zusammengefasst. Dazu kommt der wichtige Bereich der Betriebskosten, hier vor allem die Energie. Ermittelte Endenergiebedarfe für Wärme und Strom aus der DIN 18599-Berechnung werden mit festgelegten Energieträgern und deren Kosten hinterlegt, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

### Kapitalwertmethode

Mit der Kapitalwertmethode lässt sich ermitteln, ob eine Investition wirtschaftlich ist. Dabei werden alle entstehenden Kosten und Einnahmen über den gesamten Lebenszyklus auf einen Stichtag bezogen. Durch Abzinsung auf den Beginn der Investition bleiben Zahlungen vergleichbar, die zu beliebigen Zeitpunkten anfallen. So lassen sich Kosten und Zahlungen über einen längeren Zeitraum hinweg, unter Berücksichtigung eines Zinssatzes berechnen, um Entscheidungsgrundlagen zu schaffen. Durch die Einnahmen im Laufe des Lebenszyklus muss sich eine Investition tragen. Bei Investorenprojekten wird für die Berechnung die Kaltmiete zugrunde gelegt, bei selbstgenutzten Immobilien sind es angenommene Mietpreise am Markt. Die Ausgaben müssen vorab zumeist abgeschätzt werden, damit der Einnahmenüberschuss berechnet werden kann. Hierbei sind regelmäßige Ausgaben zum Beispiel für Renovierungsarbeiten und unregelmäßig auftretende Kosten für Umbauten oder umfangreiche Sanierungen zu berücksichtigen.

Dazu ein Beispiel: Angenommen, für ein Gebäude ist eine Anfangsinvestition von 1 Mio. Euro anzusetzen und es besteht nach Abzug aller Kosten ein jährlicher Mieteinnahmen-Überschuss in Höhe von 69.000 Euro. Die Bewertung einer Investition in dieses Objekt wird maßgeblich vom Zinssatz beeinflusst. Ist er zu hoch angesetzt, würden eigentlich vorteilhafte Investitionen gar nicht umgesetzt, schätzt man ihn zu niedrig ein, besteht die Gefahr der Kapitalvernichtung. Welche Höhe der angestrebte Zins haben soll, ergibt sich aus der Summe von angestrebter Rendite, der Inflationsrate und eventuellen Kapitalkosten, beispielsweise Zinsen von Banken. Der Kapitalwert des Gebäudes errechnet sich nun nach folgender Formel:

Kapitalwert = negative Anfangsinvestition + Summe

Einnahmenüberschuss im Jahr X geteilt durch  $(1 + \text{Zins})^x$

Für das erste Jahr ergibt sich:

$$\text{Kapitalwert}_1 = -1.000.000 \text{ €} + (69.000 \text{ €} / 1,03^1) = -933.010 \text{ €}$$

Für das zweite Jahr ergibt sich:

$$\text{Kapitalwert}_2 = -933.010 \text{ €} + (69.000 \text{ €} / 1,03^2) = -867.971 \text{ €}$$

Für das dritte Jahr:

$$\text{Kapitalwert}_3 = -867.971 \text{ €} + (69.000 \text{ €} / 1,03^3) = -804.826 \text{ €}$$

etc.

In diesem Beispiel nimmt der Kapitalwert im 20. Jahr zum ersten Mal einen positiven Wert an. Dies bedeutet, dass sich die Inves-



Abb. 30 | Kapitalwert in Euro nach n Jahren

tion bei dem angenommenen Zinssatz im 20. Jahr amortisieren oder »rechnen« würde. Je höher also der Kapitalwert, desto sinnvoller ist die Investition finanziell. Solange sich in dem Betrachtungszeitraum ein negativer Kapitalwert ergibt, sollten Investitionen vermieden werden. Es gilt:

Kapitalwert = 0: Der Investor erhält sein eingesetztes Kapital zurück und eine Verzinsung der ausstehenden Beträge in Höhe des Kalkulationszinssatzes. Die Investition hat keinen Vorteil gegenüber der Anlage am Kapitalmarkt zum gleichen (risiko-äquivalenten) Zinssatz.

Kapitalwert > 0: Der Investor erhält sein eingesetztes Kapital zurück und eine Verzinsung der ausstehenden Beträge, die den Kalkulationszinssatz übersteigen.

Kapitalwert < 0: Die Investition kann eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals zum Kalkulationszinssatz nicht gewährleisten.

### Auf- und Abzinsen: Endwerte und Kostenvergleich auf Barwertebene

Für jede beliebige Summe, die zu einem vorgegebenen Zeitpunkt anfällt, kann errechnet werden, wie viel Geld zum Referenzzeitpunkt (heute) verzinslich zurückgelegt werden müsste, um im Jahr X die nötige Summe an Geld zur Verfügung zu haben – zum Beispiel zur Erneuerung einer heute neu aufzubringenden WDVS-Fassadendämmung für 100.000 Euro nach Ablauf der produkttypischen Nutzungsdauer von 40 Jahren. Die in 40 Jahren anfallenden Sanierungskosten müssen zunächst über die durchschnittliche Baupreisteuerungsrate aufgezinnt werden, um die in 40 Jahren konkret fälligen Modernisierungskosten zu errechnen (Endwert). Diese endwertigen Kosten errechnen sich bei einer angenommenen Baupreisteuerungsrate (% p. a.) wie folgt:

Endwertige Modernisierungskosten im Jahr X = Herstellungskosten heute mal  $(1 + \text{Baupreisteuerungsrate})^x$

Für ein Wärmedämmverbundsystem gelte eine Baupreisteuerung von zwei Prozent pro Jahr bei angenommenen Kosten von 100.000 €, Betrachtungszeitraum 40 Jahre:

$$100.000 \text{ €} \times 1,02^{40} = 220.804 \text{ €}$$

Der verzinslich heute zurückzulegende Betrag dieses Endwertes ist der über den (Haben-)Zinssatz abgezinsten Endwert. Dieser wird Barwert genannt. Er bezeichnet die diskontierten endwertigen Kosten und errechnet sich für das Jahr X wie folgt:

Diskontierte Kosten im Jahr X = Endwertige Kosten geteilt durch  $(1 + \text{Zins})^x$

Bei einem Zinssatz von drei Prozent gilt:

$$220.804 \text{ €} / 1,03^{40} = 67.689 \text{ €}$$

Der Kapitalbarwert der Gesamtinvestition setzt sich aus den Barwerten der Anfangs- und Re-Investition zusammen. In diesem Beispiel also  $100.000 \text{ €} + 67.689 \text{ €} = 167.689 \text{ €}$  für einen Betrachtungszeitraum von insgesamt  $40 + 40 = 80$  Jahren.

Alternativ könnte man ein Sichtmauerwerk mit Kerndämmung zum Vergleich heranziehen. Dieses kostet bei gleichen

energetischen Eigenschaften heute 160.000 €, hat aber ohne Re-Investition bereits eine Zeitstandfestigkeit bzw. Nutzungsdauer von 80 Jahren. Das Sichtmauerwerk wäre lebenszyklisch im Betrachtungszeitraum von 80 Jahren in diesem idealisierten Fall die um 7.689 € günstigere Variante.

### Ökonomie und Ökologie im Einklang

Ganzheitliche Analysemethoden wie die Lebenszykluskostenrechnung unterstützen die integrale Planung, da sie Recheninstrumente liefern, mit denen sich unterschiedliche Entwurfsansätze im Hinblick auf ihre nachhaltige Qualität beurteilen lassen.

Besonders interessant ist das Ergebnis für Architekten, wenn die Lebenszykluskostenrechnung (LCC oder LCCA – Life-Cycle Cost Analysis) und die Ökobilanzierung kombiniert angewendet werden. So lassen sich häufig ökologische Planungsentscheidungen mit ökonomischen Argumenten untermauern und umgekehrt, da Kosten und langfristiger Nutzen sachlich gegeneinander aufgerechnet werden.

Langlebige Bauteile, die zugleich wartungsfreundlich sind, zahlen sich im Lebenszyklus doppelt aus. Bauteile mit einer Nutzungsdauer unter der Konvention eines gegebenen Betrachtungszeitraumes führen dazu, dass dasselbe Kapital für den Austausch erneut aufgewendet werden muss. Gleichzeitig ergibt sich eine Wertung innerhalb der Ökologie: das eingesetzte Material muss nochmals hergestellt, verarbeitet und entsorgt werden.

Im gesamten Lebensweg hinterlässt der Bauteiltausch erneut Wirkungen aus Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial, aufgewendeter Primärenergie und anderer umweltbezogener Einflüsse. Dieses Beispiel zeigt, dass sich Planungsziele aus Ökologie und Ökonomie keinesfalls ausschließen müssen. Im Gegenteil: oftmals wird »am gleichen Strang gezogen«.

### Projektbeispiel: Plusenergie-Grundschule

Die Plusenergie-Grundschule Niederheide in Hohen Neuendorf in Brandenburg ist mit einfacher, leicht regelbarer und wartungsarmer Gebäudetechnik ausgestattet. Dazu gehören auch passive Komponenten zur Tageslichtnutzung wie lichtlenkende und lichtstreuende Verglasung. Es gehört zu dem Konzept der Schule, dass innovative Bauteilkomponenten, Strategien der passiven und aktiven Solarenergienutzung, des Sonnenschutzes und der Lüftung sichtbar und verständlich gemacht werden. Besonders hervorzuheben sind Vakuum-Isolationspaneele, elektrochrome Verglasungen, Nanogel-Verglasungen. Sowohl das Beleuchtungs- als auch das Belüftungskonzept sind Hybridsysteme: Moderne LED-Leuchten ergänzen bewährte Langfeld-Leuchtstoffröhren, die Lüftung erfolgt sowohl maschinell als auch auf natürlichem Wege. Da nur wenige technische Geräte vorhanden und somit aktiv sind, reduzieren sich die Lebenszykluskosten der TGA im Betrieb, dazu fällt der Energiebedarf des Gebäudes deutlich geringer aus.



Abb. 31 | Die Photovoltaikmodule sind über der wasserführenden Schicht der Giebelbänder angeordnet. Die Räume darunter bieten Platz für die dezentral angeordneten Lüftungsgeräte.

### Mehrinvestition senkt Betriebskosten

Die Lebenszyklusanalyse für dieses Projekt wurde mehrfach für verschiedene Planungsstände und auf Basis verschiedener Energieresultate berechnet. Die ermittelten Werte sollten den beteiligten Planern Hinweise auf Vor- und Nachteile spezifischer Lösungen geben.

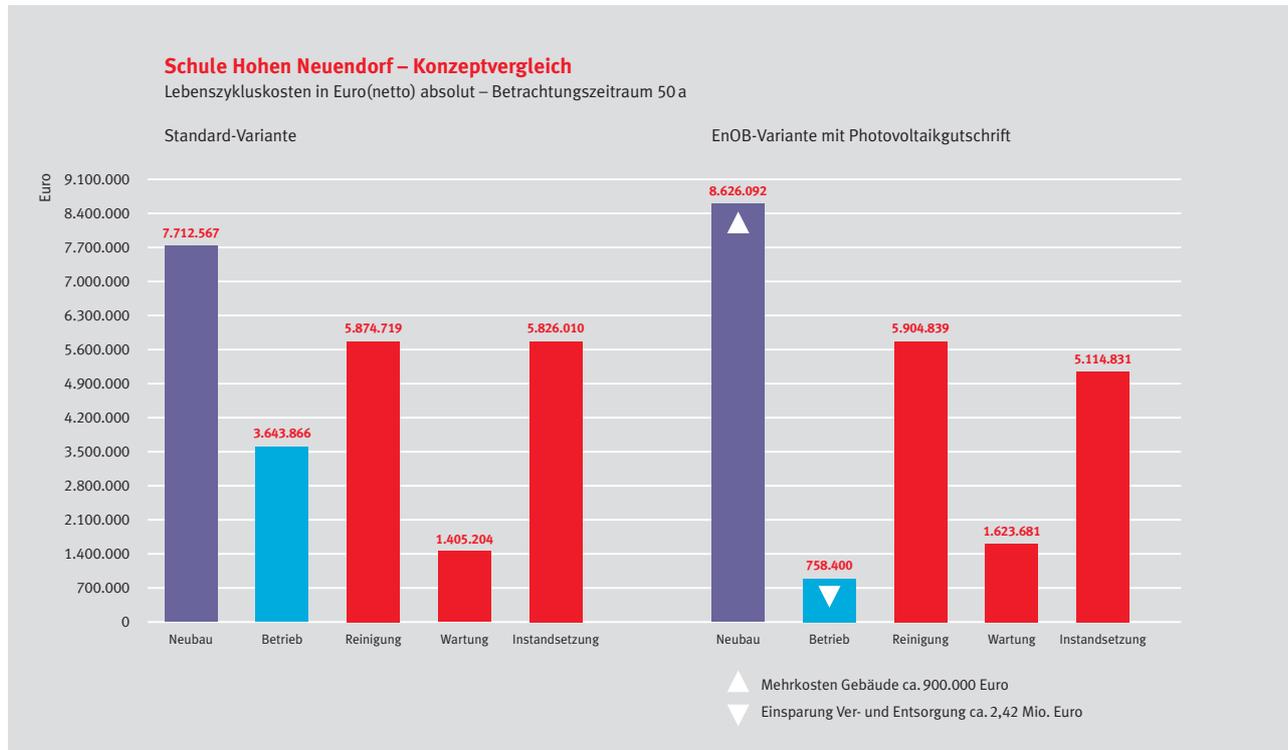


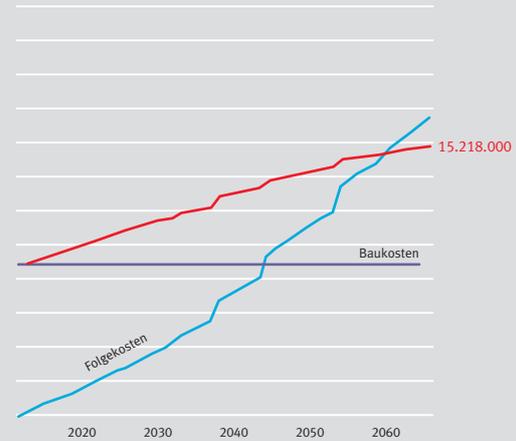
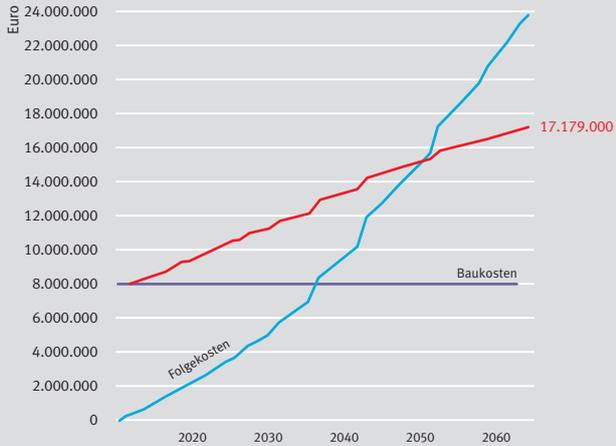
Abb. 32 | Statische Lebenszykluskostenrechnung: Höhere Baukosten und niedrigere Betriebskosten bei der Variante mit der Photovoltaik

### Schule Hohen Neuendorf – Konzeptvergleich

Barwert 50 Jahre in Euro – Energiepreissteigerungsrate 4 % per anno, alle Kosten diskontiert 3,5 %

Standard-Variante

EnOB-Variante mit Photovoltaikgutschrift



Differenz = 1.961.000 Euro – ca. 11,4 %

Abb. 33 | Barwert als diskontierte reale Jahreskosten über 50 Jahre



Abb. 34 | Fassade mit leicht regelbaren Verschattungselementen

Die Tabellen und Grafiken in Abb. 32, 33 und 35 zeigen Kosten- auswertungen für den Neubau der Grundschule in Varianten. In Abb.32 stellt die linke Grafik die Ausführung ohne Photo- voltaikanlage dar, die rechte Grafik ist inklusive der Kosten für eine Solarstromanlage. Die Variante mit der Photovoltaik- anlage weist für Baukonstruktionen und für Technische An- lagen 900.000 Euro höhere Herstellungskosten aus. Den höheren Herstellungskosten stehen erheblich niedrigere Betriebskosten und eine Einsparung von 2,42 Mio. Euro gegenüber. Die Berechnung basiert auf einem statischen Modell, bezogen auf einen Zeitraum von 50 Jahren.

Nach der dynamischen Berechnung fallen die Lebenszyklus- kosten, bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von vier Prozent, aufgrund der niedrigeren Betriebskosten mehr als ein Fünftel geringer aus. Diskontiert als Barwert (rote Linie in Abb. 33) ergeben alle Kosten zusammengenommen eine Einspa- rung von knapp zwei Mio. Euro bezogen auf den Referenzzeit- punkt. Dies bei einer Schule, die Energie produziert und deren Baukosten nicht höher liegen als bei Schulen üblicher Bauweise in Deutschland.

Professor Ingo Lütkemeyer erläutert im nachfolgenden Inter- view, welche Erfahrungen er mit der umfassenden Lebenszyklus- analyse bei seinem Projekt gemacht hat.

	LCC statisch	LCC dynamisch
	Variante 1	Variante 2
Preissteigerung Energie	0 %	4 % p. a.
Preissteigerung Reinigung, Wartung, Instandsetzung	0 %	Zusätzliche Preissteigerung p. a. 2 %
	keine Abzinsung	Barwert
		Nominalzins p. a. 5,5 %
		Realzins p. a. 3,5 %

Abb. 35 | Randbedingungen der durchgeführten statischen und der dynamischen Lebenszykluskostenrechnung (LCC)



## INTERVIEW

mit Professor Ingo Lütkemeyer, Architekt,  
IBUS Architekten und Ingenieure,  
Plusenergie-Grundschule in Hohen Neuendorf

*»Die ökonomische Nachhaltigkeit lässt sich nur über den Lebenszyklus des Gebäudes definieren.«*

*Die Menschheit kann nur überleben, wenn wir das Gesetz der Nachhaltigkeit achten und nachfolgenden Generationen die Lebensgrundlagen sichern. In welcher Verantwortung sehen Sie sich diesbezüglich als Architekt?*

Wir Architekten werden sicherlich nicht die Welt retten, dennoch denke ich, dass zukunftsfähige Architektur nachhaltig sein muss. Schon in der Berufsordnung der Architekten ist definiert, dass Architekten zweckmäßig, baukünstlerisch, technisch, wirtschaftlich, sicher, umweltgerecht und sozialverträglich zu planen und gestalten haben. Dieser Anspruch ist umfassend und entspricht dem Ziel nachhaltiger Entwicklung. In der spezifischen Interpretation der Anforderungen und der konkreten Ausgestaltung des planerischen Handelns im Wechselspiel mit

dem Auftraggeber und den übrigen Planungsbeteiligten muss der Architekt meiner Ansicht nach die Rolle als Koordinator des Planungsprozesses unter sozial-kulturellen, ökologischen und ökonomischen Kriterien einnehmen.

*Welche Auswirkungen hat das Gebot zur Nachhaltigkeit auf die Architektur und den Bauprozess?*

Die Voraussetzung für nachhaltige Konzepte bildet die konkrete Auseinandersetzung mit den verschiedenen Themen der Nachhaltigkeit. In der Planungsphase sind es zum Beispiel Fragen der Flächeneffizienz, der Baumaterialwahl, der Nutzungsflexibilität, aber auch der Behaglichkeit und der Betriebskosten. Diese Themen können zum Teil sehr weit ins Detail gehen, sodass es sinnvoll ist, dass die Planung von Spezialisten begleitet und interdisziplinär erarbeitet wird. In jedem Fall führt die Reflexion der Kriterien zu einer gesamtheitlicheren Planung und damit auch zu einer ganzheitlichen Architektur. Im Bauprozess muss sichergestellt werden, dass die Planung auch umgesetzt wird, wobei die in der Regel höheren Anforderungen nachhaltiger Konzepte auch weitergehende Maßnahmen der Qualitätskontrolle erfordern. Neben der Kontrolle der eingesetzten Baustoffe und deren entsprechender Deklaration sind auch die Ausführungsqualitäten (z. B. Luftdichtheit, Ausführung der Dämmung) mit geeigneten Maßnahmen zu überwachen. Die Organisation der Baustelle ist dann sicherlich auch noch ein eigenes Thema.

*Was genau verstehen Sie unter »Ökonomischer Nachhaltigkeit«?*

Ökonomisch nachhaltig ist ein Gebäude dann, wenn es wirtschaftlich errichtet und betrieben werden kann und dabei langfristig wertstabil bleibt. Konkret bedeutet dies, dass die Konzeption den ökonomischen Bedingungen des Bauherrn Rechnung tragen muss. Wichtig ist dabei die Abstimmung der inhaltlichen, planerischen Ziele und der finanziellen Möglichkeiten. Das gilt sowohl für die Investition, also die Herstellungskosten, wie auch für die Baunutzungskosten. Wertstabilität drückt sich neben standortspezifischen Kriterien vor allem in der Robustheit und Haltbarkeit der eingesetzten Materialien sowie in der Anpassungsfähigkeit des Gebäudes an sich ändernde Anforderungen und gar andere Nutzungen aus. Ein preiswertes, energieeffizientes Gebäude, das nach wenigen Jahren abgebrochen werden muss oder für das es keine Nutzung mehr gibt, kann nicht nachhaltig sein. Die ökonomische Nachhaltigkeit lässt sich nur über den Lebenszyklus des Gebäudes definieren.

*In welcher Form fließen bei Ihrem Planungsprozess die Folgekosten in die Architektur, Materialwahl und in das Energiekonzept ein?*

In meinem Verständnis spielt die Auseinandersetzung mit dem Betrieb des Gebäudes eine wesentliche Rolle im Planungsprozess. Zunächst gilt das natürlich im Hinblick auf die Funktionalität, also die Benutzbarkeit des Gebäudes. Architektur muss den



Abb. 36 | Zwischen den Klassentrakten der Schule

Raum dafür schaffen. Die Baukonstruktion und die Materialien definieren die Rahmenbedingungen für mehr oder weniger aufwendige Prozesse des Betriebs oder der Nutzung. Die Qualität der baulichen Hülle ist zum Beispiel ausschlaggebend für den durch entsprechende technische Anlagen auszugleichenden Energiebedarf. Dabei sind die baulichen Komponenten in der

Regel erheblich langlebiger als die anlagentechnischen Komponenten, sodass gerade bei den langlebigen Bauteilen möglichst optimale Lösungen gesucht werden müssen.

Andererseits wissen wir, dass bei energieeffizienten Gebäuden mit sehr niedrigen Betriebskosten (Strom, Wärme, Wasser) die Nutzungskosten für Reinigung, Wartung und Instandhaltung einen erheblichen Stellenwert erlangen und die Verbrauchskosten deutlich übersteigen können, sodass wir versuchen, auch hier effiziente Konzepte zu finden.

Bei der Grundschule haben wir beispielsweise das Thema der (Fußboden-)Reinigung ausführlich diskutiert und das Konzept auf die funktionale Struktur des Gebäudes abgestimmt: Der Bodenbelag der Schulstraße besteht aus robustem Feinsteinzeug. Die Zugänge zu den Klassenraumflügeln haben eine zusätzliche Sauberlaufzone, an der »Haustür« wechselt der Belag und in den Fluren und den Klassenräumen ist Linoleum verlegt worden. Die Klassenräume (Heimatbereiche) sind Hausschuhzonen, die Schüler der ersten Klassen wechseln in der Garderobe ihres Heimatbereichs die Straßenschuhe gegen Hausschuhe.

### *Welche Bedeutung hatte für Ihren Auftraggeber die Lebenszykluskostenrechnung?*

Bei der Planung der Grundschule hat der Bauherr gleich zu Beginn als wesentliches Ziel formuliert, dass die langfristigen

Kosten des Gebäudes sehr niedrig sein müssen. Aus dieser zentralen Aufgabenstellung ist dann letztendlich das Konzept entstanden. Das Gebäude ist also aus wirtschaftlichen Gründen ein Plusenergie-Gebäude geworden. Die Betrachtung der Lebenszykluskosten bestätigt, dass wir dieses Ziel erreicht haben. Das zeigt sich unter anderem daran, dass die Betriebskosten über 70 Prozent unter denen eines Referenzgebäudes gemäß EnEV 2009 liegen; die Lebenszykluskosten liegen über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren ungefähr 21 Prozent niedriger als beim Referenzgebäude.

*Wie wird sich das Berufsbild des Architekten vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsdiskussion in Zukunft verändern?*

Das Anforderungsprofil an den Architekten wird immer komplexer und vielfältiger. Planungsprozesse werden immer stärker durch interdisziplinär besetzte Planungsteams gestaltet. Der Architekt muss in diesem Zusammenhang seine Rolle, seine Mitwirkung in komplexen Planungszusammenhängen definieren. Meiner Ansicht nach sollte der Architekt die Rolle des Generalisten und Koordinators im Planungsprozess anstreben und dabei aufmerksam sein, um nicht zum Fachplaner für Farbe und Form zu werden.

# PROJEKTBEISPIEL

## Plusenergie-Grundschule Niederheide in Hohen Neuendorf

### Anschrift

Goethestraße 1  
16540 Hohen Neuendorf

### Standort

Städtischer Verbund  
Baufertigstellung  
August 2011

### Baubeteiligte

Eigentümer/Bauherr  
Stadt Hohen Neuendorf  
Grundschule Niederheide

### Architekt

IBUS Architekten und Ingenieure  
Lütkemeyer, Hillmann, Schmid,  
Berlin, Bremen

### Fachplaner

TGA, Gebäudeklimakonzept  
BLS Energieplan GmbH, Berlin  
Tragwerksplanung  
STB. Döhren Sabotke Triebold  
und Partner, Potsdam

### Forschungsbegleitung

Projektkoordination Phase I:  
sol id ar planungswerkstatt berlin  
Monitoring Phase II: Hochschule  
für Technik und Wirtschaft, HTW  
Berlin

### Nachhaltigkeits-Zertifizierung

BNB  
Zertifizierung soll im Frühjahr  
2013 erfolgen

### Grunddaten

#### Bruttogrundfläche

7.414 m<sup>2</sup>

#### Bruttorauminhalt

38.184 m<sup>3</sup>

#### Nutzfläche (nach EnEV)

6.563 m<sup>2</sup>

#### A/V-Verhältnis

0,39 m<sup>-1</sup>

### Bauwerkskosten nach DIN 276

#### Baukonstruktion

1.022 Euro/m<sup>2</sup> BGF (brutto)

#### Technische Anlagen

313 Euro/m<sup>2</sup> BGF (brutto)



Aus dem stetigen Wachstum der am nördlichen Stadtrand Berlins gelegenen Stadt Hohen Neuendorf resultiert eine zunehmende Nachfrage nach Grundschulplätzen. Um hier ein adäquates Angebot machen zu können, wurde von der Kommune der Neubau einer dreizügigen Grundschule mit einer Dreifach-Sporthalle realisiert. Das Grundstück befindet sich in dem vorstädtischen, von Einzelhäusern geprägten Ortsteil Niederheide und liegt unmittelbar an einem ausgedehnten Sportplatzgelände.

### **Besonderheiten des Projekts und Schwerpunkte**

Das Gebäude erfüllt höchste Anforderungen hinsichtlich der Nachhaltigkeit in Bau und Betrieb. Es erzeugt mehr Energie, als es verbraucht und ist damit auch CO<sub>2</sub>-neutral. Das 7.414 m<sup>2</sup> große Gebäude ist ein »Leuchtturmprojekt« der Förderinitiative »Energieeffiziente Schulen«, die Bestandteil des Forschungsschwerpunktes »Energieoptimiertes Bauen« (EnOB) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie ist. Die Grundschule Niederheide ist die erste Schule in Deutschland im Plusenergie-Standard.

### **Kurzbeschreibung des Gebäudekonzepts**

Der dem Projekt zugrunde liegende Planungsansatz beruht auf der Optimierung der baulich-architektonischen Bedingungen des Schulgebäudes, um eine einfache, leicht regelbare und wartungsarme Gebäudetechnik realisieren zu können. Dabei werden die Aufenthaltsbedingungen und der Nutzungskomfort (Luftqualität, visueller Komfort, thermische Behaglichkeit) für Schüler und Lehrer optimiert und sowohl der Energiebedarf als auch die Bau- und Nutzungskosten minimiert. Es werden optimale bauliche Voraussetzungen für ein zukunftsfähiges Lern- und Lehrumfeld geschaffen, das sich flexibel an unterschiedliche pädagogische Anforderungen (Binnendifferenzierung, Inklusion, jahrgangsübergreifende Gruppen, Projektarbeit u. a. m.) anpassen lässt.

### **Kurzbeschreibung des Energiekonzepts**

Das Energiekonzept umfasst

- \_ eine Gebäudehülle, die nach dem Passivhausstandard errichtet wurde, um den Wärmebedarf zu minimieren und Sonnenenergie zu nutzen,
- \_ eine Gebäudestruktur, die viel Speichermasse für eine freie Kühlung zur Verfügung stellt, um die sommerliche Überhitzung zu vermeiden,
- \_ ein Raumkonzept, das den Tageslichteinfall von mehreren Seiten ermöglicht, um eine hohe Tageslichtautonomie zu erreichen und damit den Strombedarf zu senken,
- \_ ein Beleuchtungskonzept, das eine präsenz- und raum-tiefenabhängige Beleuchtungssteuerung vorsieht, um nur das notwendige Maß an künstlicher Beleuchtung nachzuführen,
- \_ ein hybrides Lüftungskonzept, das sich im Wesentlichen auf die natürliche Lüftung stützt und Luft nur dann maschinell bewegt, wenn es energetisch sinnvoll ist oder Nutzungs- und Witterungsbedingungen es erforderlich machen,
- \_ eine nachhaltige Energieerzeugung auf der Grundlage des kombinierten Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen (Pellet-Heizkessel und Pellet-BHKW) und solaren Energien (PV Anlage).

# GESUNDHEIT

Architekten gestalten Gebäude, Fassaden, Räume und Oberflächen und tragen daher eine besondere Verantwortung für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen. Sie legen nicht nur Formen und Farben fest, sondern wählen gemeinsam mit ihren Bauherren auch die Materialien und Produkte aus. Diese Entscheidungen wirken sich auf die Qualität der Innenraumluft aus und bestimmen den akustischen, visuellen und thermischen Komfort. Gemeint sind Aspekte wie die Belichtung von Räumen, Schallschutz oder eine gelungene Raumakustik, die die Aufenthaltsqualität in einem Gebäude beeinflussen.

Die Aspekte Gesundheit und Schadstoffe schlagen sich in Bewertungsverfahren zur Zertifizierung in zwei Säulen der Nachhaltigkeit nieder. Im Bereich Ökologie (Risiken für die lokale Umwelt mit Wirkungen auf die lokale und regionale Umwelt) und im Bereich Soziokultur (Innenraumhygiene und Schadstoffe, Raum- und Luftqualität). Unmittelbar betroffen ist aber auch die Säule der Ökonomie (Kosten), da ein wohngesundes Gebäude auf Dauer einen höheren Wert am Immobilienmarkt erzielt als ein Projekt, bei dem die (möglichst niedrigen) Kosten nur für die Bauphase eine Rolle gespielt haben.

Beim Bauen findet sich kaum mehr ein Produkt, das nicht aus technischen Gründen synthetisch hergestellte Zugaben enthält. Zudem entstehen die meisten Chemikalien erst bei

deren Verarbeitung. Je nach Stoff verflüchtigen sie sich mehr oder weniger, schneller oder langsamer. In den meisten Fällen wissen Architekten nicht, welche Stoffe bei der Herstellung und Verarbeitung von Produkten entstehen – beispielsweise Schwermetalle, Halogene, Lösungsmittel etc. –, wie deren Nutzung auf die Gesundheit des Menschen wirkt und welche Umweltbelastungen für Wasser, Boden und Luft entstehen. Mit der Wahl bestimmter Ausbaumaterialien wie Teppiche, Parkett, Lacke, Kleber, Farben nehmen sie dennoch indirekt Einfluss auf die Intensitäten von Wohngiften und Schadstoffen, die Bewohnern, Nutzern und Umwelt zugemutet werden.

Um ein »gesundes« Gebäude zu bauen sind drei Aspekte von Relevanz:

1. messbare Schadstofffreiheit in Innenräumen als Planungsziel
2. Risikovermeidung für die Bauschaffenden während des Umgangs mit Produkten
3. lokaler und globaler Umweltschutz

## Gifte erkennen

Ein wichtiger Indikator für die Gesundheitsbelastung in Gebäuden sind Volatile Organic Compounds (VOCs). Diese Stoffe können Augenreizungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit und Schwindelanfälle verursachen – Krankheitssymptome, die unter dem Begriff SBS (Sick Building Syndrome = gebäudebedingtes Krankheitssyndrom) zusammengefasst werden. Zu hohe VOC-Werte können beispielsweise dazu führen, dass einzelne Räume oder komplette Bereiche in Gebäuden wegen Gesundheitsgefahr nicht betreten werden dürfen.

**VOC Definition:** »Volatile Organic Compounds« sind flüchtige organische Stoffe. Es gibt ca. 5.000 bis 10.000 verschiedene VOCs, die in geschlossenen Räumen in weit höheren Konzentrationen auftreten können, als in der Außenluft. VOCs in Innenraumluft sind Kohlenwasserstoffverbindungen zweier wesentlicher Ursprünge:

1. Bio-Effluents (Ausdünstungen) von Menschen
2. Ausdünstungen von Gebäudematerialien und Einrichtungsgegenständen

In der Tabelle (Abb. 37) sind die wesentlichen Innenraumschadstoffe und ihre Verursacher aufgeführt. Hierbei erfolgte eine

Raumluft		Typische Substanz	
Verursacher	Quelle	VOCs	Andere
Mensch	Atem	Azeton, Ethanol, Isopren	CO <sub>2</sub>
			Feuchte
	Hautatmung und Transpiration	Nonanal, Decanal, α-Pinene	Feuchte
	Flatus	Methan, Wasserstoff	
	Kosmetik	Limonen, Eucalyptusöl	
Gebäudematerial Möbel Büroausrüstung Konsumprodukte	Haushaltsmaterialien	Alkohole, Ester, Limonen	
	Verbrennung (Motoren, Öfen, Zigaretten)	Unverbrannte Kohlenwasserstoffe	Kohlenmonoxid
			CO <sub>2</sub>
			Feuchte
Farben, Lacke, Klebstoffe, Lösemittel, Teppiche	Formaldehyd, Alkane, Alkohole, Aldehyde, Ketone, Siloxane		
PVC	Toluol, Xylol, Decane		
Computer, Drucker/Kopierer	Benzol, Styren, Phenol		

Abb. 37 | Innenraumschadstoffe und ihre Verursacher

Zuordnung zu den beiden Verursachern Mensch und Material und die aus den Schadstoffquellen resultierenden Substanzen wie VOCs. Es zeigt sich, dass VOCs aus unterschiedlichen Quellen die Raumluftqualität maßgeblich beeinflussen können. Alle diese gesundheitsgefährdenden Substanzen sind mit entsprechenden Instrumenten und Geräten mess- und erfassbar.

Fehlende Strategien zur Vermeidung von Schadstoffen können dazu führen, dass hochwertige Gebäude bereits vor der Inbetriebnahme einer »Neubausanierung« unterzogen werden müssen. Besonderes Aufsehen erregte ein Fall, bei dem Bauprodukte mit dem seit 2001 verbotenen Stoff TCEP (Tris-2-Chlorethylphosphat; krebserregend und erbgutschädigend) eingesetzt wurden. Ab und an geraten Projekte auch in die Kritik, weil Richt- und Grenzwerte bestimmter Schadstoffe wie zum Beispiel Styrol überschritten werden. Festgestellt werden die unzulässigen Konzentrationen durch Schadstoffgutachten oder durch Beschwerden und Krankmeldungen von Mitarbeitern. Derartige Erfahrungen können und dürfen Architekten nicht unberührt lassen. Investoren und Bauherren müssen von Architekten aufgeklärt werden, dass Wert und Nutzen eines Gebäudes profitieren, wenn im Vorhinein mit dem nötigen Aufwand eine gesunde Raumluft dokumentiert und sichergestellt wird. Gebäude mit angewendeten und dokumentierten Verfahren zur Herstellung von gesunder Raumluft in Innenräumen gelten als

risikofrei und damit als hochwertig. Ein Qualitätsmerkmal solcher Gebäude ist es auch, dass sie nicht »riechen«.

### **Unüberschaubare Produktvielfalt**

Die Güte einer Raumluftqualität hängt maßgeblich davon ab, welche Ausdünstungen und Inhaltsstoffe die Luft enthält, die wir einatmen. Allerdings macht es die immense Anzahl an Bauprodukten schwer, die Luft hinsichtlich ihrer gesundheitlichen Unbedenklichkeit zu untersuchen und zu erfassen. Es gibt etwa 300.000 verschiedene Bauprodukte und noch mehr einzelne Stoffe und Chemikalien. Die bisher durchgeführten Untersuchungen erlauben lediglich für rund 800 bis 1.200 einzelne Stoffe eine Abschätzung der gesundheitlichen Risiken. Angesichts der Fülle von noch zu untersuchenden Stoffen sind Toxikologen hoffnungslos überlastet und bezüglich der synergetischen Wirkungen gibt es kaum Ansätze zur Bewertung und zu wenige durchgeführte Studien. Parallel steigt die Zahl der Inhaltsstoffe von Produkten stetig an.

### **Die Harmonisierung der Märkte stiftet Verwirrung**

Gütezeichen, europäische Kennzeichnungspflichten und die vielen Regelungen zu Bauprodukten sollen dazu beitragen, die gesundheitlichen Risiken für die Menschen beziehungsweise die Belastungen für die Umwelt deutlich zu reduzieren.



Abb. 38 | Die integrative Grundschule folgt dem Ansatz des gemeinschaftlichen Lernens. Offene überschaubare Räume prägen den Charakter.



Abb. 39 | Innenansicht des Gebäudes mit überprüften Materialien für den Innenausbau und Oberflächen

Davon kann aber nicht zwingend ausgegangen werden. Folgende Aussage fasst die Situation treffend zusammen: »Das Bauproduktengesetz 1998 hat mit der Einführung der CE-Kennzeichnung (die CE-Kennzeichnung klassifiziert im weitesten Sinne die Gebrauchstauglichkeit von Stoffen und Produkten auf EU-Ebene) zu einer Harmonisierung der Märkte und des freien Warenverkehrs innerhalb der EU geführt. Seither stehen wir vor der paradoxen Situation, Bauprodukte im Land vorzufinden, die einerseits CE-zertifiziert sind und andererseits den Anforderungen deutschen Chemikalienrechts nicht genügen und folglich nicht auf deutschen Baustellen verarbeitet werden dürfen.« (16)

Vor diesem Hintergrund ist es für Architekten und Ausführende schwer, die Folgen ihrer Entscheidungen und ihres Handelns zu überblicken. Architekten stehen vor einer schwierigen Situation, denn

- \_ es besteht gesetzlich keine Pflicht zur Schadstofffreiheit eines Produktes;
- \_ die Produkthaftung schreibt in Deutschland vor, dass der Nachweis für eine Gesundheitsgefährdung über eine Schädigung zu erbringen ist;
- \_ es gibt keine amtliche Institution, die grundsätzlich Bauprodukte auf die gesundheitliche Verträglichkeit überprüft (einzige Ausnahme ist das Biozidgesetz für das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten, beispielsweise Holzschutzmittel);

- \_ bei bauaufsichtlichen Zulassungen von Produkten durch das DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) wird keine umfassende Prüfung der Inhaltsstoffe hinsichtlich der Risiken auf Mensch und Umwelt durchgeführt.

### **Schadstoffeinträge identifizieren und vermeiden**

Wie lassen sich gesundheitsgefährdende Stoffe in Bauprodukten oder auf der Baustelle erkennen?

Die Ökobilanz (vgl. Kapitel Material) analysiert und erfasst sämtliche Herstellungstufen eines Materials. Es erfolgt eine Bewertung von gesundheitlich relevanten Schadstoffeinträgen auf »globaler« Ebene. Über die ganzheitliche Analyse der ökologischen Auswirkung über den gesamten Lebenszyklus werden alle relevanten Ressourcenströme aus der Umwelt (Material- und Energieentnahme) und alle relevanten Abgaben an die Umwelt erfasst. Der Schadstoffeintrag in die Umwelt hängt von der Art der Bearbeitung ab und ist von Material zu Material verschieden:

- \_ Holz: niedriger Schadstoffeintrag durch Sägen, Hobeln, Fräsen, Schleifen.
- \_ Holzwerkstoffe: deutlich höherer Schadstoffeintrag durch Herstellung von Holzteilen und zusätzliche chemische Bindemittel.
- \_ Zement: extrem hoher Schadstoffeintrag durch energieaufwändige Produktion.

Die Ökobilanz erfasst allerdings nur bekannte Prozesse. Daher können einige chemische Stoffe derzeit nicht einem der Umweltindikatoren zugeordnet werden. Vor allem lassen sich öko- und humantoxikologische Wirkungskategorien mangels konsensfähiger Bewertungsverfahren noch nicht bilanzieren.

Neben der durch die Ökobilanz ermittelten »globalen« Ebene können schädliche Wirkungen für die lokale Umwelt auch im Bauprozess entstehen. Insbesondere toxische Wirkungen (Krebserzeugung sowie Frucht- und Erbgutschädigung) sollten hier vermieden werden. Somit sind Verarbeitungshinweise zu geben, Rahmenbedingungen und Grenzwerte zu setzen. In der Praxis geben Verbots- und Anforderungslisten oder auch Klassifikationen Hinweise auf toxische Wirkungen sowie allergisierende und reizende Reaktionen.

Für die Planung empfiehlt sich eine Minimierungs- und Vermeidungsstrategie. Konkret kann man die Verwendung bekannter schädigender Inhaltsstoffe und Produkte bei Bedarf verbieten, einschränken oder im Gegenzug Positivlisten erstellen, in denen produktunabhängige Anforderungen formuliert sind. Alternativ kann man bestimmte Produkte mit Gütesiegeln für gesundes Bauen vorschlagen.

Abb. 40 zeigt eine Auswahl an gesundheitsschädlichen Stoffen sowie deren Vorkommen und Wirkung. Während der Planungs- und Ausführungsphase und für Leistungsverzeichnisse kann die Tabelle eine erste Orientierung geben.

Stoff	Gesundheitliche Wirkung	Vorkommen
<b>Bitumen</b>	Krebsverdacht	Anstriche, Bitumenpappe, Wellplatten, Asphaltestrich, bituminierte Faserplatten
<b>Phenol</b>	Kopfschmerzen, Schwindel, hautätzend, Nieren- und Kreislaufstörungen, narkotisierend, Leberschäden	P-Hartschaumstoffe, Kunstharze, Farbstoffe, Leime, Imprägnier- und Desinfektionsmittel, Teerpappe
<b>Styrol</b>	Narkotikum, Kopfschmerzen, Müdigkeit, Depressionen, Verhaltensstörungen, Sehstörungen, Reizungen der Atemwege	als Polystyrol zur Herstellung von Wärmedämmung und Klebern, Lebensmittelverpackungen
<b>Toluol</b>	Betäubungsmittel, Schleimhautreizung, Störung des Nervensystems, Schädigung von Leber, Nieren und Gehirn	Lösungsmittel in vielen Haushaltsprodukten vorkommend, besonders in Reinigungsmitteln
<b>Vinylchlorid (VC)</b>	krebserregend, Bindegewebsveränderungen in Lunge, Leber und Blutgefäßen	Fußbodenbeläge und Fenster (PVC), Textilien, Spielzeug, Installationsrohre, Rollläden

Abb. 40 | Auswahl von Schadstoffen mit gesundheitlicher Wirkung und Vorkommen

## Gesetze und Verordnungen

Neben der Berücksichtigung von Verbotslisten sind in Deutschland verschiedene Einstufungen nach Gefährdungsklassen üblich. Zudem sind u. a. folgende Gesetze und Verordnungen zu beachten:

- \_ Bauproduktengesetz: Hier wird in § 5 »Brauchbarkeit« ein Bauprodukt als brauchbar anerkannt, wenn es neben anderen Kriterien die wesentlichen Anforderungen der Hygiene, der Gesundheit und des Umweltschutzes erfüllt. Die CE-Zertifizierung zur Harmonisierung des europäischen Binnenmarktes mit Formulierung wesentlicher Anforderungen an bauliche Anlagen ist eingeführt.
- \_ Musterbauordnung (MBO): Darin steht »Bauprodukte dürfen nur verwendet oder angewendet werden, wenn das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit dauerhaft erreicht wird.«
- \_ Baustellenverordnung (BaustellV): Enthält Hinweise auf die allgemeinen Grundsätze nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG).
- \_ Chemikalienverbotsverordnung (ChemVerbotsV) und Gefahrstoffverordnung (GefStoffV).
- \_ Zivilrechtliche Ebene: das Bauwerk muss frei von Sach- und Rechtsmängeln sein.

Daneben existieren Grenzwerte zu potenziellen Schadstoffen wie Polychlorierte Biphenyle (PCB, siehe PCB-Richtlinie), Pentachlorphenol (PCP, siehe PCP-Richtlinie), Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, siehe PAK-Hinweise). Auch bestehen Vorsorgerichtwerte für die Bewertung der Innenraumluft (siehe RW I und RW II). Viele Bewertungen lassen sich nur aus den Regelungen im Rahmen des Arbeitsschutzes ableiten, wie den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) und der maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK). Da viele Stoffe nur im Bestand (auch ausgeführter Neubau) nachweisbar sind, ist eine Vermeidungsstrategie als vorbeugende Gefahrenabwehr unerlässlich.

---

**Gebäudeschadstoffe** | Ausführliche Informationen zu Gebäudeschadstoffen, Bewertungshilfen zum Gefahrenpotenzial sowie Handlungsanweisungen, Leitfäden und Richtlinien zur Sanierung:

Umweltbundesamt: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

Bayerisches Landesamt für Umwelt: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e. V.:  
[www.agoef.de](http://www.agoef.de)

---

Trotz Verordnungen und Gesetzen braucht es ein besonderes Vorgehen, um dem hohen Anspruch an gesunde und zukunftsfähige Gebäude zu genügen. Eine Formulierung von Qualitätsstufen, als Resultat von Verboten und Anforderungen, ist im gleichlautenden Kriterium »Risiken für die lokale Umwelt« des DGNB- und BNB-Bewertungssystems niedergelegt. In der Praxis bedeutet deren Umsetzung erheblichen Aufwand, beginnend bei der Planung und Ausschreibung, über die schrittweise Verfolgung im Bauprozess bis hin zu umfassender Dokumentation.

### **Öko-Labels, Gütesiegel und EPDs**

Viele Hersteller sind bemüht, von vornherein eventuelle Vorbehalte zu entkräften, indem sie ihre Produkte freiwillig mit Gütesiegeln versehen und gezielt bestimmte Qualitätsmerkmale hervorheben, um die gesundheitliche und ökologische Unbedenklichkeit zu untermauern. Aussagekraft und Umfang der Analysen sind dabei sehr unterschiedlich. Beispiele sind:

- \_ RAL-Gütegemeinschaften,
- \_ Blauer Engel,
- \_ GEV-Emicode (Gütegemeinschaft emissionskontrollierter Verlegestoffe e. V.),
- \_ GuT-Teppichprüfsiegel (Gütegemeinschaft umweltfreundlicher Teppichbodenbeläge),
- \_ EPDs (Environmental Product Declaration–Umweltproduktdeklarationen).



Abb. 41 | In Schulen spielt das Thema (Wohn-)gesundheit eine wichtige Rolle.

Gütezeichen sind zu unterscheiden nach:

- \_ Typ I – Umweltzeichen (zum Beispiel Blauer Engel),
- \_ Typ II – Selbstdeklaration,
- \_ Typ III – EPDs.

EPDs (Environmental Product Declaration – Umweltproduktdeklarationen) für Bauprodukte bilden eine wichtige Informationsgrundlage für die Erstellung einer Bauteil- und Gebäudeökobilanz und sind gleichzeitig eine wertvolle Informationsquelle bezüglich Inhalts- und Schadstoffen. Derzeit lassen viele Hersteller EPDs erstellen, obwohl der Aufwand sehr hoch ist und ein abgestuftes Prüfverfahren durchlaufen werden muss. Ist eine EPD vorhanden, lässt das entsprechende Bauprodukt keine Fragen hinsichtlich Herstellungsprozess, Produktketten und Inhaltsstoffen offen (vgl. Kapitel Material).

Die von der Bauindustrie entwickelten GISCODEs/Produktcodes basieren auf dem Gedanken, Produkte mit vergleichbarer Gesundheitsgefährdung und identischen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln in Gruppen zusammenzufassen. Auch Verbotlisten verschiedener Quellen können für eine Einschätzung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung von Bauprodukten hilfreich sein.

---

GISCODE ist ein Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft: [www.gisbau.de](http://www.gisbau.de)

---

### Gute Raumluftqualität ist messbar

Wer emissionsarme Materialien in der Planung bevorzugt und ihre Verwendung baubegleitend sicherstellt, kann zu Recht am Ende positive Messergebnisse erwarten. Je kleiner die Emissionsmassenströme an flüchtigen organischen und geruchsaktiven Stoffen aus den eingebauten Produkten sind, umso höher ist die Sicherheit, dass daraus eine niedrige Innenraumkonzentration an flüchtigen organischen Verbindungen und eine geruchlich unauffällige Innenraumluft resultieren.

Durch Messung der tatsächlichen Raumbelastung wird der Erfolg dokumentiert. Diese Messung erfolgt auf Anforderung des Bauherrn sowie bei Zertifizierungen spätestens vier Wochen nach Fertigstellung. Gemessen wird der gesamte (Total-)VOC-Gehalt in der Raumluft. Abb. 42 zeigt die Klassifizierung von Ausdünstungen leicht und schwer flüchtiger Stoffe (VOC), welche nach Baufertigstellung gemessen werden können. Feinstaub ist von flüchtigen Stoffen zu unterscheiden. Während der Messung ist sicherzustellen, dass keine äußeren Einflüsse das Ergebnis stören. Beispiele hierfür sind Pflanzenschutzmittel (Pestizide)

aus landwirtschaftlicher Umgebung oder organische Stoffe und Stäube aus Fußböden, Druckern und Kopiergeräten.

<b>VOC</b>	volatile organic compounds	Alle organischen Verbindungen (Substanzen die primär aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen) mit Siedepunkten im Bereich von 50 bis 260°C, mit Ausnahme von Pestiziden.
<b>SVOC</b>	semivolatile organic compounds	Die SVOC lassen sich in vielen Holzschutzmitteln und in einigen hochsiedenden Lösemittlersatzstoffen nachweisen, sowie in vielen Klebern und Lacken. Zu den SVOC gehören auch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Pestizide, Flammschutzmittel, PVC und Weichmacher. Gerade bei letzteren werden enorme Konzentrationen in Bau- und Raumausstattungsmaterialien nachgewiesen.
<b>TVOC</b>	total volatile organic compounds	Gesamtmenge aller »flüchtigen organischen Verbindungen« zur Bestimmung von Schadstoffen in der Raumluft, etwa durch Laserdrucker. Dazu gehören CMR-Stoffe, Benzol und Styrol.
<b>POM</b>	particulate organic matter	Feinstaub als inhalierbarer Feinstaub oder als Schwebestaub

Abb. 42 | Leicht und schwer flüchtige Stoffe (diese Stoffe können gemessen werden)



Abb. 43 | Hofansicht der integrativen Grundschule in Hamburg

### **Projektbeispiel: Ganztags Grundschule Johannisland in Hamburg Neugraben Fischbek**

Die Schule Johannisland in Hamburg Neugraben Fischbek, an der Grenze zu Niedersachsen gelegen, erzielte hinsichtlich der Innenraumschadstoffe gute Messergebnisse. Bei dem Gebäude handelt es sich um eines der Pilotprojekte, an welchen das Zertifizierungssystem nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) in der Praxis getestet wurde.

In Schulen spielt das Thema Schadstofffreiheit eine wichtige Rolle. Um die Verwendung schadstofffreier Produkte zu gewährleisten, muss dieser Aspekt frühzeitig in den Planungsprozess einfließen. Dies setzt eine ausführliche Beschreibung im Leistungsverzeichnis sowie Aufmerksamkeit und Verbindlichkeit bezüglich jedes einzelnen Produkts voraus. In einer Bewertung lassen sich Ziele in sogenannte Handlungsstufen gliedern. Frühzeitige Investitionen in die Planung gesunder Gebäude zahlen sich offensichtlich aus.

Architekt Marc-Olivier Mathez spricht im folgenden Interview über die vielschichtigen Zusammenhänge, die für den Bau einer »gesunden Schule« zu beachten sind – ausgehend von Vermeidungsstrategien aus dem Planungsprozess bis hin zu Schadstoffmessungen nach Baufertigstellung.



Abb. 44 | Straßenansicht des Gebäudes

## INTERVIEW

mit Marc-Olivier Mathez, Architekt, Architekturbüro Mathez, Grundschule in Hamburg Neugraben Fischbek

*Die Menschheit kann nur überleben, wenn wir das Gesetz der Nachhaltigkeit achten und nachfolgenden Generationen die Lebensgrundlagen sichern. In welcher Verantwortung sehen Sie sich diesbezüglich als Architekt?*

Die Fragen zur Nachhaltigkeit sind ein Bestandteil der eigenen gesellschaftlichen Verortung. Ich verbinde damit auch eine Verantwortung für das Gemeinwesen und den Schutz der schwächeren Mitglieder der Gemeinschaft. Also, in der Frage bin ich vielleicht auch sehr »altmodisch« und moralisch. Nachhaltigkeit bedeutet ein vernetztes Denken, das sich auch über »gesetzte« Begrenzungen hinwegsetzt. Da viele Faktoren der Nachhaltigkeit vom Architekten nicht beeinflusst werden können, muss um einen pragmatischen Ansatz gerungen werden. Der Architekt kann viel beitragen, aber nicht alleine die Welt verbessern, und er sollte auch die Welt nicht bekehren wollen.

*Welche Auswirkungen hat das Gebot zur Nachhaltigkeit auf die Architektur und den Bauprozess?*

Das Spannende sind die komplexen Verknüpfungen über das eigentliche Bauwerk hinaus, die sich zwischen Architektur und



*»Nachhaltigkeit bedeutet vernetztes Denken.«*

Gesellschaft immer wieder ergeben. So beeinflusst das Gebäude nachweislich das Verhalten seiner Bewohner und Nutzer im Positiven wie im Negativen. Auch muss immer davon ausgegangen werden, dass ein Gebäude auf Dauer nie genau so genutzt werden wird, wie man es zum Zeitpunkt der Planung vorhergesehen hat. Die städtebauliche Einbindung spielt hier ebenfalls eine große Rolle.

Ein gutes Gebäude schafft den Spagat zwischen präsenter Räumlichkeit und zurückhaltender Nutzungsbestimmtheit. Ich selbst bin der Meinung, dass für eine gute Architektur die

Fassaden eher untergeordnet sind, wichtig ist eine sinnfällige städtebauliche Position und ein intuitiv zu erfassendes Innenraumkonzept. Seit der Mensch die Höhlen verlassen hat, ist das Tageslicht die bestimmende Größe für das Wohlbefinden. Tageslicht muss der zentrale Baustein der Architektur sein.

Die alleinige Fokussierung der Nachhaltigkeitsdebatte auf energetische Fragen in der Architektur greift aber viel zu kurz, gerade wenn man, wie ich, der Meinung ist, dass auch die Ästhetik und das Wohlbefinden zu entscheidenden Kriterien in der Nachhaltigkeit werden. Was hilft mir ein Passivhaus, das so kleine Fenster bekommen hat, dass ich kaum noch Tageslicht habe und ich mich darin nicht mehr wohlfühle, weil es einfach zu dunkel geworden ist?

*Durch den Zertifizierungsprozess rücken auch gesundheitliche Aspekte in den Vordergrund, die früher bei der Planung eher untergeordnet waren. Inwieweit hat zum Beispiel das Kriterium »Risiken für die lokale Umwelt« Ihre Planung beeinflusst?*

Die Zertifizierung und die damit verbundene Auszeichnung wurde nachträglich vergeben und bestätigt im Nachhinein den von uns vorgeschlagenen Planungs- und Entwicklungsprozess. Das Projekt weicht in vielen Punkten von den erwarteten und vorgegebenen Projekt-Eckpunkten ab und definiert dafür eigene Kriterien, denen dann glücklicherweise von den verantwortlichen Stellen aus auch gefolgt wurde.

Die Schule folgt dem Ansatz des gemeinschaftlichen Lernens und gleichwertigen Umgangs von Lehrern und Schülern und dem der offenen überschaubaren Räume. Damit wich man – zumindest zu dem Zeitpunkt der Planung – explizit von den Schulbaunormen ab, die immer noch Schule als Klassenraum und dazugehörige Flure definieren. In der gesamten Schule und Kita gibt es keine innen liegenden geschlossenen Treppenhäuser, keine Flure, stattdessen einen mehrgeschossigen, gut nutzbaren und mit Tageslicht belichteten Innenraum.

Durch die neuartige Raumkonzeption war es auch notwendig, sich im Vorfeld Gedanken zur haustechnischen Auslegung zu machen, da es ja keine Normen gab, auf die man sich beziehen konnte. So wurde mit den Fachplanern zusammen vorab ein haustechnisches Konzept für das Gebäude entwickelt, abgestimmt und dem eigentlichen Fachplaner für Haustechnik für die Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Hinzu kam eine umfangreiche Simulation für Tages- und Kunstlicht.

*Welche Priorität nehmen nach Ihrer Ansicht generell Schadstoffe bei Schulbauten ein?*

Schadstoffe sind unbedingt zu vermeiden. Im Theater oder Kino, wo ich mich nur zwei oder drei Stunden aufhalte, kann ich mich anders auf Gerüche und Belastungen einstellen als in einem Gebäude, in dem ich mich Tag für Tag über viele Jahre aufhalten muss. Das psychische und physische Wohlbefinden ist ein hohes



Abb. 45 | Im Gebäude gibt es keine innen liegenden geschlossenen Treppenhäuser

Gut. Schadstoffe würde ich in ihrer Definition aber gerne erweitern – dazu gehören auch optische und akustische Verschmutzungen und funktionale Zumutungen. Auch Räume, die nur mit Kunstlicht nutzbar sind, würde ich in vielen Fällen dazu rechnen, ganz abgesehen von Staub und der Luftqualität. Die Vorgabe, bei einem Schulbau zum Beispiel auf Lüftungsanlagen zu verzichten, empfinde ich als Aufforderung zur Körperverletzung.

In der Grundschule gibt es im Obergeschoss einen Teppich, der zu 50 Prozent aus Recyclingmaterial hergestellt ist. Auf einen schwimmenden Estrich wird verzichtet, denn der notwendige Schallschutz resultiert alleine schon aus der erforderlichen Deckenstärke. Die Haustechnik kommt ohne aufwendige Kanalsysteme aus und aktiviert die massiven Bauteile als Speichermasse. So funktioniert die Lüftungsanlage mittels einfacher Überströmöffnungen, und sie nutzt die bestehende Thermik im Gebäude.

### *Wie beurteilen Sie Ihr Gebäude hinsichtlich Gesundheit und Schadstofffreiheit?*

Schadstoffe wurden bereits über allgemeine Richtlinien deutlich eingeschränkt. Zusätzlich sorgt die Permanentlüftung im Gebäude für ein gesundes Raumklima. Der Teppich, ein reines Kunststoff- und Recyclingprodukt, bindet Staub und ist somit für Allergiker von großem Nutzen. Großes Augenmerk galt einem allgemeinen körperlichen Wohlbefinden – hierzu gehören neben

dem Tages- und Kunstlicht auch die Akustik, genügend Frischluft, aber auch eine gestalterisch ansprechende Architektur.

### *Wie wird sich das Berufsbild des Architekten vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsdiskussion in Zukunft verändern?*

Ein Architekt sollte frühzeitig darauf hinweisen, dass sich durch Gebäudebetrieb und -bewirtschaftung Kosten in drei- bis vierfacher Höhe der Baukosten ergeben werden. Wenn ein Bauherr dies verinnerlicht hat, ist es für einen Planer einfacher, durch eine vorausschauende Planung darauf zu reagieren. Mit seiner Erfahrung kann er konkrete Anforderungen abstrahieren und allgemeingültiger in seinen Aussagen werden. Wichtig wäre, dass der Architekt die Vertrauensstellung als Generalist des Planens beim Auftraggeber wieder zurückerhält. Das erfordert allerdings sehr viel Detailwissen in Bereichen, die angeblich nicht sein Fachgebiet sind. Für die Planung eines nachhaltigen Gebäudes muss er auch zu einem Zeitpunkt in Entwicklungsprozesse eingreifen können, an dem er noch gar keinen Auftrag hat.

# PROJEKTBEISPIEL

**Integrative Grundschule im Bildungs- und Gemeinschaftszentrum in Hamburg Neugraben Fischbek**

## **Anschrift**

Am Johannisland 4  
21147 Hamburg

## **Standort**

Randlage Großstadt

## **Baufertigstellung**

Dezember 2011/Februar 2012

## **Baubeteiligte**

### **Eigentümer/Bauherr**

Freie und Hansestadt Hamburg,  
Behörde für Schule und Berufsbildung/SBH-GMH (SchulBauHamburg mit Gebäudemanagement Hamburg)

### **Architekt**

**Marc-Olivier Mathez**  
Dipl. Architekt ETH  
und Generalplaner (Lph 1–5),  
**HPP Architekten Hamburg**  
Düsseldorf (Lph 6–9)

### **Fachplaner**

**Energetisches und Haustechnisches Konzept**  
energy design braunschweig

### **Technische Gebäudeplanung**

HSGP Hamburg  
Barge Ingenieure

### **Tragwerksplanung**

ifb Berlin

### **Tages- und Kunstlichtplanung**

Prof. Peter Andres, Hamburg

### **Brandschutzkonzept**

HHP Berlin

## **Nachhaltigkeits-Zertifizierung**

BNB-Zertifikat in Silber

## **Grunddaten**

### **Bruttogrundfläche**

7.466 m<sup>2</sup> (Schule und Kita)

### **Bruttorauminhalt**

ca. 29.672 m<sup>3</sup>

### **Nutzfläche (nach EnEV)**

6.930,78 m<sup>2</sup>

### **A/V-Verhältnis**

0,26 m<sup>-1</sup>



## **Bauwerkskosten nach DIN 276**

### **Baukonstruktion**

7.310.000 Euro/m<sup>2</sup> BGF (brutto)

### **Technische Anlagen**

2.060.000 Euro/m<sup>2</sup> BGF (brutto)

Neubau einer integrativen Grundschule mit Kita, zusammen mit einem Stadtteilzentrum für das Neubaugebiet Hamburg Neugraben Fischbek. Die Schule ist dreigeschossig aufgebaut, im Erdgeschoss befinden sich Aula, Mensa, die Fachklassenräume, Bewegungsräume etc. Das Erdgeschoss wird nach Schulschluss abends und am Wochenende auch von Vereinen im Rahmen der Stadtteilarbeit genutzt. In den beiden Obergeschossen befinden sich die Klassenräume. Die Ebenen sind über großzügige Lufträume und durch eine gemeinschaftlich zu nutzende freie Ebene untereinander verbunden

### **Besonderheiten des Projekts und Schwerpunkte**

Offenes Innenraumkonzept mit großzügiger Versorgung mit Tageslicht durch Oberlichter. Verzicht auf geschlossene Treppenhäuser und Flure. Die Innenraumzonen sind ohne weitere aufwändige Brandschutzmaßnahmen frei möblierbar und werden direkt in die pädagogische Arbeit mit einbezogen.

### **Kurzbeschreibung des Gebäudekonzepts**

Überwiegender Betonskelettbau mit nichttragendem Ausbau in Gipskarton. Offene und zusammenhängende Räume im Erdgeschoss. Außenliegende Fluchtwege mit Stahltreppen. Belichtung der innenliegenden Zonen und Nutzflächen durch

einen mehrgeschossigen Innenraum mit Dachoberlichtern. Passive Sonnenschutzanlage, Auslegung auf ein träges thermisches Gebäudeverhalten. Teppich in den Obergeschossen, aufwändige raumakustische Aufbereitung.

### **Kurzbeschreibung des Energiekonzepts**

Erarbeitung und Abstimmung eines energetischen Grundlagenkonzeptes. Einfache Überströmlüftung (sog. Hybridlüftung) ohne Kanalführung unter Nutzung der sich einstellenden Thermik des hohen Luft-/Innenraumes. Tageslichtsimulation mit dem Ziel eines reduzierten Kunstlichteinsatzes. Offen geführte Leitungen der Haustechnik als Low Tec und als Beitrag zum kostengünstigen Bauen.

## GLOSSAR

**BNB** | BNB steht für »Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude«, ist also eine Systembezeichnung und nicht der Name einer Institution, mit dem Informationsportal Nachhaltiges Bauen (siehe Infokasten) als Plattform. Grundlage des BNB ist der Kriterienkatalog, der in der zweijährigen Zusammenarbeit mit folgenden Institutionen entwickelt wurde: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB). Zwischen DGNB und BNB besteht inhaltlich weitgehende Übereinstimmung, formal weichen die Sortierung und die Nummernbezeichnungen voneinander ab; zudem berücksichtigt das BNB spezifische Parameter der öffentlichen Hand (insbesondere bei der Prozessdokumentation bei Ausschreibung, Vergabe etc.).

**»(BNB)-Koordinator Nachhaltiges Bauen«** | Die Funktion eines »Koordinators Nachhaltiges Bauen« oder andere Bezeichnungen auf Grundlage des neu entstandenen »Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen« (BNB) ist mit der eines Auditors vergleichbar. Nachhaltigkeitskoordinatoren haben Kenntnisse in dem zugrunde liegenden Bewertungssystem sowie in den Inhalten und Bewertungsmaßstäben des nachhaltigen Bauens, jedoch keine Zulassung zur Einreichung von Unterlagen bei der DGNB.

**DGNB (auch: DGNB-System, DGNB-Zertifikat)** | Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) wurde 2007 von sechzehn Initiatoren unterschiedlicher Fachrichtungen der Bau- und Immobilienwirtschaft und von knapp 100 Mitgliedern gegründet. Ziel ist es, nachhaltiges und wirtschaftlich effizientes Bauen zu fördern, bis 2012 ist die Organisation auf etwas mehr als 1.000 Mitglieder angewachsen. Im Fokus der Arbeit steht die kontinuierliche Weiterentwicklung ihres ganzheitlichen Zertifizierungssystems für nachhaltige Bauwerke im In- und Ausland. Das DGNB-Zertifikat zeichnet umweltschonende, wirtschaftlich effiziente und nutzerfreundliche Gebäude aus. Partnerschaftliche Kooperationen bestehen beispielsweise mit Österreich, China und Bulgarien; diese Länder betreiben die Anpassung des Zertifizierungssystems an ihre spezifischen Gegebenheiten. Für Länder, in denen keine DGNB-Partnerorganisation existiert, wurde das »DGNB International System« entwickelt.

**(DGNB-)Auditor** | Auditoren/-innen werden von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) ausgebildet und geprüft. Auditoren haben umfassende Kenntnisse in dem DGNB-System und bewerten die Nachhaltigkeit eines Bauprojekts oder eines Bestandsgebäudes anhand eines Punktesystems. Ihre Bewertungsvorschläge werden bei der DGNB eingereicht und mit den Vorgaben abgeglichen (»Konformitätsprüfung«). Darüber hinaus beraten Auditoren – im Hinblick auf

das Zertifizierungsziel – zur Optimierung von Gebäuden, wobei meist ihr Spezialwissen (Gebäudesimulation, Energiekonzepte, Ökologie, Gesundheit u. a.) zum Tragen kommt. Die Auditoren-tätigkeit ist als Berufsbild interdisziplinär in den Bereichen Architektur, Immobilien-Ökonomie und Technik angesiedelt.

**Green Building** | Ein erster Schritt in Richtung einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbewertung war es, besonders energieeffiziente Gebäude als »Green Buildings« zu betiteln, um auf diese Weise einen Wettbewerb in »grüner Architektur« in Gang zu setzen. Seit 2005 wird ein gleichnamiges Label auf EU-Ebene und von 2006 bis 2010 in Deutschland, in Kooperation mit der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena), vermarktet. Damit wurden erstmals Unterschreitungen nationaler Energiestandards mit dem Fokus auf Marketinggesichtspunkten ausgezeichnet; Stichworte: erhöhte Attraktivität für Mieter und Käufer sowie Corporate Social Responsibility (CSR).

**Gütesiegel** | Ein Gütesiegel für Gebäude zeichnet hochwertige Gebäudeeigenschaften aus. Oft soll über ein Siegel ein freiwilliger Beitrag der Wirtschaft zu einer nachhaltigen Entwicklung dokumentiert werden. 1993 wurde in den USA das Gütesiegel LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) eingeführt, vor allem aufgrund fehlender nationaler Standards zur Bewertung energieeffizienter und ökologisch geplanter

Gebäude. Mit dem LEED-Label wird ein über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehendes verantwortliches unternehmerisches Handeln ausgezeichnet. In Deutschland gibt es Gütesiegel für besonders energieeffiziente Gebäude, wie seit 1991 die Zertifizierung »Qualitätsgeprüftes Passivhaus«. 2009 wurden hierzulande die ersten Gütesiegel für nachhaltiges Bauen mit ganzheitlichem Ansatz verliehen.

**Zertifikate** | Zertifikate im Gebäudebereich gibt es viele, beispielsweise um die Qualitätssicherung während der Bauausführung abschließend auszuzeichnen. Ein Zertifikat kann Fakten und Daten enthalten wie etwa Art und Umfang durchgeführter Prüfungen samt Ergebnissen und auch eine Benotung. Der Wert eines Zertifikats ist gekoppelt an dessen allgemeine Anerkennung und Verbreitung, sprich den Bekanntheitsgrad und die Reputation der ausstellenden Organisation. Im Vergleich mit beispielsweise CO<sub>2</sub>-Zertifikaten als Instrumente des Emissionshandels hat ein Nachhaltigkeitszertifikat keinen direkten monetären Wert und könnte auch nicht gehandelt werden. Das Zertifikat macht vielmehr die Qualität eines Gebäudes sichtbar und vergleichbar und erhöht die Chancen und Erträge bei Verkauf und Vermietung.

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

## Titelbild

Allandale House, Foto: William O'Brien Jr.

## Seite 10

Quelle: Professor Ingo Lütkemeyer

## Seite 11

Grafik: Martin Kusic; in Anlehnung an Darstellungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB)

## Seite 16

Tabelle: Martin Kusic

## Seiten 17, 21 und 24

Projekt VIER der Gundlach GmbH & Co. KG Bauträger, Visualisierungen: Homebase [www.homebase2.com](http://www.homebase2.com)

## Seite 19

Zeichnung Wohn- und Geschäftshaus B1 Hannover: Architekten BKSP

## Seite 22

Foto: Architekten BKSP

## Seite 27

Quelle: Hochschule München, Fakultät Architektur, Skript Klima Design Professor Clemens Richarz, 2008

## Seite 28

Quelle: Umweltbundesamt [www.umweltbundesdaten-zur-umwelt.de](http://www.umweltbundesdaten-zur-umwelt.de)

## Seiten 29, 31, 32, 35, 38 und 40

Bürohaus Stuttgart, Fotos: Klaus Mellenthin

## Seiten 30 und 44

Grafiken: Martin Kusic; in Anlehnung an Darstellung im Werk Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung (König et al.)

## Seite 33

Nach Inhalten der Richtlinie Systemtrennung AGG

## Seite 36

Foto: Blocher, Blocher Partners

## Seiten 45, 47, 51, 53 und 56

Logistikanlage Winsen (Luhe), Fotos und Zeichnung: Ixocon GmbH

## Seite 46

Foto: Volker Lindner

## Seite 49 und 50

Quelle: Stefan Oehler, Werner Sobek, Frankfurt

## Seite 52

Foto: Ulli Müller

## Seite 54

Foto: Volker Lindner

## Seite 59

Grafik: Martin Kusic

## Seite 60

Quelle: Manfred Hegger, Matthias Fuchs, Thomas Stark, Martin Zeumer: Energie Atlas – Nachhaltige Architektur, München/Basel 2007

## Seiten 61, 63, 67, 70, 74 und 76

Grundschule Hohen Neuendorf, Fotos: IBUS Architekten

## Seite 62

Quelle: Ulrich Fritsch, Benjamin Trischler, Turner & Townsend GmbH München 2011

## Seite 65

Quelle: Dr. Tim Wameling

## Seiten 68, 69 und 71

Quelle: Berechnung der Lebenszykluskosten und Ökobilanz im Rahmen des Projektes »LowTech und LowCost« Plusenergie-Grundschule für energieoptimiertes Bauen, Projektbericht und Ergebnisse, Holger König, 2012

## Seite 72

Foto: IBUS Architekten

## Seite 79

Tabelle: Martin Kusic; in Anlehnung an Beschreibung zu Voltcraft® CO-20 Luftqualitätsfühler

## Seiten 81, 82, 86, 88, 89, 92 und 94

Grundschule in Hamburg Neugraben, Fotos: Dirk Robbers

## Seite 84 und 87

Tabellen: Martin Kusic

## Seite 90

Foto: Achim Liebsch

## QUELLENVERZEICHNIS

- (1) Schretzmann, Rainer et al. 2006: Wald mit Zukunft. Nachhaltige Forstwirtschaft in Deutschland, Bonn aid-Heft 1478/2006
- (2) Carnau, Peter, Nachhaltigkeitsethik. Normativer Gestaltungsansatz für eine global zukunftsfähige Entwicklung in Theorie und Praxis, Rainer Hampp Verlag, München, 2011
- (3) Abschlussbericht der Enquete-Kommission »Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung«; 26.6.1998
- (4) Brundtland-Kommission 1987, Begriff Nachhaltigkeit: Die Kommission bezeichnet damit eine Entwicklung, »die den Bedürfnissen der heutigen Gesellschaft entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.«
- (5) RPW 2008, Richtlinie zur Durchführung von Planungswettbewerben
- (6) Fraunhofer-Institut für sichere Informationstechnologie: Forschungsprojekt FlexHaus, 2002
- (7) Plagaro Cowee, N.; Schwehr, Peter: Die Typologie der Flexibilität im Hochbau, Luzern 2008
- (8) Skript KlimaDesign, zweites Semester, Hochschule München, Prof. Clemens Richarz; Quelle: Professor Clemens Richarz
- (9) Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern (AGG)
- (10) Zitat von Horst Wildemann, Professor für Betriebswirtschaftslehre, Unternehmensführung, Logistik und Produktion, in: VDI nachrichten Nr. 12/2012
- (11) König, H., Kohler, N., Kreißig, J., Lützkendorf, Th., Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung – Grundlagen, Berechnungen, Planwerkzeuge. Regensburg: Detail Green Books, 2009
- (12) Vogdt, F., Kochendörfer, B., Dittmar, A.: Analyse und Vergleich energetischer Standards anhand eines exemplarischen Einfamilienhauses bezüglich Energiebedarf und Kosten über den Lebenszyklus, in: Bauphysik 5/2010
- (13) Zeumer, M., John, V., Hartwig, J.: Nachhaltiger Materialeinsatz – Graue Energie im Lebenszyklus, in: Detail Green 1/2009
- (14) Oehler, S., Fassadenbaustoffe im Vergleich – Ökobilanz von Außenwandtypen, in: greenbuilding 4/2012
- (15) DEGI Deutsche Gesellschaft für Immobilienfonds mbH, Research Kommentar, Oktober 2009
- (16) Dr. V. Renner, Innenministerium, Oberste Baubehörde Baden-Württemberg (2006)

Die Herausgeber haben sich nach besten Kräften bemüht, die erforderlichen Reproduktionsrechte für alle Abbildungen einzuholen und alle Quellen korrekt zu nennen. Für den Fall, dass dabei jemand übersehen wurde, sind wir für einen Hinweis dankbar.





ARCHITEKTEN- UND INGENIEURKAMMER  
SCHLESWIG-HOLSTEIN



### **Architektenkammer Niedersachsen**

Friedrichswall 5  
30159 Hannover  
Telefon 0511 28096-0  
Telefax 0511 28096-19  
info@aknds.de  
www.aknds.de

### **Architektenkammer der Freien Hansestadt Bremen**

Geeren 41/43  
28195 Bremen  
Telefon 0421 170007  
Telefax 0421 302692  
info@architektenkammer-bremen.de  
www.architektenkammer-bremen.de

BESSER. MIT ARCHITEKTEN.