Bauen mit Holz

Wege in die Zukunft

Publikation zur Ausstellung
des Architekturmuseums der TU München
in der Pinakothek der Moderne
10. November 2011 bis 5. Februar 2012
Ein Projekt des Architekturmuseums
und des Fachgebiets Holzbau
der Technischen Universität München

Ausstellung und Publikation wurden gefördert durch

Landesinnungsverband des Bayerischen Zimmererhandwerks
pro Holz Bayern
Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Förderverein des Architekturmuseums der TU München

Bauen mit Holz

Wege in die Zukunft

Herausgegeben von
Hermann Kaufmann
und Winfried Nerdinger
in Zusammenarbeit
mit Martin Kühfuss,
Mirjana Grdanjski

PRESTEL
München · London · New York

Zur Einführung

Holz hat als Baumaterial eine Bedeutung gewonnen, die noch vor wenigen Jahren kaum für möglich gehalten worden wäre. Das sich seit den 1970er-Jahren entwickelnde globale Bewusstsein für eine Schonung der Ressourcen und die Beachtung ökologischer Grundsätze hat auch im Bauwesen ein neues Denken herbeigeführt. Bautechnische Forschungen haben große Verbesserungen beim Brand- und Lärmschutz von Holzbauten bewirkt, und computergestützte Berechnungs- und Fertigungsmethoden ermöglichen völlig neue Formen der Gestaltung. Einer der ältesten Baustoffe liefert somit entscheidende Beiträge zu einer ressourcenschonenderen Architektur, ein vertrautes Material präsentiert sich in einer neuen Vielfalt. Diese Botschaften bestimmen die Ausstellung ›Bauen mit Holz – Wege in die Zukunft‹, mit der dieser Wandel einer breiten Öffentlichkeit verständlich und anschaulich vermittelt werden soll.
Die Darstellung beginnt mit dem Wald, der als Materiallieferant dient, weit darüber hinaus aber existenzsichernde Bedeutung für das Leben auf unserem Planeten hat. Aus diesem Grund haben die Vereinten Nationen das Jahr 2011 zum ›Internationalen Jahr der Wälder‹ erklärt. Circa ein Drittel der Landoberfläche der Erde ist mit Wäldern bedeckt, die als materialisierte Sonnenenergie bezeichnet werden können. Sie entstehen im Prozess der Photosynthese, bei der Kohlendioxid gebunden und Sauerstoff freigesetzt wird. Der Wald ist somit ein entscheidender Klimafaktor und Lebensspender, dessen Produkte zudem etwa 1,6 Milliarden Menschen Arbeit und Lebensunterhalt geben. Durch verstärkte Verwendung von Holz könnte in unseren Städten und Dörfern ein ›zweiter Wald‹ gepflanzt werden, der beträchtlich zur Kohlendioxidbindung und Klimaverbesserung beitragen würde.
Nach der Darstellung der Grundlagen des Holzbaus wird dessen ökologisches und energetisches Potenzial anhand wissenschaftlich fundierter Untersuchungen aufgezeigt. Es folgt eine Präsentation des technologischen Potenzials. Neue Fertigungsmethoden ermöglichen heute völlig neue Bauweisen, die anderen Baustoffen in energetischer und ökonomischer Hinsicht häufig überlegen sind. Der abschließende Teil zeigt dann eine Auswahl internationaler Beispiele, die einen Einblick in die neue Vielfalt des architektonischen Ausdrucks und der Gestaltungsmöglichkeiten vermitteln.
Die Vertreter der modernen Architektur sahen lange Zeit im Holz ein konventionelles Material, das nicht in der Lage sei, neue und zeitgemäße Konzepte auszudrücken. Diese Abwertung von Holz gegenüber Materialien mit einem angeblich stärkeren technischen und modernen Ausdruck ist durch die jüngsten Entwicklungen im Holzbau völlig obsolet geworden. Im Gegenteil: Holz kann heute geradezu als der Exponent und Garant eines zukunftsorientierten Bauens bezeichnet werden.
Ausstellung und Katalog konnten nur aufgrund großzügiger Förderung und Unterstützung verwirklicht werden. Unser großer Dank geht an den Landesinnungsverband des Bayerischen Zimmererhandwerks, pro Holz Bayern, das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, die Deutsche Bundesstiftung Umwelt und den Förderverein des Architekturmuseums der TU München. Wir danken weiterhin Alexander Kirst, den beteiligten Architekturbüros, die uns mit Leihgaben unterstützen, den Autoren sowie den Studenten der Fakultät für Architektur, die mit großem Einsatz Modelle im Rahmen von Vertiefungsseminaren fertigten. Besonderer Dank gilt Reinhard Gassner und Marcel Bachmann vom Büro Gassner Redolfi KG für die Gestaltung von Ausstellung und Publikation sowie den engagierten Mitarbeitern der beiden veranstaltenden Institutionen Martin Kühfuss, Mirjana Grdanjski und Mechthild Kaufmann.

Hermann Kaufmann – Fachgebiet Holzbau, TU München
Winfried Nerdinger – Architekturmuseum der TU München

Ökologische Bedeutung

Gerd Wegener
10 **Der Wald und seine Bedeutung**
Holger König
18 **Bauen mit Holz als aktiver Klimaschutz**
28 Neue Werkstätten der Lebenshilfe, Lindenberg/Allgäu
30 Finanzamt Garmisch-Partenkirchen
32 Gemeindezentrum Ludesch
36 Passivwohnhaus Samer Mösl, Salzburg
38 Campus Kuchl, Fachhochschule Salzburg

Technologisches Potenzial

Hermann Kaufmann
42 **Der andere Bauprozess**
46 Wohnanlage Ölzbündt, Dornbirn
48 Impulszentrum Reininghausgründe, Graz
52 Alpenhotel Ammerwald

Hani Buri und Yves Weinand
56 **Die Tektonik der Holzarchitektur im digitalen Zeitalter**
64 Betriebsrestaurant mit Auditorium, Ditzingen
66 Kapelle Saint-Loup, Pompaples
68 Neue Monte Rosa Hütte, Wallis
72 Golfclubhaus Haesley Nine Bridges, Yeoju
76 Savill Building, Windsor

Frank Lattke
78 **Neues Bauen im Bestand**
82 Studentenwohnheim Neue Burse, Wuppertal
84 Umbau und Aufstockung Altes Hospiz St. Gotthard
88 Erweiterung Ludwig-Erhard-Schule, Karlsruhe
90 Treehouses Bebelallee, Hamburg
94 Landwirtschaftsschule Altmünster

Wolfgang Pöschl
96 **Potenziale und Grenzen**
98 Multihalle Mannheim
100 Odate Jukai Dome Park
102 Sibeliushalle, Lahti
104 Kantonsschule, Wil
108 Messehalle 11 und Portalhaus West, Frankfurt am Main
110 EXPO-Dach, Hannover

Hermann Blumer
112 **Neue und zukünftige Dimensionen des Holzbaus aus Sicht des Ingenieurs**
118 Wohnhaus Esmarchstraße, Berlin
122 Murray Grove Tower, London
124 Wohn- und Bürogebäude, Bad Aibling
126 LCT – LifeCycle Tower

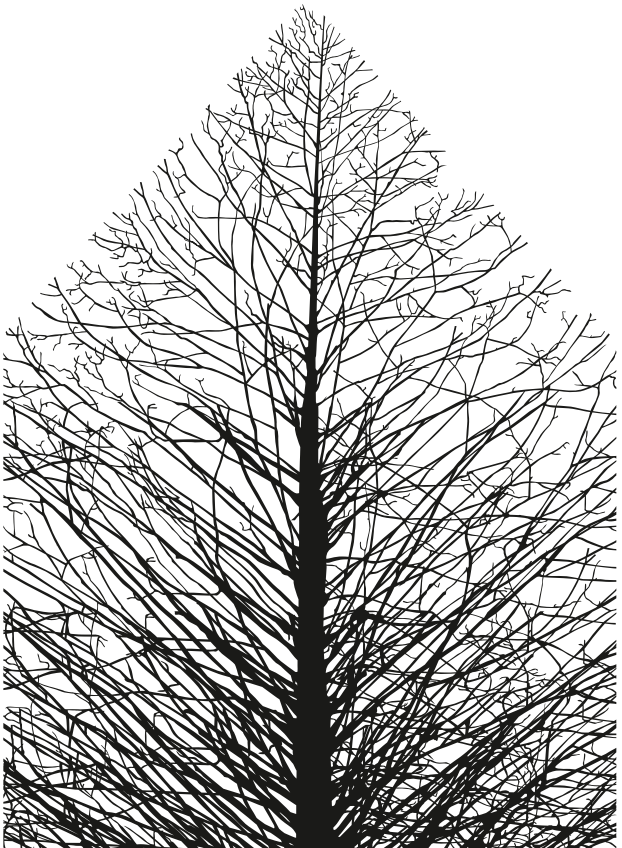
Vertrautes Material – Neue Ästhetik

Wolfgang Pöschl
130 **Materialentwicklung und Architektur**
134 Nachverdichtung Damaschkesiedlung, Regensburg
136 Reithalle St. Gerold
138 Wohnsiedlung Obere Widen, Arlesheim
140 Schweizerische Hochschule für die Holzwirtschaft, Biel
144 Weingut Pérez Cruz, Paine
146 Wohnüberbauung Ziegelwies, Altendorf
148 Hauptschule, Klaus
152 Zentrale Einrichtungen und Sprachenzentrum, Fachhochschule Weihenstephan, Freising
156 Kirche von Viikki, Helsinki
158 Altenwohn- und Pflegeheim, Steinfeld
160 Wohnhaus Gebhartstraße, Köniz-Liebefeld
164 Wohnanlage Mühlweg, Wien
166 Biohotel im Apfelgarten, Hohenbercha
168 Yusuhara Town Hall
172 Palmyra House, Nandgaon, Maharashtra
174 Doppelturnhalle, Borex-Crassier
180 Preikestolhytta, Rogaland
182 Naturkundemuseum Müritzeum, Waren
186 Wylerpark, Bern
188 Gemeindezentrum St. Gerold
192 Museum, Sabres
194 Betriebsgebäude, Heinle Energie- und Automationstechnik GmbH, Nördlingen
196 Verwaltungsgebäude Freilichtmuseum Ballenberg, Hofstetten
198 Stadthäuser, München

Florian Aicher
200 **Bewährt und inspiriert – das neue Handwerk**
Florian Nagler
207 **Mein Holz**

212 Anmerkungen
214 Projektliteratur
217 Literatur
218 Autoren
220 Architekten / Leihgeber
220 Abbildungsnachweis
222 Register
223 Dank
223 Modellbau
224 Impressum

Ökologische Bedeutung



Der Wald und seine Bedeutung

»Die Bedrohungen durch den Klimawandel sind so gravierend, dass es völlig unverständlich wäre, würde man die Beiträge der Wälder und die Verwendung von Holz nicht in vollem Umfang beachten.«[1]

Forstwirtschaft und Holzverwendung spielen nicht nur im Rahmen von Nachhaltigkeit und Klimaschutz eine große Rolle. Darüber hinaus wird immer deutlicher, wie wichtig es ist, nicht nur die Naturgrundlagen zu bewahren, sondern auch Kulturgüter zu schützen und neue zu schaffen. Wesentliche Elemente dieses Kulturschaffens bilden die Erhaltung und Neugestaltung von Lebensräumen und Bauwerken. Städte und Dörfer sind mehr als nur die Gesamtheit von Verkehrswegen, Infrastruktur, Gebäuden und Grünflächen. Architektur und Formgebung prägen unsere gebaute Umgebung und müssen deshalb menschliche Bedürfnisse erfüllen und eine lebenswerte Atmosphäre schaffen. Holz als nachwachsender Universalbaustoff und hochwertiges, attraktives Ausstattungsmaterial kann dazu beim Bauen und Gestalten sowohl im urbanen als auch im ländlichen Raum entscheidend beitragen. Kein anderer Bau- und Werkstoff ist dem Menschen durch seine Herkunft und technischen Nutzungsmöglichkeiten so vertraut. Holz strahlt Natürlichkeit aus und kann in Gebäuden helfen, die Raum- und damit die Lebens- und Wohnqualität aufzuwerten.
Das macht den Wald, die Forstwirtschaft und Holzverwendung zu wichtigen Partnern einer nachhaltigen Entwicklung, die den Menschen und die Gesellschaft in den Mittelpunkt stellt und den Gleichklang von Natur, Technik und Kultur anstrebt, ohne die ökonomischen Notwendigkeiten zu vernachlässigen. Auf diesem Weg müssen die Menschen allerdings das bisherige Verständnis von Wohlstand ändern und vom ›Lebensstandard‹ zur ›Lebensqualität‹ kommen. Diese beinhaltet neben Faktoren wie zum Beispiel Bildung, Gesundheit oder Qualität des Arbeitsplatzes auch intakte Lebensräume und Naturgrundlagen, wie Wälder sie bieten.

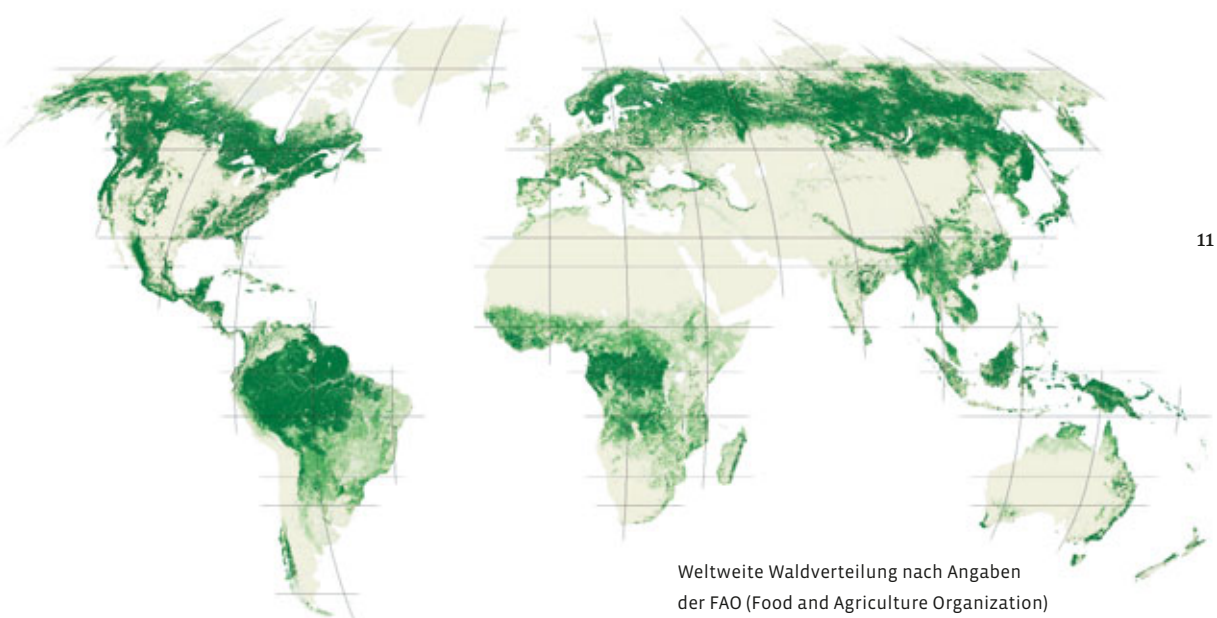
Wald weltweit

Gut 30 Prozent der Landfläche der Erde sind bewaldet. Bereits diese Zahl macht die Bedeutung der Waldnutzung für den Planeten und seine Bevölkerung deutlich. In den verschiedenen Klimazonen finden sich regional sehr unterschiedliche Waldformationen mit Tausenden von Baum- beziehungsweise Holzarten. Die Palette umfasst tropische und subtropische Urwälder ebenso wie boreale Wälder, Wälder der gemäßigten Breiten, bewirtschaftete Kulturwälder, Schutzwälder, Plantagen etc.
Eines haben jedoch alle Wälder gemeinsam: Sie wachsen durch Photosynthese und liefern damit den für das Leben auf der Erde notwendigen Sauerstoff und entziehen gleichzeitig der Atmosphäre das klimaschädliche Kohlendioxid, das im Holz als Kohlenstoffverbindungen gespeichert wird. Da etwa 80 Prozent der pflanzlichen Biomasse weltweit in Wäldern vorhanden ist,[2] stellen diese die bedeutendste und ›intelligenteste‹ Form von gespeichertem Kohlenstoff und nutzbarer Sonnenenergie dar. Wälder sind aber nicht nur ›grüne Fabriken‹ zur Produktion des wichtigsten nachwachsenden Rohstoffs und Energieträgers Holz sowie zahlreicher Nichtholzprodukte (Non-Timber Forest Products) wie etwa Kautschuk, Kork, Beeren, Früchte und Grundstoffe für Pharmazeutika. Sie sind auch vielfältigste Ökosysteme, die für Biodiversität, Luft-, Boden- und Wasserhaushalt, Erosions- und Lawinenschutz sowie Wetter- und Klimageschehen eine herausragende Bedeutung haben. Darüber hinaus stellen Wälder vielseitige Arbeitsplätze im ländlichen Raum, prägen die Landschaft, bieten Lebensräume für Pflanzen, Tiere und Menschen

und erfüllen vielfach Erholungs-, Freizeit- und Tourismusansprüche, vor allem im Umkreis urbaner Gebiete.[3] Durch diese Multifunktionalität sind Wälder seit der Frühzeit der Menschheit und in Zukunft noch vermehrt ein unverzichtbarer Natur-, Kultur- und Lebensraum sowie Teil der wirtschaftlichen Prosperität.
Die Vereinten Nationen haben das Jahr 2011 zum ›Internationalen Jahr der Wälder‹ erklärt und unterstreichen damit die herausragende Bedeutung der Wälder und ihrer Leistungen für die Menschen auf allen Kontinenten. Den industrialisierten Ländern kommt dabei eine besondere Vorbildfunktion und Verantwortung zu, ihre Wälder durch nachhaltige und naturnahe Forstwirtschaft zu nutzen, sie als Kulturraum zu pflegen und zu schützen sowie Holz als ökologischen Bau- und Werkstoff, für die Papierherstellung und als Energieträger bereitzustellen.[4]

Wald und Natur

Wald ist nicht gleich Wald, aber Wald ist immer mehr als die Summe seiner Bäume. Das scheint besonders einleuchtend, wenn wir beispielsweise tropische Urwälder im Amazonas- oder Kongobecken vor Augen haben: Mehr als 100 Baumarten pro Hektar und Zehntausende von Pflanzen- und Tierarten leben dort in komplexer Symbiose oder in harter Konkurrenz um die für sie notwendigen Ressourcen.
Doch von solchen Wäldern ist beim Bauen mit Holz nicht die Rede, sondern von bewirtschafteten Kulturwäldern in unseren Breiten mit den Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche, die durch nachhaltige und naturnahe Forstwirtschaft unser Bild vom Wald prägen. In Bayern, aber auch deutschlandweit lassen sich Waldökosysteme, bei denen Natur und Nutzung im Einklang stehen, besonders deutlich erleben.
Wirtschaftswälder sind Kohlendioxidsenken und damit aktive Elemente im Klimageschehen beziehungsweise Klimaschutz. Sie erfüllen je nach Standort und Bestandstyp Anforderungen an Wasserqualität und Wasserrückhaltevermögen sowie an Hochwasser-, Erosions- und Lawinenschutz, wirken als Lärm-, Staub- und Schadstofffilter und harmonisieren das lokale und regionale Klima. Die Wälder in Deutschland werden darüber hinaus in hohem Maß den Ansprüchen des Natur- und Biotopschutzes in verschiedenen Schutzkategorien gerecht (zum Beispiel Natura-2000-Gebiete, Naturschutzgebiete, Naturwaldreservate, Nationalparks). Dabei steht die Sicherung oder Verbesserung der Biodiversität im Vordergrund, die zu einem bedeutenden Teil in Wäldern und nicht in anderen Landnutzungsformen zu finden ist.



Weltweite Waldverteilung nach Angaben der FAO (Food and Agriculture Organization)

Auch in mitteleuropäischen Wäldern wächst je nach Waldtyp und Bewirtschaftungsform nicht nur eine Vielzahl von Baumarten als Grundlage der biologischen Vielfalt. Die kleinflächige Standortvielfalt mit unterschiedlichstem Angebot an Licht, Wasser und Nährstoffen bietet die idealen Voraussetzungen für die Flora des Waldes. Dazu gehören Tausende Arten von Blütenpflanzen, Moosen, Farnen, Flechten und Pilzen. Entsprechendes gilt für die Tierwelt: Für eine vielfältige Fauna, von bodenbewohnenden Kleinlebewesen über Käfer, andere Insekten, Vögel, Kleinsäuger bis hin zu Großtieren sind Wälder Lebensraum inmitten von Kulturlandschaften. Durch die langfristig naturnahe Bewirtschaftung bleiben die Randbedingungen über große Zeiträume erhalten, was zu stark vernetzten Lebensgemeinschaften zwischen Flora und Fauna führt. Dabei spielen unter anderem Totholz und Pilze eine wesentliche Rolle. Stehendes und liegendes Totholz bildet Lebensraum für Vögel, Eulen, Fledermäuse oder Bienen, Pilze zersetzen totes Holz und machen es dadurch für das biologische ›Netzwerk Wald‹ und seine Nahrungs- und Lebensgemeinschaften verfügbar.
Die naturnahe Bewirtschaftung von Wäldern nutzt natürliche Abläufe, um standortgerechte, strukturreiche und stabile Nadel-, Laub- oder bevorzugt Mischwälder zu erhalten oder zu erziehen. Dies geschieht unter anderem durch Naturverjüngung beziehungsweise Pflanzung oder Saat von geeignetem Vermehrungsgut zur Erhaltung der Genressourcen. Biodiversität und Bewirtschaftung schließen sich nicht aus, wie Untersuchungen an unterschiedlich bewirtschafteten Wäldern und aus der Nutzung genommenen Waldflächen belegen.[5]
Ein wichtiges Instrument zur Sicherung und Stärkung der nachhaltigen Waldnutzung und der Biodiversität im Wirtschaftswald ist die forstliche Zertifizierung, die grundsätzlich eine nachhaltige, naturnahe Waldbewirtschaftung dokumentiert. Weltweit gibt es eine große Zahl von lokalen und regionalen Zertifizierungssystemen, jedoch nur zwei, die international von Bedeutung sind. Nach dem 1999 eingeführten PEFC-System (Programme for the Endorsement of Forest Certification) sind weltweit 230 Millionen Hektar Waldfläche zertifiziert. Auch in Deutschland ist PEFC das führende Zertifikat, nach dem bis heute 7,5 Millionen Hektar zertifiziert wurden, was einem Anteil von zwei Dritteln der deutschen Waldfläche entspricht. Weltweit sind 134 Millionen Hektar Wald nach dem seit 1993 etablierten FSC-Zertifikat (Forest Stewartship Council) klassifiziert, in Deutschland dagegen nur 4 Prozent der Waldfläche. Über den Nachweis des ordnungsgemäßen forstlichen Managements nach festgelegten ökologischen Kriterien und Standards hinaus führen beide Systeme auch einen sogenannten Produktkettennachweis (Chain of Custody, CoC) durch. Damit wird dem Konsumenten eines Holzprodukts lückenlos die Herkunft der verwendeten Rohstoffe und Materialien dokumentiert – ein wichtiges vertrauensbildendes Marktinstrument für den Verbraucher, vor allem bei weltweit gehandelten Produkten.[6]

Wald und Gesellschaft

Wie kein anderer Lebens- und Wirtschaftsbereich verbindet der Cluster Wald – Forst – Holz nachhaltig die Bereiche Natur und Technik zum Wohl der Gesellschaft. Unsere Gesellschaft verlangt zunehmend nach Naturprodukten, um einen Ausgleich zu den Kunstprodukten zu schaffen, die unser Leben dominieren.
Wer Häuser aus Holz bauen und in Häusern aus Holz leben will, wer Holzfußböden, Holztreppen und Holzmöbel bevorzugt, wer eine Pelletheizung einer Öl- oder Gasheizung vorzieht, der darf Wald nicht nur als schützenswerten Naturraum sehen und erleben wollen, sondern muss auch die Nutzung des Rohstoffs Holz und damit die Forst- und Holzwirtschaft befürworten. Die Naturgrundlage dieses Wirtschaftens sind die Wälder, die europaweit mit 36 Prozent mehr als ein Drittel der Landesfläche bedecken, in

Deutschland 31 Prozent und in Bayern 33 Prozent. Das entspricht in der Europäischen Union einer Waldfläche von 190 Millionen Hektar, in Deutschland 11 Millionen und in Bayern 2,5 Millionen Hektar. Die Waldfläche in Europa hat in den letzten Jahren regelmäßig zugenommen, seit 2000 um 670 000 Hektar. Auch der Holzzuwachs und die Holzvorräte haben höchste Werte erreicht, was sich durch den erhöhten Stickstoffeintrag, in erster Linie aus der Landwirtschaft, und die zunehmende Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre erklären lässt.
Wem gehören nun diese Wälder? Entgegen dem allgemeinen Eindruck, Wälder seien ein öffentliches Gut, hat jeder Wald einen Besitzer – einer von Hunderttausenden von Waldbauern oder kleinen Privatwaldbesitzern mit wenigen Hektar Wald, große Waldbesitzerfamilien mit mehr als 1000 Hektar, staatliche, kommunale, kirchliche Eigentümer oder Stiftungen: Der Wald hat immer ›ein Gesicht‹. In Deutschland sind zum Beispiel 46 Prozent der Waldfläche in privatem Eigentum, 33 Prozent Staatswald und 21 Prozent Kommunal- beziehungsweise Körperschaftswald. In der Summe ergibt das zwei Millionen Waldbesitzer, allein in Bayern 700 000. Diese gemischte, kleinteilige Waldbesitzstruktur – den typischen Waldbesitzer gibt es nicht – ist nicht nur ein Garant für die Vielfalt der Wälder. Durch generationenübergreifende Gestaltung und Nutzung prägen die Waldbesitzer die Landschafts- und Siedlungsstrukturen, gleichzeitig erfüllen sie Aufgaben des Naturschutzes und zum allgemeinen Wohl der Gesellschaft.

Spannungsfeld Holznutzung

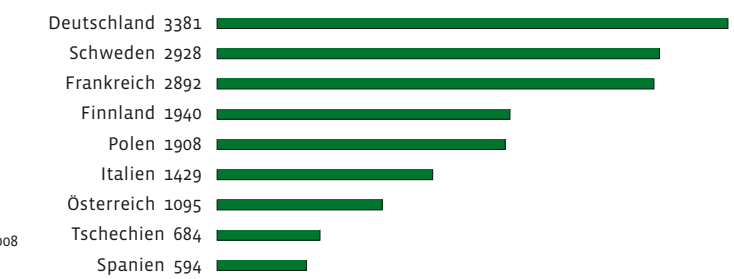
Forstwirtschaft und Holznutzung müssen heute ohne Zweifel in vielfältiger Weise wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und ökologischen Anforderungen gerecht werden. Das erscheint nur auf den ersten Blick neu. Der Wald und seine Nutzung liegen seit jeher in einem Spannungsfeld zwischen den konkurrierenden Ansprüchen der Menschen sowie der Erhaltung und Pflege der Naturgrundlage mit ihren zahlreichen ökologischen Funktionen. Die Verwendung von Holz als Bau- und Werkstoff, als Brennholz, für chemische Produkte sowie seine ungezählten Nebennutzungen lassen sich von der Frühzeit der Menschheit bis heute nachzeichnen. Viele Waldgebiete wurden jedoch nicht nur genutzt, sondern übernutzt und vernichtet. Die Gewinnung von Flächen für die Landwirtschaft – ein bis heute in den Tropen und Subtropen aktuelles Problem –, Brennholznutzung, Eisen-, Salz- und Glasproduktion mittels Holzkohle sowie der Schiffsbau erwiesen sich in der Vergangenheit als große ›Waldfresser‹.
Ab dem 18. Jahrhundert setzte in Mitteleuropa durch den in Deutschland formulierten Grundsatz der nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder der Übergang ein von der Waldnutzung zur Forstwirtschaft, die eine geregelte Holznutzung als wichtigsten wirtschaftlichen und ökologischen Pfeiler mit einschließt. Auf der Umweltkonferenz in Rio de Janeiro 1992 wurde im Rahmen der erweiterten Kriterien einer globalen ›nachhaltigen Entwicklung‹ und deren Umsetzung in der ›Agenda 21‹ dem System Wald und der Holznutzung eine besondere Rolle zugewiesen. Sie beinhaltet die nachhaltige Walderhaltung, -pflege, -nutzung und -vermehrung trotz des gewaltigen Drucks einer dynamisch wachsenden Weltbevölkerung, die von sieben Milliarden heute auf neun Milliarden bis 2050 ansteigen wird.
Dies ist nur möglich durch langfristiges Planen und Handeln für Generationen, das nirgends so verwurzelt ist wie in der Forstwirtschaft. Dadurch werden nicht nur die traditionellen ökologischen und gesellschaftlichen ›Wohlfahrtswirkungen‹ der Wälder sichergestellt, sondern auch ihre Leistungen im globalen Klimaschutz durch Bindung des Treibhausgases Kohlendioxid sowohl im Wald als auch in Holzprodukten. Letztere substituieren dar-

Kennzahlen des Clusters Forst und Holz im Vergleich

	EU 27	Deutschland	Bayern
Waldfläche in Mio. ha	190	11	2,5
Bewaldung in %	36	31	33
Holzvorrat in Mrd. m^3	22,5	3,4	1
Holzzuwachs in Mio. m^3 pro Jahr	660	80	25
Holzeinschlag in Mio. m^3 pro Jahr	420	70	18
Waldbesitzer in Mio.	16	2	0,7
Beschäftigte in Mio.	3,5	1,2	0,2
Umsatz in Mrd. Euro	400	170	31

Durchschnittszahlen, 2006–2008
Lit. vgl. S. 221

Holzvorräte in Mio. m^3



über hinaus weniger umweltfreundliche, endliche Rohstoffe und Produkte, sparen Energie und Emissionen ein, erfüllen die Anforderungen an eine kreislauforientierte und abfallarme Wirtschaftsweise.[7] Nachhaltige, naturnahe und multifunktionale Forstwirtschaft sowie eine intelligente, also ressourcen- und energieeffiziente Holznutzung und Holzverwendung, vor allem im Bauwesen, ist deshalb das Gebot der Stunde und eine der großen Herausforderungen auf dem Weg in ein postfossiles Zeitalter.[8]

Holz – intelligent und multitalentiert

– Holz ist nachwachsende Solarenergie

Holz kann mit Recht als Multitalent zwischen Natur und Technik bezeichnet werden. Die Photosynthese ermöglicht die Materialisierung der Sonnenenergie. Die Pflanzen bilden so neue Biomasse – und damit auch Holz – und generieren gleichzeitig Sauerstoff – die unabdingbare Voraussetzung für menschliches und tierisches Leben auf der Erde.

– Holz ist Kohlenstoffspeicher

Etwa 50 Prozent der Holzmasse ist Kohlenstoff, der durch die Aufnahme des Treibhausgases Kohlendioxid im Holz in unterschiedlichen Verbindungen gespeichert wird. Die verschiedenen chemischen Zusammensetzungen dieser Kohlenstoffverbindungen und der unterschiedliche strukturelle Aufbau von Tausenden von Holzarten stellen ein unerschöpfliches natürliches Rohstoffreservoir und ein enormes Potenzial für eine breitgefächerte Produktpalette dar.[9]

– Holz ist Universalbaustoff

Holz besitzt aufgrund seines Aufbaus aus Zellen mit spezialisierten Zellwandarchitekturen Hohlraumstrukturen, die je nach Holzart unterschiedlich ausgeformt sind. Das bietet ideale Voraussetzungen für den vielfältigen Einsatz als Baustoff, der bei geringer Dichte (200 – 1200 Kilogramm/Kubikmeter) enorme Festigkeiten zeigt, die auf die Masse bezogen höher sind als die von Stahl.

– Holz ist Werkstoff

Aus Holzteilen oder Holzpartikeln unterschiedlicher Form und Dimension (vom Brett bis zur Faser) entstehen durch Zusammenfügen mit geeigneten Klebstoffen unterschiedlichste Holzwerkstoffe mit spezialisierten Eigenschaften für verschiedene Einsatzgebiete im Bauwesen und in der Möbelherstellung, für konstruktive und dekorative Zwecke. Beispiele sind Spanplatten, Faserplatten und Sperrhölzer in unterschiedlichen Ausführungen, aber auch Furnier- und Brettschichtholz, um nur einige aus der großen Vielfalt zu nennen.[10]

– Holz ist Rohstoff für die Papierherstellung

Holz ist seit Mitte des 19. Jahrhunderts auch Papierrohstoff, wobei wiederum der strukturelle und chemische Aufbau des Materials genutzt wird. Mithilfe technischer Verfahren wird das Holz zerfasert und der Verholzungsstoff Lignin entfernt. Anschließend entstehen aus den Holzfasern durch geeignete Aufschlussverfahren die Papierfasern.[11]

– Holz ist Chemierohstoff

Die chemischen Komponenten des Holzes lassen sich nach ihrer Isolierung und/oder nach speziellen Umwandlungsprozessen in eine fast unüberschaubar große Zahl von Chemikalien und chemisch basierten Materialien konvertieren. Viskosefasern aus Buchenholz-Zellulose als moderne Textilfasern oder Zuckeralkohole aus Birkenholz-Polysacchariden als Süßstoff sind Beispiele dafür.[12] Die chemische Industrie und die neue Wissenschafts- und Technikdisziplin des ›Biorefinery‹ werden langfristig dazu führen, dass Stoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe alle erdölbasierten Produkte ersetzen können.

– Holz ist Energieträger

Schon lange nutzen die Menschen auf vielfältige Weise die im Holz gespeicherte Sonnenenergie als Gebrauchsenergie. Heute lässt sich

Energie neben den traditionellen Formen des Brennholzes und der Holzkohle, die weltweit eine meist unterschätzte Rolle spielen, auch aus Nebenprodukten der Holzwirtschaft gewinnen wie Pellets, Briketts und Holzhackschnitzel, die sowohl in Kleinanlagen als auch in Heiz- und Heizkraftwerken auf Holz- oder Biomassebasis zum Einsatz kommen. Energieholz aus Energieplantagen[13] erweitert zunehmend das Portfolio einer forst- und holzbasierten Energiewirtschaft.
Die skizzierten Fakten belegen: Holz ist ein zukunftsfähiger und multitalentierter nachwachsender Rohstoff, den uns die Natur produziert, die Forstwirtschaft zur Verfügung stellt und die Holz- und Papierwirtschaft sowie die chemische Industrie mittels geeigneter Techniken und Technologien in Produkte umwandeln, die dem Wohlstand der Menschen dienen.[14]

Wald – Forst – Holz: eine einzigartige ökologische Wertschöpfungskette

– Produktionsstätte und Ökosystem Wald

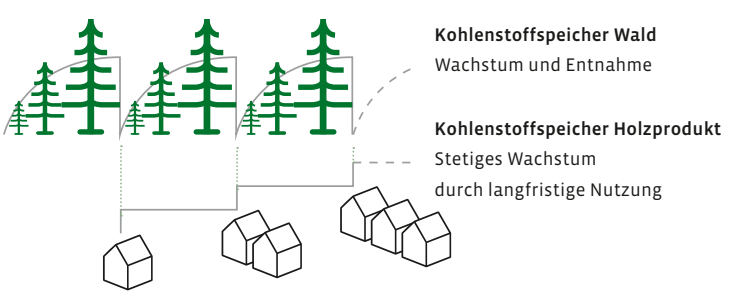
Holz nimmt gegenüber allen anderen Rohstoffen eine besondere Stellung ein: Es ist nicht nur nachwachsender Rohstoff und Energieträger, sondern auch ein Teil des Ökosystems Wald, das in seiner Gesamtheit von unersetzbarem Wert ist.
Bäume wachsen und produzieren den Naturstoff Holz, indem sie durch Photosynthese Kohlendioxid und Wasser mithilfe der Sonnenenergie in chemisch gebundene Energie umwandeln und die chemischen Komponenten der Zellwände – Zellulose, Polyosen und Lignin – aufbauen sowie begleitende Extraktstoffe, die zum Beispiel Farbe, Geruch oder die natürliche Dauerhaftigkeit von Holzarten bestimmen.[15] Wälder sind also Speicher für Kohlenstoff und Energie sowie Ressource für den Baustoff Holz.

– Vom Baum zum Rohstoff

Die Bewirtschaftung des Waldes durch die Forstwirtschaft macht ihn zum Wirtschaftsfaktor. Je nach Waldtyp, Bewirtschaftungsweise und Produktionszielen erwirtschaften Waldbesitzer durchschnittlich bis zu 90 Prozent ihres Einkommens mit Erlösen aus der Holznutzung. Der gesamte Holzeinschlag in der Europäischen Union (Tabelle S. 13) von 420 Millionen Kubikmetern entspricht einem Wert von etwa 15 Milliarden Euro.[16] Damit im Zusammenhang stehen die Arbeitsplätze und Einkommen aller Beschäftigten in der Forstwirtschaft und den damit verbundenen Branchen (Einschlags- und Fuhrunternehmen, Fahrzeug- und Maschinenhersteller etc.). In Bayern beispielsweise sind in diesem Sektor mit circa 200 000 Erwerbstätigen ebenso viele Menschen beschäftigt wie im Maschinen- oder Fahrzeugbau.[17]
Nur die nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder durch Holznutzung sichert ihre Senkenwirkung bezüglich Kohlendioxid. Die Bereitstellung des Materials Holz durch die Forstwirtschaft nimmt äußerst wenig Energie in Anspruch, sie liegt bei maximal 5 Prozent der in Form des Heizwerts im Holz gespeicherten Energie. Dies begründet sich unter anderem durch die in der Regel kurzen Transportwege und die optimierte Logistik.[18]

– Vom Rohstoff zu den Produkten

Die nachgelagerte Holz- und Papierwirtschaft be- und verarbeitet das Holz zu Halbfertig- und Fertigprodukten, die sie dann dem Markt zur Verfügung stellt. Die von klein- und mittelständischen Betrieben dominierte Branche ist so vielfältig wie ihre Produktpalette. Produziert wird fast ausschließlich im ländlichen Raum und in Familienunternehmen, wodurch der Bereich besonders stark in die regionalen Wirtschaftsstrukturen eingebunden ist. Dazu gehören Sägewerke, Holzwerkstoffindustrie, Zellstoff- und Papierindustrie (mit nachgelagertem Druck- und Verlagsgewerbe) und Möbelindustrie ebenso wie das Zimmerer- und Holzbaugewerbe, Fenster- und Fassadenbau, Parkett-, Paletten- und Packmittelhersteller, Furnierwerke, Schreiner- und Möbelhandwerk,



Wald und Holz = wirksamer Kohlenstoffspeicher

Energieproduzenten bis hin zu Herstellern von Holzbearbeitungsmaschinen und der Holzhandel.[19]
Schnittholz und die daraus produzierten verklebten Bauprodukte, zum Beispiel Brettschichtholz, erfordern ebenso wie die große Palette an plattenförmigen Holzwerkstoffen, beispielsweise Span- und Faserplatten, zur Herstellung sehr wenig Energie im Vergleich zu Konkurrenzmaterialien wie Stein, Ziegel, Beton oder Stahl. Holzwerkstoffe bestehen zudem zu großen Anteilen aus Holzreststoffen der Holzindustrie. Geringer Energieaufwand und energetische Nutzung von Reststoffen bedeuten auch Einsparung von fossilen Kohlendioxidemissionen. Holz und holzbasierte Produkte verlagern darüber hinaus den Kohlenstoff und die gespeicherte Energie vom Wald in Gebäude, wo sie über 30 bis 100 Jahre gebunden bleiben.[20] Durch diese langfristige Nutzung wächst der klimawirksame Kohlenstoff- und Energiespeicher in Form von Holzbauten stetig (Abb. S. 15).

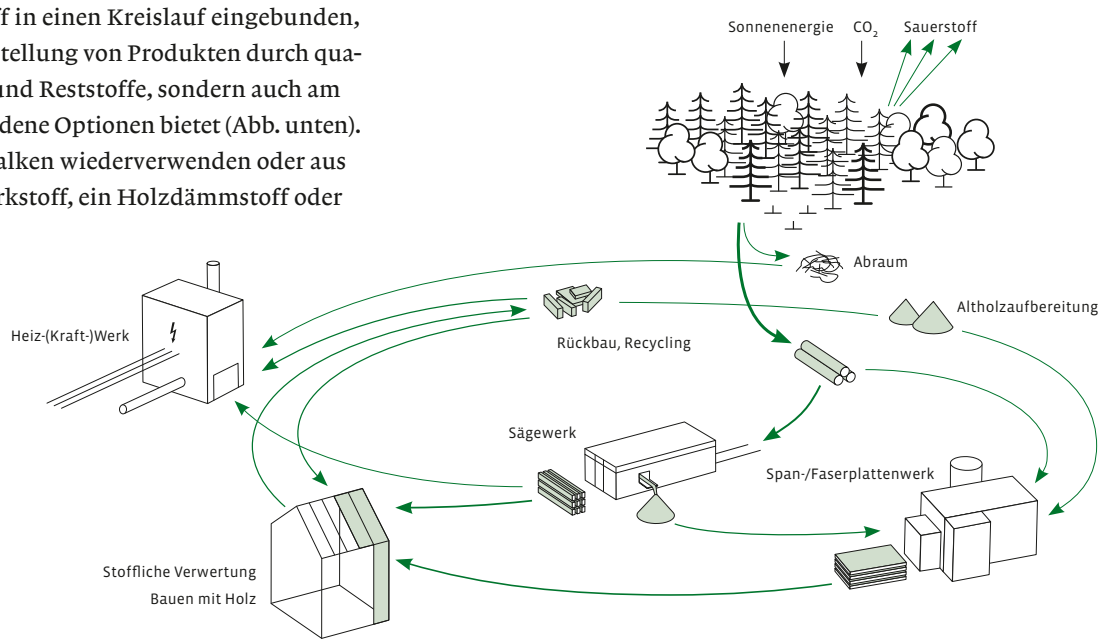
– Substitutionspotenzial

Im Vergleich zur Nutzung von Produkten aus nicht nachwachsenden oder fossilen Rohstoffen, die aktuell kein Kohlendioxid binden (zum Beispiel Stahl, Aluminium, Beton, Kunststoffe) und bei ihrer Produktion und späteren Entsorgung überschüssiges Kohlendioxid erzeugen, lassen sich durch den Einsatz von Holz und Holzprodukten große Mengen an Energie und Kohlendioxidemissionen einsparen. Holzverwendung bedeutet also geringeren Energieverbrauch und damit aktiven Klimaschutz.[21]

– Klimaschutzeffekte am Ende des Lebenszyklus

Holz ist als natürlicher Baustoff in einen Kreislauf eingebunden, der nicht nur während der Herstellung von Produkten durch qualifizierte Nutzung der Neben- und Reststoffe, sondern auch am Ende des Lebenszyklus verschiedene Optionen bietet (Abb. unten). So lässt sich zum Beispiel ein Balken wiederverwenden oder aus seinem Holz ein neuer Holzwerkstoff, ein Holzdämmstoff oder ein Energieträger gewinnen: Das aus der Nutzung ausscheidende Produkt wird dadurch zu einem Sekundärrohstoff.[22]
Grundsätzlich können alle gebrauchten Holzprodukte und Materialien in geeigneter technischer Weise nach den geltenden Vorschriften energetisch genutzt werden.[23] So lassen sich beispielsweise am Ende der Nutzungsdauer des hölzernen Expo-Dachs in Hannover die darin verarbeiteten 5200 Kubikmeter Holz und Holzprodukte nach einem vergleichsweise energiearmen Rückbau in eine Energiemenge umsetzen, die dem Jahresbedarf an Heizenergie von 1600 Einfamilienhäusern entspricht.[24] Letztlich ist Holz auch biologisch abbaubar, etwa durch Kompostierung, wodurch sich der natürliche Stoffkreislauf zwar schließt, der mögliche Energiegewinn und die Kohlendioxideinsparung jedoch nicht genutzt werden.
Energiebilanzen für Produkte und Gebäude aus Holz belegen, dass es über den gesamten Lebenszyklus (Herstellung, Nutzung, Instandhaltung, Entsorgung) gelingen kann, für die Herstellung weniger Energie aufzuwenden, als aus den Reststoffen der Produktion und dem Recyclingpotenzial des Produkts am Ende des Lebenszyklus wiedergewonnen wird. Die Fachsprache bezeichnet das als Plusenergie. Kein anderer Baustoff weist eine so umfassende Energieeffizienz und damit Klimawirksamkeit auf wie Holz.[25]

■ Gerd Wegener



Holz ist ein idealer Kreislaufwerkstoff. Holzprodukte können wieder- und weiterverwendet werden.

3381 Mio. m^3 Holzvorrat in Deutschland

Jährlicher Zuwachs in Deutschland: ca. 80 Mio. m^3 – 10 Mio. m^3 bleiben im Wald, 70 Mio. m^3 werden geerntet.
Daraus können theoretisch jährlich 45 Mio. m^3 Holzbauprodukte hergestellt werden.

Jährlich werden in Deutschland ca. 100 Mio. m^3 Wohngebäude (31 Mio. m^2 Wohnnutzfläche) und ca. 190 Mio. m^3 Nichtwohngebäude neu gebaut.
Pro m^3 umbauten Raum benötigt man im Schnitt für Wohngebäude ca. 0,08 m^3 Holz und für Nichtwohngebäude ca. 0,05 m^3 Holz in Form von Holzbauprodukten.

Etwas mehr als ein Drittel der deutschen Jahresholzernte würde ausreichen, um das gesamte jährliche Neubauvolumen Deutschlands aus Holz zu errichten.

Bauen mit Holz als aktiver Klimaschutz

Lange Zeit beschränkte sich die Baustoffkunde ausschließlich auf das Aufzählen der stofflichen, physikalischen und chemischen Eigenschaften der Materialien, Aspekte wie Gesundheit, Komfort, Umweltbelastung und Umweltfolgen spielten dagegen keine Rolle. Erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde allmählich ein Zusammenhang zwischen Umwelt- und Gesundheitsschäden und den Aktivitäten der Baustoffindustrie hergestellt. In den 1960er- und 70er-Jahren kam es zu Gesundheitsskandalen im Zusammenhang mit Asbest (Zuschlagstoff in Putzen und Platten), Formaldehyd (Spanplattenkleber) und Pentachlorphenol (Holzgiftmittel). Die Schwefeldioxidproduktion bei Verbrennungsprozessen wurde in den 1970er-Jahren als Ursache des Waldsterbens (›Saurer Regen‹) erkannt und das wachsende Ozonloch entstand als Folge der Freisetzung von Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW) aus Treibmitteln, unter anderem für geschäumte synthetische Baudämmstoffe. Die finanziellen Folgen dieser gesundheitlichen Schädigungen und Umweltzerstörungen schreckten langfristig die politischen Institutionen und Behörden auf und führten in Deutschland und Teilen Europas zu einer Veränderung der wissenschaftlichen, politischen und juristischen Rahmenbedingungen.

Die Baustoffe

In der Diskussion über die ›richtige‹ Energie, die sich in Deutschland aus der Anti-Atomkraft-Bewegung entwickelte, ergab sich schnell die Unterscheidung in nicht erneuerbare und erneuerbare Energie. Im Baubereich konnte sich diese Erkenntnis allerdings bis heute nicht durchsetzen. Hier ist das Stoffverständnis weiterhin von den naturwissenschaftlichen Denkstrukturen des 19. Jahrhunderts geprägt, die Einteilung orientiert sich an der Gliederung der Chemie in anorganische und organische Stoffe. Ob die Quelle des Kohlenstoffs eine nachwachsende oder eine endliche Ressource ist, bleibt dabei unberücksichtigt. Eine alternative Einteilung, die die Stoffherkunft einbezieht, wäre die in mineralische, vegetabile/pflanzliche, animalische und synthetische Baustoffe,[1] wobei die pflanzlichen Stoffe erneuerbaren und die synthetischen nicht erneuerbaren Kohlenstoff enthalten. Die synthetischen Materialien nehmen dabei eine Zwitterstellung zwischen mineralischen und vegetabilen Stoffen ein, da ihre Ausgangsstoffe zwar ursprünglich pflanzlicher Herkunft sind, sie über Jahrmillionen aber tief greifende Veränderungen erfahren haben und zu Kohle, Erdgas oder Erdöl umgewandelt wurden. Mit der drohenden Ressourcenknappheit bekommt diese Stoffgliederung eine weitreichende Bedeutung.

Baustoffe aus fossilen und nachwachsenden Rohstoffen

Am Beispiel der organischen Baustoffe sollen die spezifischen Stoffeigenschaften und fundamentalen Unterschiede von nicht erneuerbarem und erneuerbarem Kohlenstoff unter ökologischen Gesichtspunkten erläutert werden.
Kunststoffe erobern seit über 100 Jahren immer mehr Lebensbereiche, da sie in eng fokussierten Nutzungsspektren eindeutige Vorteile gegenüber anderen Materialgruppen aufweisen. Unterschiedliche Mischungsformulierungen verleihen dem Material extrem unterschiedliche Eigenschaften, die zum Beispiel von sehr geringem bis zu sehr hohem Gewicht, von resistent gegen Fäulnis bis zu verrottungsfähig, von hart bis weich und von hoch elastisch bis zu reißfähig reichen können. Der in Jahrmillionen entstandene und abgelagerte Kohlenstoff wird durch die Nutzung der fossilen Rohstoffe heute freigesetzt und ergibt durch die Anreicherung in der Atmosphäre das Phänomen des Treibhauseffekts.
Auffallend ist dabei immer die extreme Dauerhaftigkeit der künstlich gebildeten Stoffe, die den Abbau und die Wiedereingliederung in das Ökosystem erschwert. Die Haltbarkeit entsteht in vielen

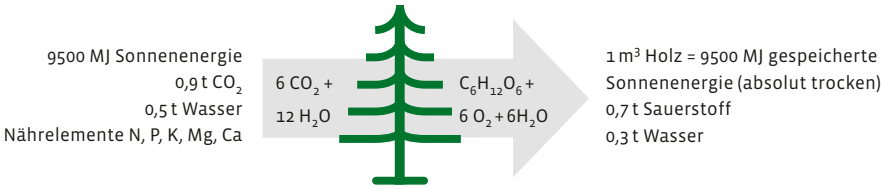
Fällen durch toxische Einzelsubstanzen (Weichmacher, UV-Stabilisatoren etc.), die bei ihrer irgendwann erfolgenden Freisetzung Ökosystem (Erde, Wasser, Luft) und Biosystem (Plankton, Fisch, Mensch) vergiften.
Pflanzen dagegen verwandeln durch Photosynthese das Kohlendioxid aus der Luft mithilfe der Energie des Sonnenlichts in Saccharide. Diese Grundsubstanz wird unter anderem in Zellulose umgebaut, eine Aufbausubstanz für die Faser- beziehungsweise Holzbildung. Dabei wird der für den Menschen lebensnotwendige Sauerstoff freigesetzt.
Da der Kohlenstoff im Holz beziehungsweise in den daraus hergestellten Bauprodukten gebunden ist, wird ein Gebäude aus Holzprodukten auch Kohlendioxidspeicher genannt.
Die geringe Umweltbelastung von nachwachsenden Rohstoffen drückt sich im geringen Primärenergieaufwand beziehungsweise geringen Ausstoß an Klimagasen bei der Herstellung eines Bauteils aus. Die Kohlendioxidakkumulation in der Herstellungsphase, ausgewiesen in Form der Kohlendioxidgutschrift, neutralisiert sich in der Entsorgungsphase des Bauprodukts.

Zurichtungsgrad

Ein weiterer Aspekt, der das Verständnis für die Eigenschaften von Baustoffen vertieft, ist der Zurichtungsgrad. Darunter versteht man den Aufwand für die Herstellung eines Baumaterials und den Grad der Umwandlung der Ausgangsstoffe, der von naturbelassen bis zur strukturellen Veränderung reichen kann. Die Analyse des technischen Zurichtungsgrads eines Bauprodukts enthält auch Hinweise auf seinen Denaturierungsgrad. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Baubereich eine hohe Haltbarkeit ein wesentliches Qualitätsmerkmal darstellt. Ein natürliches Produkt wie Lehm löst sich bei dauernder Feuchtigkeit auf, das Brennen des Lehms zu Ziegel verbessert jedoch die Haltbarkeit. Durch Sintern wird der Ziegel zu einem Klinker und damit frostfest, aber auch vollständig wasserdicht, sodass ein Feuchtetransport nicht mehr möglich ist. Wird Kalk bei bis zu 850 Grad Celsius gebrannt, entsteht ein lufthärtendes Bindemittel, das sehr gute Eigenschaften bezüglich des Feuchteausgleichs aufweist. Durch Vermischen von Kalk mit Hydraulefaktoren und Brennen bei 1500 Grad Celsius entsteht Zement. Dieser erhärtet sogar unter Wasser, besitzt aber nicht mehr die Fähigkeit, Feuchte auszugleichen.
Der Zurichtungsgrad hat auch Auswirkungen auf die Gesundheitsrisiken, die von einem Stoff ausgehen können. Während Lehm für die Haut sehr gut verträglich ist, wirken gebrannter Kalk und stärker noch Zement ätzend. Zudem beeinflusst der technische Zurichtungsgrad in vielen Fällen auch die Wiedereingliederung eines Baustoffs in den Materialkreislauf. Je höher der Zurichtungsgrad, desto geringer die Möglichkeit des schnellen, problemlosen Abbaus.

Lebenszyklusbetrachtung und Ökobilanz

Um die komplexen Umwelteinflüsse bei der Baustoffproduktion und deren Verwendung zu erfassen, ist es notwendig, die in anderen Bereichen bekannte Methode der Lebenszyklusbetrachtung auch auf Bauprodukte anzuwenden. Die dabei zu berücksichtigenden Prozesse gliedern sich in die drei Phasen Stoffbildung (Gewinnung, Herstellung), Stoffgebrauch (Verarbeitung, Nutzung) und Stoffauflösung (Abbruch, Beseitigung/Rückführung). Die Lebenszyklusbetrachtung verdeutlicht die Folgen von Produktprozessen, auch wenn diese in der Dauer generationenübergreifend sind, das heißt in eine Zukunft von 50 oder 100 Jahren reichen.
Die Gliederung in Baustoffe mit nicht erneuerbarem und erneuerbarem Kohlenstoff, der Zurichtungsgrad und die Lebenszyklusbetrachtung finden sich heute in der Ökobilanzierung wieder.

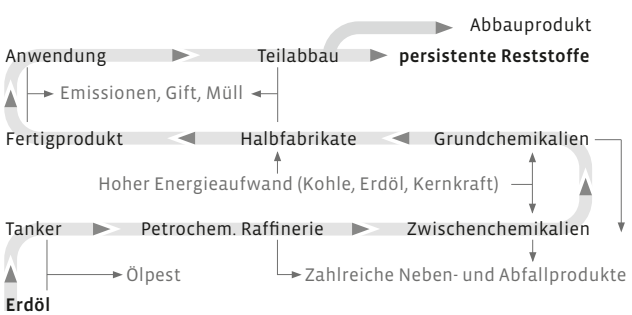


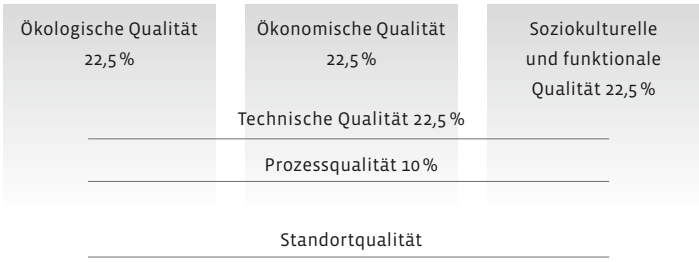
Die Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment – LCA) berücksichtigt als ganzheitlicher Ansatz den gesamten Lebenszyklus eines Baustoffs einschließlich damit verbundenem Ressourcenverbrauch und den Umweltfolgen und bewertet seine Umweltwirkungen.
Während bisher meist nur die direkten Auswirkungen der Herstellung bezogen auf Standort oder Nutzung betrachtet und möglichst minimal gehalten werden, versucht die Methode der Ökobilanz, auch Problemverlagerungen an andere Orte oder in andere Umweltmedien zu berücksichtigen und zu reduzieren. Dieser Ansatz schließt den gesamten Lebenszyklus ein, also neben der Herstellung auch die Nutzung und die Entsorgung des Produkts – von der Wiege bis zur Bahre (cradle to grave).[2]
Das Ende des Lebenszyklus (End of Life – EOL) eines Materials beziehungsweise Bauprodukts hat einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse der Ökobilanz. Bauprodukte mit einem Heizwert dürfen nicht deponiert werden, sie werden entweder direkt weiterverwertet oder der thermischen Verwertung zugeführt, also verbrannt. Angerechnet werden dabei in der Ökobilanz die Wärmenutzung und die Erzeugung von elektrischem Strom durch Kraft-Wärme-Kopplung, durch die andere fossile Energieträger substituiert werden.

Energie und Entropie

Bei jedem Verwertungsprozess, der das Bauteil zerstört und entweder auf bestimmte Rohstoffe zurückführt (beispielsweise Schreddern von Beton) oder zur Energiegewinnung nutzt (zum Beispiel thermische Verwertung), geht der Teil der Energie, der für die technische Zurichtung des Grundstoffs eingesetzt wurde, unwiederbringlich verloren. Dieser Energieaufwand aus dem Herstellungsprozess wird kumulierter Energieverbrauch (KEV) genannt. Er ist bei Produkten mit hohem Zurichtungsgrad im Verhältnis zum Heizwert groß. Bei gleicher Gewichtsmenge Dämmstoff haben Bauprodukte aus fossilen Rohstoffen einen geringen Heizwert und einen hohen KEV, solche aus nachwachsenden Rohstoffen dagegen einen hohen Heizwert und einen niedrigen KEV.[3]
Um diese Verhältnisse exakter zu verstehen, muss man sich nicht nur mit den Energie-, sondern auch mit den Entropieprozessen auseinandersetzen. Entropie ist ein Maß für die gegebene Unordnung in einem System. Bei der Herstellung eines synthetischen Dämmstoffs aus einem Liter Erdöl steigt durch viele energieaufwendige Prozesse das Maß an Ordnung und die Entropie nimmt ab. Beim Verbrennen wird diese Ordnung zerstört, die Entropie nimmt dabei wieder zu. »Die zwangsweise Ordnung der Kunstharzmoleküle wird erkauft mit einer Zunahme an Unordnung im Rest der Welt, welche in ihrem Ausmaß die erzwungene Ordnung um ein Vielfaches übersteigt.«[4]
Der Entropiepfad pflanzlicher Stoffproduktion verläuft grundsätzlich anders. Bei einem Dämmstoff aus nachwachsenden Rohstoffen, zum Beispiel Flachs, erfolgt die Zunahme an Ordnung beim Wachstum der Pflanze mittels Sonnenenergie durch Photosynthese, bei der aus Wasser und einfachen ›unordentlichen‹ Gasen wie Kohlendioxid hochkomplexe Moleküle entstehen. Die Einstrahlung der Sonne – eine Energiequelle außerhalb unseres Planeten – ermöglicht den Substanzaufbau und damit die höhere Stoffordnung ohne zusätzlichen fossilen Energieeinsatz. Die so erreichte Ordnung benötigt nur einen geringen zusätzlichen Einsatz von Energie und Stoffen, um daraus einen Dämmstoff zu machen. Da die Pflanzen den Kohlenstoff, den sie zum Substanzaufbau benötigt, aus dem globalen Kohlenstoffreservoir entnehmen, findet beim Substanzabbau am Ende des Lebenszyklus keine Zunahme des Treibhauseffekts statt.

Fossile Rohstoffchemie, unterbrochener Kreislauf





Zertifizierungssystem des Bundes – BNB und DGNB

Die Ökobilanz in der Gebäudebewertung

Im Zertifizierungssystem für Gebäude des Bundes, dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), sowie beim DGNB Zertifikat der Deutschen Gesellschaft Nachhaltiges Bauen wird im Kriterienblock ›Ökologische Qualität‹ die Durchführung einer Ökobilanz gefordert. Diese berechnet sowohl die Ressourceninanspruchnahme als auch die Umweltwirkungen durch Bau und Betrieb des Gebäudes.

Ein wesentlicher Teil der Ökobilanz besteht in der Bewertung des eingesetzten Materials im Hinblick auf seine Umwelteinflüsse. Auf Basis der Materialeigenschaften, der Lebensdauer, den Instandsetzungsintervallen und den Rückbauszenarien lassen sich vergleichbare Aussagen zu verschiedenen Materialien, Bauprodukten oder Gebäudekonzepten treffen. Das Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Stadtplanung (BMVBS) stellt zur Durchführung der Berechnung eine öffentliche Datenbank mit Ökobilanzmodulen zur Verfügung, die Ökobau.dat.

Fünf Gebäude

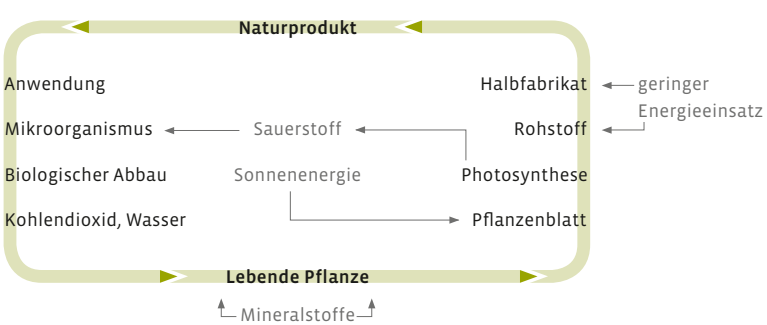
Für eine vergleichende Ökobilanzierung wurden fünf Gebäude ausgewählt, die in vielen Bauteilen nachwachsende Rohstoffe einsetzen. Das Ziel bestand darin, neben dem physischen Gebäudemodell auch ein digitales Informationsmodell mit der exakten Beschreibung des Aufbaus aller Bauteile, der Mengenermittlung und der Lagezuordnung zu formulieren. Dieses Informationsmodell stellte die Grundlage dar für die Berechnung der Herstellungskosten, des Energiebedarfs, der Lebenszykluskosten und der Ökobilanz. Die hier durchgeführten Ökobilanzierungen bedienen sich der Datenbank Ökobau.dat als Basisinformation. Die Modellierung und Berechnung der Objekte wurde mit der Software LEGEP durchgeführt. Zu jedem Gebäude wurde zusätzlich eine ›Standardausführung‹ mit konventionellen Bauprodukten, die weitgehend aus nicht nachwachsenden, das heißt aus mineralischen, metallischen und synthetischen Rohstoffen bestehen, modelliert. Diese ist in Raum, Fläche und Gestalt identisch mit dem realen Gebäude und erfüllt auch die gleichen energetischen Zielwerte. Die Bauteile wurden aus dem Elementkatalog der LEGEP-Datenbank entnommen und entsprechen im Aufbau und in der Materialwahl vielen bereits bilanzierten Gebäuden. Die Modellierung dieser ›zweieiigen Zwillinge‹ macht die Unterschiede verschiedener Konstruktionsweisen deutlich.

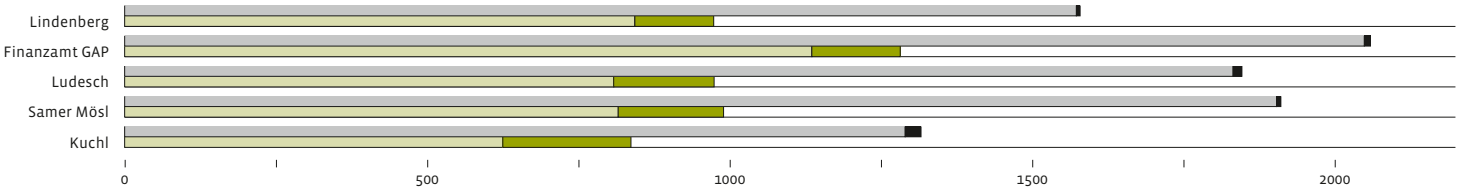
Bei den folgenden Auswertungen für die Ökobilanz werden die Gebäude ab der Unterkante Bodenplatte des Erdgeschosses berechnet. Vorhandene Keller- und Gründungsbauteile (Gemeindezentrum Ludesch, Finanzamt Garmisch-Partenkirchen, Passivwohnhaus Samer Mösl) werden nicht mit bilanziert. Diese Bauteile (Fundamente, Rüttelstampfsäulen, Bohrfundamente, Voll- oder Teilunterkellerung) haben erfahrungsgemäß einen verzerrenden Einfluss auf das Ergebnis bezüglich der Funktion des Gebäudes und seiner Materialqualität.

Materialwahl

Für diese Untersuchung wurden nur Gebäude ausgewählt, bei denen Holz auch die primäre Tragkonstruktion bildet. Werden nachwachsende Rohstoffe nur punktuell am Gebäude eingesetzt, zum Beispiel in der Fassade, im Fußboden oder in der Dachdämmung, so zeigen sich in der Ökobilanz keine signifikanten Unterschiede zu konventionellen Gebäuden, da die verwendeten Mengen an nachwachsenden Rohstoffen zu gering sind. Erst die Ausführung der Primärkonstruktion, also der tragenden Bauteile der Außen- und Innenwände, der Decken und des Dachs aus Holz oder Holzwerkstoffen führt zu einem sichtbar unterschiedlichen Ergebnis. Die Auswertung der unterschiedlichen Materialinhalte unterscheidet die Baustoffgruppen nicht erneuerbare Rohstoffe (mine-

Pflanzenchemie , geschlossener Kreislauf





Materialbedarf für Herstellung und Instandsetzung, Gewicht in kg/m² BGF, 50 Jahre **Standard** nicht regenerierbar nachwachsend **Holz** nicht regenerierbar nachwachsend

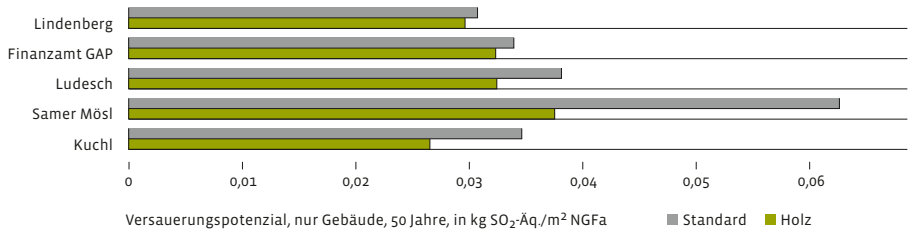
ralisch, metallisch, synthetisch) und nachwachsende Rohstoffe (Holz, Pflanzen- und Tierfasern). Die Bezugsgröße ist wegen der besseren Vergleichbarkeit der Objekte 1 Quadratmeter Bruttogrundfläche (BGF) über Terrain, die Einheit ist Kilogramm. Deutlich zu erkennen ist, dass die Gebäude aus nachwachsenden Rohstoffen 50 – 65 Prozent des Gewichts der konventionell gebauten Gebäude erreichen. Weiterhin zeigt das Ergebnis den sehr geringen Anteil an nachwachsenden Rohstoffen bei konventioneller Bauweise von 0,5 – 1 Prozent des Gesamtgewichts des Gebäudes. In Gebäuden mit hohem Anteil an nachwachsenden Rohstoffen erreichen diese bis zu 18 Prozent des Gesamtgewichts. Diese geringen Anteile trotz der fast ausschließlichen Verwendung von Holz liegen am hohen Gewicht der mineralischen Baustoffe. Die Bodenplatten der Holzgebäude bestehen aus Beton und wiegen so viel wie zwei Holzdecken mit Bodenaufbau. Die untersuchten Gebäude weisen meist zwei Geschosse auf, der Einfluss der mineralischen Bodenplatte relativiert sich erst bei mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise.

Ökobilanz

Die Ökobilanz von Gebäuden besteht aus zwei Teilen: einer Energie- und Stoffflussbilanz mit Nachweisen der Ressourcen (inklusive Materialliste) und der Primärenergie (nicht erneuerbar und erneuerbar) sowie einer Wirkungsbilanz mit den fünf Indikatoren Treibhaus-, Ozonschichtabbau-, Sommersmog-, Versauerungs- und Überdüngungspotenzial.
Die folgenden Abbildungen stellen alle Gebäude im Vergleich dar. Die Bezugsgröße ist entsprechend dem Zertifizierungssystem 1 Quadratmeter Nettogrundfläche (NGF) pro Jahr. Ausgewertet wird nur das Gebäude über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren mit den Phasen Herstellung, Instandsetzung und Entsorgung. Die Versorgung mit Energie wird dagegen nicht berücksichtigt, da bei beiden Gebäudevarianten die gleichen Leistungskennzahlen beim Energiebedarf vorausgesetzt werden.
Jeder Indikator spricht ein anderes Problemfeld an, deshalb darf es nicht verwundern, wenn sich die Ergebnisse nicht linear entwickeln, das heißt ein Gebäudetyp nicht bei allen Indikatoren gleich gut abschneidet.

– **Primärenergie nicht erneuerbar** (Abb. S. 26)
Der nicht erneuerbare Primärenergieverbrauch summiert den Einsatz von endlichen abiotischen energetischen Ressourcen wie Stein- und Braunkohle, Erdöl, Erdgas und Uran. Kohle wird hauptsächlich zur Energieerzeugung verwendet, die Nutzung von Uran bezieht sich ausschließlich auf die Energieerzeugung in Atomkraftwerken. Erdgas und Erdöl kommen im Wesentlichen zur Energieerzeugung zum Einsatz, sind aber auch ein stofflicher Bestandteil von Kunststoffen.
Alle Holzgebäude erreichen bei der nicht erneuerbaren Primärenergie geringere Werte als die Standardgebäude. Der Unterschied beträgt 10–20 Prozent. Dies liegt an den relativ hohen Werten der nicht erneuerbaren Primärenergie für den Kubikmeter trockenes Holz in der Ökobilanzdatenbank. Dadurch entstehen geringere Unterschiede zu den konventionell gebauten Gebäuden, als die Materialmenge erwarten ließe.

– **Primärenergie erneuerbar** (Abb. S. 26)
Der erneuerbare Primärenergieverbrauch umfasst die eingesetzte Energie aus Biomasse, Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie und Geothermie.
Alle Gebäude mit einem hohen Anteil nachwachsender Baustoffe weisen auch hohe Anteile von erneuerbarer Primärenergie auf. Es werden fünf- bis achtmal höhere Werte als bei den konventionell gebauten Gebäuden erreicht. Der hohe Anteil an erneuerbarer



Primärenergie resultiert aus dem im Material enthaltenen Heizwert der nachwachsenden Rohstoffe, den die obige Grafik gesondert ausweist. Der pflanzliche Kohlenstoff belastet die Atmosphäre nicht, wenn er verbrannt oder auf natürliche Weise abgebaut wird.

– **Treibhauspotenzial**

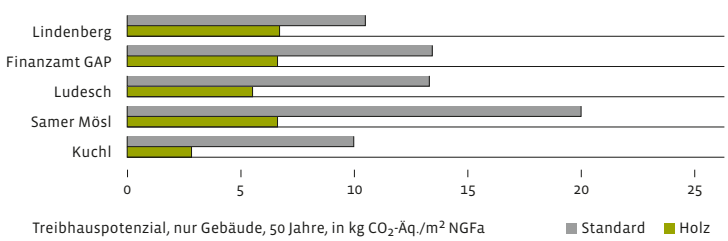
Das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential – GWP) beschreibt den anthropogenen (durch den Menschen verursachten) Anteil an der Erwärmung des Erdklimas. Es wird als Kohlendioxid-Äquivalent (CO_2-Äquivalent) angegeben. Um die Verweildauer der Klimagase in der Atmosphäre mitzuberücksichtigen, wird immer auch ein Integrationszeitraum mit angegeben, zum Beispiel GWP 100 für 100 Jahre.

Der Indikator Treibhauspotenzial ist nicht geeignet, um eine Aussage über die Menge des gespeicherten Kohlendioxids durch die nachwachsenden Baustoffe im Gebäude während der Nutzungsphase zu treffen, da der Kohlendioxidspeicher am Ende des Lebenszyklus thermisch verwertet wird. Trotz dieses vorgegebenen Entsorgungsszenarios wird die Entlastungsfunktion des Holzbaus für die Atmosphäre mit Reduktionspotenzialen von 36 – 71 Prozent gegenüber der Standardbauweise deutlich.

– **Versauerungspotenzial**

Das Versauerungspotenzial wird als Schwefeldioxid-Äquivalent (SO_2-Äquivalent) angegeben. Der Effekt der Versauerung des Regens, also die Verringerung des pH-Werts, entsteht durch Umwandlung von Luftschadstoffen in Säuren.

Die Holzgebäude leisten hierbei eine wesentliche Entlastung, da vor allem die Primärkonstruktion bezüglich des Versauerungspotenzials wesentlich geringere Werte aufweist als die mineralischen Konstruktionen. Die Entlastung liegt für das gesamte Gebäude über den Betrachtungszeitraum zwischen 15 und 30 Prozent.



Ein neuer Ansatz:
Einbezug des Nachwuchspotenzials des Waldes

Zwei Aspekte von Holz und Holzprodukten im Bauwesen müssen besonders berücksichtigt werden:[5] Die Ökobilanz zeigt zwar in der Herstellungsphase die Fähigkeit von Holz als Kohlendioxidspeicher auf, da sie zwischen fossilem und regenerierbarem Kohlenstoff aber keinen Unterschied macht, wird die Entlastungsfunktion für das Klima nicht deutlich. Des Weiteren bezieht sich die Ökobilanz für ein Gebäude mit ihrer Systemgrenze auf das gebaute Objekt, weshalb ein wesentliches Qualitätskennzeichen der nachwachsenden Rohstoffe nicht aufgezeigt werden kann: ihr Nachwuchspotenzial.

Jeder genutzte Stamm schafft Platz für neue Bäume und vermehrt den Kohlenstoffspeicher. Die Evidenz des Unterschieds zwischen Bauprodukten mit fossilem, mineralischem oder metallischem Rohstoffhintergrund und einem Rohstoffkonzept mit nachwachsenden Materialien erfährt in der normierten Zahlenwelt der üblichen Ökobilanzindikatoren bisher keine Berücksichtigung.

Die bisher bestehende Gleichbehandlung der beiden unterschiedlichen Rohstofftypen in der Ökobilanzierung soll in Zukunft durch die Berechnung und Angabe des Nachwuchspotenzials ergänzt werden. Hierzu ist die Einführung des Nachwuchspotenzials als ›pädagogische Wirkungskategorie‹ geplant. Als Indikator dient das Umweltentlastungspotenzial des nachwachsenden Waldes, ausgedrückt in Kohlenstoff (C) und Sauerstoff (O_2).

Je nach Menge der im Gebäude verbauten nachwachsenden Rohstoffe wird eine entsprechende Fläche im Wald geerntet. Auf dieser Fläche wächst in dem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren die gleiche Menge nach und bildet in dieser Zeit einen entsprechenden Kohlenstoffspeicher aus, der die Atmosphäre von der angezeigten Menge an Kohlendioxid entlastet. Der Unterschied

UNVERKÄUFLICHE LESEPROBE

Hermann Kaufmann, Winfried Nerdinger

Bauen mit Holz
Wege in die Zukunft

Gebundenes Buch, Leinen mit Schutzumschlag, 224 Seiten, 22,4x26,7
197 farbige Abbildungen, 153 s/w Abbildungen
ISBN: 978-3-7913-5180-3

Prestel

Erscheinungstermin: November 2011

Holz – unvergleichlicher Rohstoff und ökologisches Baumaterial

Die Vereinten Nationen haben 2011 zum ›Internationalen Jahr der Wälder‹ ausgerufen. In diesem Kontext zeigt das Architekturmuseum zusammen mit dem Fachgebiet Holzbau der TU München in einer großen Ausstellung »Bauen mit Holz – Wege in die Zukunft« die technischen, ökonomischen und gestalterischen Möglichkeiten des Materials. Als nachwachsender Rohstoff ist Holz ein ›Multitalent‹ zwischen Natur und Technik: Es ist materialisierte Solarenergie, Kohlenstoffdioxidspeicher sowie universeller Bau- und Werkstoff.

In der begleitenden wissenschaftlichen Publikation werden die ökologische Bedeutung, das technologische Potenzial und die neue Ästhetik des vertrauten Materials von neun renommierten Fachautoren analysiert. 50 international ausgewählte Beispiele veranschaulichen die neuen digitalen Fertigungsmethoden und die architektonische Vielfalt moderner Holzkonstruktionen vom Niedrigenergiehaus über weit gespannte Tragwerke bis zum Hochhausbau.

"Bauen mit Holz - Wege in die Zukunft" ist das Begleitbuch zur Ausstellung des Architekturmuseums der TU München in der Pinakothek der Moderne (10. November 2011 bis 05. Februar 2012).

Der Titel im Katalog