



ZUKUNFT
H O L Z

Statusbericht zum aktuellen Stand der Verwendung von Holz und Holzprodukten im Bauwesen und Evaluierung künftiger Entwicklungspotentiale

Auszug bestehend aus:
Kapitel 04 – Nachhaltigkeit, Ökologie

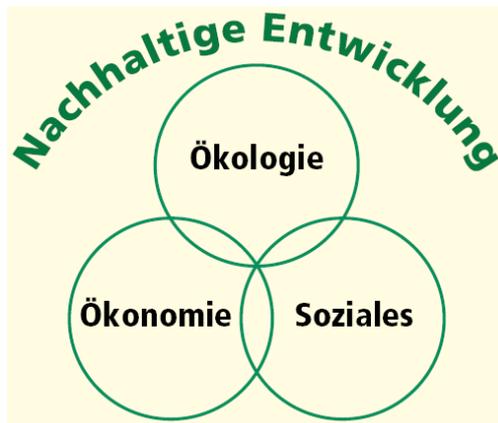


4 Nachhaltigkeit, Ökologie Inhaltsverzeichnis

4.1	Nachhaltigkeit	
	Green Glamour ist nicht genug!	S. 265
	Nachhaltigkeit und Gebäudetransparenz – Von der Vermutung zur Berechnung	S. 271
	Nachhaltigkeit von Holz und Holzprodukten	S. 285
	Chancen und Perspektiven im Holzbau durch Zertifizierung	S. 293
	Plusenergiebaustoff Holz	S. 299
	CO ₂ Bank	S. 309
4.2	Baubiologie, Wohngesundheit	
	Holzbau und Wohngesundheit	S. 313

4 Nachhaltigkeit, Ökologie Einleitung

Jeder Förster kennt den Begriff der Nachhaltigkeit, den der deutsche Forstmann Hans Carlowitz prägte, als er 1713 eine kontinuierliche, beständige und nachhaltige Nutzung des Waldes definierte. Ebenso ist den meisten Wald-, Holz- und Baufachleuten bekannt, dass die Ökologie nur einer von drei Faktoren für eine nachhaltige Entwicklung ausmacht, ergänzt um ökonomische und soziale Faktoren.



Nachhaltigkeit als Zukunftsvorsorge auch im Baubereich hat viele Facetten. Im Fokus stehen etwa der Schutz des Klimas, die Schonung der Ressourcen sowie der effiziente Einsatz von Energien und nachwachsende Rohstoffe, bei gleichzeitiger Erhaltung der Artenvielfalt. Dies setzt nicht zuletzt die Bereitschaft der breiten Bevölkerung voraus, ihren Lebensstandard, hin zur größerer Lebensqualität zu verändern.

Das Thema „Holz, Bauen und Nachhaltigkeit“ zeigt sich für den Holzfachmann, den Architekten oder den Bauherrn jeweils aus einer anderen Perspektive. Der Blick des Architekten und Bauingenieurs geht gewöhnlich über die Betrachtung des Rohstoffes Holz und seiner Bauprodukte hinaus. So fragt er auch nach den sozialen Faktoren der Gebäudeerrichtung und -nutzung, die vor allem abhängig ist von den Gewohnheiten und Gebräuchen ihrer späteren Bewohner.

In diesem Kapitel werden ökologische Faktoren der Nachhaltigkeit wie Energieverbrauch und CO₂-Bilanz ebenso thematisiert wie die Zertifizierung von ganzen Gebäuden, die neuerdings durch die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen an Brisanz gewinnt. Eines wird deutlich: Die positiven Eigenschaften des Baustoffes Holz in Bezug auf Energiebilanz und Klimaschutz sind für Architekten und Bauherren per se kein zwingender Grund für dessen Einsatz. Die ökologischen Kennwerte des Holzes spielen zur Zeit bei der Entscheidung für eine bestimmte Konstruktion oder Gebäudeart zumeist nur eine untergeordnete Rolle.

Neues Gütesiegel für nachhaltige Bauwerke

So zeigt auch der Anforderungskatalog der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), dass der bloße Einsatz von Holz nicht ausreicht, um ein nachhaltiges Gebäude zu erstellen. Darauf geht der Beitrag „Chancen und Perspektiven im Holzbau durch Zertifizierung“ (Alexander Rudolphi) näher ein. Er beschreibt die umfangreichen Anforderungen eines entsprechenden Zertifizierungssystems, das als „Deutsches Gütesiegel für Nachhaltige Bauwerke“ Anfang 2009 zusammen mit ersten zertifizierten Gebäuden der Öffentlichkeit vorgestellt wurde. Danach soll es möglich sein, die ökologischen und ökonomischen Vorteile der Holzverwendung zu erfassen und zu quantifizieren.

Das neue Gütesiegel, das zusammen mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung umgesetzt wird, ergänzt bereits international bestehende Zertifizierungssysteme; in den USA ist dies das LEED-System (Leadership in Environmental and Energy Design), in Großbritannien das BREEAM-System (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Es unterscheidet sich von den ausländischen Systemen durch verschiedene Ergänzungen: So beinhaltet es die vollständige und gleich-

berechtigte Einbeziehung aller Nachhaltigkeitsaspekte – also auch der ökonomischen und sozialen –, während das LEED- und BREEAM-System vor allem die Umwelt im Fokus haben. Weiterhin wird man sich in Deutschland künftig überwiegend an quantitativen Kriterien orientieren, um zu einer Bewertung der Gebäudenachhaltigkeit zu gelangen; darunter fallen unter anderem relativ aufwändige Methoden wie die Ökobilanzierung sowie die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, welche auch die Kostenrechnung über die gesamte Lebensdauer betrifft.

Kritik der Architekten

Kritisch mit dem Thema des nachhaltigen Bauens geht der Beitrag „Green Glamour ist nicht genug!“ (Robert Kaltenbrunner) um. Er stellt die immer differenzierteren Systeme unserer fortgeschrittenen Gesellschaft – auch mit Blick auf neuere Zertifizierungen – in Frage, da sich damit gleichzeitig die Kontrollprobleme zur Einhaltung derselben vergrößern. „Wir neigen dazu, die Welt und die Art und Weise, wie wir alles organisieren, zu verbessern – und dadurch verlieren wir die Dinge immer mehr aus dem Griff.“ Nach seiner Meinung muss Nachhaltigkeit vor allem praxisnah umsetzbar bleiben im oft sehr komplexen Baugeschehen.

Ein weiterer Gedanke des Beitrags bezieht sich auf die materielle Problematik beim Bau von Gebäuden. Diese sei weitaus größer als das Energieproblem, welches bei der Bewertung der Nachhaltigkeit bemüht werde. Da die meisten Abfalldeponien bereits überwiegend mit Bauabfällen voll seien, benötige der Gedanke der Kreislaufwirtschaft eine erneute Stärkung. So fielen in Baden-Württemberg im Jahr 2005 insgesamt 36 Mio. Tonnen Abfälle an, davon 26 Mio. Tonnen Baumassenabfälle, was einer Quote von 72 % entspricht. Daher sei es wichtig, zum Beispiel die

Gesamtbilanz von Energie und Rohstoffen noch einmal völlig neu zu bewerten.

Holzbauprodukte mit positiver Energiebilanz

Eine Darstellung der Umweltrelevanz des Holzbaus kann am Thema „Energie“ nicht vorbeigehen. So stellt der Beitrag „Punkten durch Plusenergiebilanz des Baustoff Holz“ (Holger Wolpensinger, Wolfgang Ried) fest, dass zur Herstellung von Holzbauten wesentlich weniger Energie erforderlich ist, als im Holz selbst enthalten ist. Dies belegt auch die derzeit aktuellste Holzbaustudie „ÖkoPot“, die ein Forscherteam um das Hamburger Von-Thünen-Institut für das BMBF durchführte; mit dem Ergebnis, dass der Holzbau deutliche Umweltvorteile gegenüber den mineralischen Bauweisen aufweist.

Tabelle: Ausschnitt aus der Energiebilanz zur Herstellung von 1m³ Brettschichtholz

	Energie [MJ(E _{aq})]
Energieverbrauch	
Forstliche Produktion	306
Rundholztransport (50 km)	200
Schnittholzerstellung	360
Transport (600 km, 50% LKW Auslastung)	2.400
Brettschichtholzerstellung inkl. Schnittholztrocknung	4.275
Summe	7.541
Energieerzeugung	
Nutzung der Resthölzer	
• elektrische Energie	2.154
• thermische Energie	6.678
Summe	8.832
Energieüberschuss	1.291

Die errechneten Energieüberschüsse, die sich wie in dieser Tabelle bei der Herstellung eines Brettschichtholz-Trägers finden, lassen sich bei mineralischen Bauteilen nicht erzielen, da ihr Energie-

gehalt im Vergleich zum Holz deutlich geringer ist bzw. bei Null liegt.

Der Beitrag geht darüber hinaus auf die Energiebilanz ganzer Gebäude ein. So werden die neuen Werkstätten der Lebenshilfe Lindenberg im Allgäu angeführt, die 2005 mit einer Grundfläche von 5.250 m² entstanden. Im Gesamtkomplex untergebracht sind 40 Büroarbeitsplätze für die Haupt- und Kreisverwaltung und 140 Arbeitsplätze für behinderte Menschen. Wegen des sehr geringen Heizwärmebedarfs von 37,1 kWh/m²a und Jahr (dies entspricht einem Primärenergiebedarf von 67,1 kWh/m²a) wurde insofern eine positive Energiebilanz erzielt, als bei der Erstellung des Gebäudes ein hoher Anteil an Holz in Form von Brettschichtholz, Brettstapeldecken sowie Zellulosedämmung verwendet wurde. Das Beispiel zeigt, wie ein massiver Holzeinsatz zu einer Plusenergiebilanz von Gebäuden führen kann.

Von der Energiebetrachtung weg hin zum CO₂ geht der Beitrag „Die CO₂-Bank“, welche als besondere Idee der Forst- und Holzwirtschaft gelten darf und durch den Landesbeirat Holz des Landes Nordrhein-Westfalen vertreten wird. Dabei handelt es sich um eine Datenbank, die dem Zimmermann, Planer oder Bauherrn Auskunft darüber gibt, wie viel CO₂ in seinem Bauwerk gespeichert ist, das für die Zeit der Nutzung der Atmosphäre entzogen ist. Und warum sollte an einem Baugerüst neben dem Namen der Zimmererei nicht auch die Menge an gespeichertem CO₂ zu finden sein?

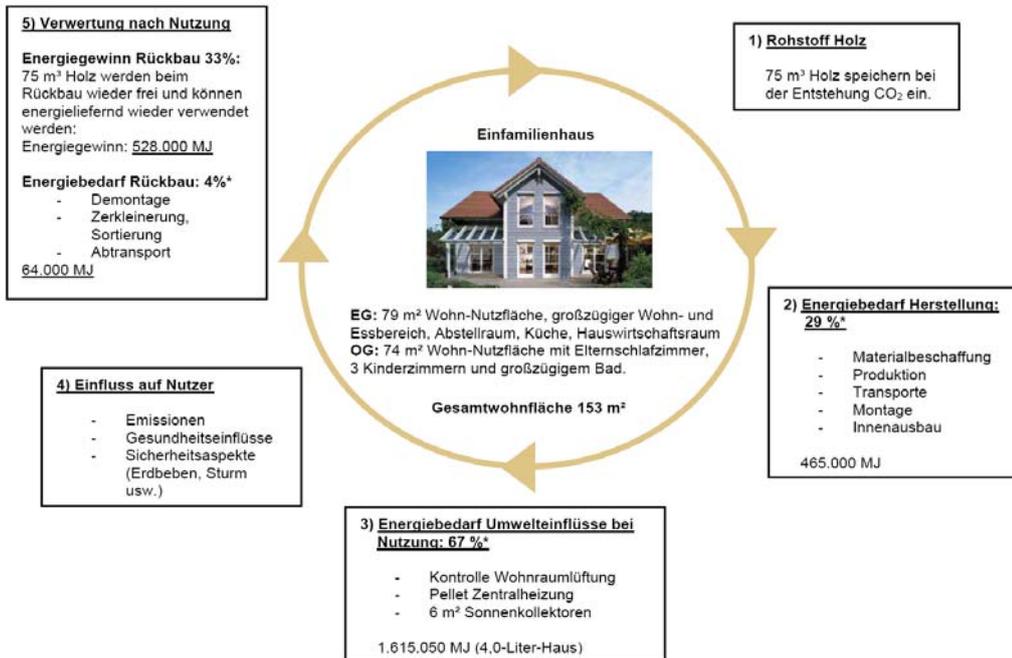
Nachhaltigkeit in der Holzbaupraxis

Der Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens in die Praxis geht der Beitrag „Nachhaltigkeit von Holz und Holzprodukten“ (Dagmar Fritz-Kramer) nach. Aus Sicht eines erfahrenen Herstellers baubiologischer Holzhäuser werden die Ökobilanzierung sowie die quantifizierbaren Aspekte nachhaltigen Bauens an Hand des Produktkreis-

laufs eines Einfamilienhauses (Abbildung rechte Seite) folgendermaßen zusammen gefasst: Zu Beginn des Produktkreislaufs steht die Herstellungsenergie und die gespeicherte CO₂-Menge der verwendeten Rohstoffe. Im weiteren Herstellungsprozess bis zum fertigen Haus sind alle Zwischenschritte energetisch exakt messbar und damit auch ihr „Carbon Footprint“.

Im weiteren Verlauf des Produktkreislaufs wird der Energiebedarf des fertigen Erzeugnisses festgestellt, wobei die Beheizung und Warmwasserbereitung am meisten ins Gewicht fällt; ausschlaggebend sind hier eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung sowie eine sehr gute Dämmung der Gebäudehülle. An diesem Punkt kritisiert der Beitrag die heute geltende Wärmebedarfsberechnung nach Energieeinspar-Verordnung (EnEV), welche die Herstellungsenergie des Gebäudes ausspart, wodurch der „ökologische Rucksack“ von weniger nachhaltigen Produkten in der Förderpolitik unberücksichtigt bleibt.

Die hohe Wärmedämmung und der damit verbundene Niedrigenergiestandard, der sich bei Holzhäusern leicht erreichen lässt, hat ebenfalls Auswirkungen auf die Wohngesundheit, da die Bildung etwa von Schimmel damit unterbunden wird. Weitere Auswirkungen der Wärmedämmung mit Holz ist der gute sommerliche Wärmeschutz. Als letzter Punkt des Produktkreislaufs wird die Verwertung der Produkte nach ihrer Nutzung genannt: Beim Recycling, Downcycling bzw. der Wiederverwertung sauberer Holzbauteile lassen sich diese ohne Probleme energetisch verwerten und erzeugen am Ende mehr Energie, als zu ihrer Herstellung verwendet werden musste (vergleiche oben erwähnte Holzbaustudie „ÖkoPot“).



* bezogen auf die Lebensdauer eines Hauses von 50 Jahren

4.1 Nachhaltigkeit

Green Glamour ist nicht genug!

12 Thesen zum Verhältnis von Architektur und Nachhaltigkeit

Robert Kaltenbrunner

Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass „Nachhaltigkeit“ heute zum Systemimperativ geworden ist. Sustainability steht mittlerweile für fast alles, was politisch irgendwie wünschbar sein könnte. Dabei wird der Begriff in so vielen Kontexten gebraucht, dass er mitunter mehr zur Verwirrung als zur Klärung von Sachverhalten beiträgt. Nachhaltigkeit scheint mithin Notwendigkeit, Bedürfnis und Mythos in einem zu sein. Auch die Domäne der Architektur hat es bislang nicht geschafft, ihr Verhältnis zur Nachhaltigkeit eindeutig zu klären: Die architekturhistorischen Hauptströmungen der letzten Jahrzehnte – ob nun Postmoderne, Dekonstruktivismus oder, mit stark städtebaulichem Einschlag, die neue Einfachheit des ‚steinernen Berlin‘ – haben die heaufziehenden Probleme der Ökologie schlichtweg ignoriert.

Und jene Randgruppen, die sich um das Thema tatsächlich bemühten, wirkten, als seien sie aus dem Hochland der Esoterik nur besuchsweise in die Niederungen des Alltags herabgestiegen. Im Folgenden soll das Verhältnis von Architektur und Nachhaltigkeit in zwölf Thesen beleuchtet werden: teilweise spekulativ, teilweise appellativ, hoffentlich Streitbar, in jedem Fall ohne Anspruch auf Vollständigkeit und streng logische Abfolge. Formuliert aus der Warte eines gelernten Architekten, doch alles andere als unkritisch dem Metier gegenüber. Und zugleich getragen von der Einsicht, dass das Bauen die ressourcen- und materialintensivste menschliche Tätigkeit überhaupt ist.

1. These: Die Wissenschaft hat festgestellt, dass Margarine Fett enthält!

Zur Erläuterung: Die Diskussion über Nachhaltigkeit ist zu einseitig unter den Blickwinkel des Klimawandels geraten, und das zeigt mitunter Wirkungen, die absurd zu werden drohen. Hier soll

als Beleg nur auf jüngere wissenschaftliche Forschungen hingewiesen werden, denen zufolge die Verdauungsvorgänge von Elchen, Kühen, Schafen usw. erheblich zur Erderwärmung beitragen. Was aber wäre die Konsequenz aus solcher Erkenntnis: Den Tieren das Rülpsen verbieten? Sie ausrotten? Mit welchen Folgen für das Ökosystem? Jean-Michel Berg hat vor einiger Zeit festgestellt: „Nicht ein schädliches, abstellbares Verhalten bringt CO₂ hervor - sondern das menschliche Verhalten an sich.“ Das ist so banal wie gravierend, weil die Wissenschaft damit tendenziell die Menschheit zur Disposition stellt. Woraus man folgern muss, dass Wissen allein kaum eine tragfähige Basis für Nachhaltigkeit bildet. Wir selbst sind - als Teil eines positiv rückgekoppelten Systems - auslösender Faktor von Prozessen. Prozessen allerdings, die wir zwar lostreten, aber offenkundig nicht steuern können.

2. These: Nachhaltige Entwicklung steht in Konkurrenz zur (zunehmenden) Über-Komplexität unserer Welt

Als Antwort auf die Frage, warum es uns einfach nicht gelingen will, einen Zustand der Stabilität und wirklicher Nachhaltigkeit zu erreichen, bietet sich der Verweis auf den Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik an: Entropie als Ursache fehlenden Gleichgewichts. Je weiter wir unsere Gesellschaft entwickeln, umso feiner wird das System, umso fortschrittlicher und subtiler die Organisation, umso größer aber auch die Kontrollprobleme und damit auch die Entropie. Wir neigen dazu, die Welt, uns selbst, die Art und Weise, wie wir alles organisieren, zu verbessern, und dadurch verlieren wir die Dinge immer mehr aus dem Griff.

Das gilt auch in der Welt des Bauens. Michael Beaven, Direktor bei Arup Associates in London, hat es unlängst ausdrücklich betont: „But in our complex world, it seems that the overlay of sustainability requirements can be too much to cope

with; so we reduce sustainability analysis to retrofitting environmental features, singular metrics, assessment tools and labels. We thereby delude ourselves.” Auf das Bauen bezogen, droht die Nachhaltigkeitsdebatte sich in technischen Spezifikationen zu verlieren. Und das ist ungenügend.

3. These: Nachhaltigkeit beim Bauen ist nicht nur Energieeinsparung!

Die materielle Problematik beim Bau von Gebäuden ist weitaus größer als das Energieproblem. Gleichwohl versteht man derzeit unter nachhaltigem Bauen vor allem Energieeinsparung. Das ist jedoch zu wenig. Um es auf der Makroebene zu veranschaulichen: Während auf die Erde fünfzehntausend Mal mehr Sonneneinstrahlung eintrifft als wir benötigen, um unseren Energiebedarf zu befriedigen, ist kein wesentlicher Materialeintrag feststellbar. Deshalb braucht es den Gedanken der Kreislaufwirtschaft, den intelligenten Umgang mit Rohstoffen, rezyklierbare Materialien.

Eine konkrete Herausforderung sind ja bereits die vollen Abfall-Deponien, wobei die bei weitem größten Einzelquelle in Bauabfällen besteht. (Um die Dimension kurz in Zahlen zu veranschaulichen: im Bundesland Baden-Württemberg sind im Jahr 2005 insgesamt 36 Mio Tonnen Abfälle angefallen, davon 26 Mio t Baumassenabfälle, was einer Quote von 72 % entspricht). Insofern ist es wichtig, z.B. die Gesamtbilanz von Energie und Rohstoffen noch einmal völlig neu zu bewerten. Und möglicherweise ist es besser, auf ökologische Intelligenz statt auf energetische Effizienz in Gebäuden zu setzen.

4. These: Nachhaltigkeit darf nicht in Kulturverschwendung ausarten

Auch aus einem kulturellen Blickwinkel scheint es fraglich, ob die alleinige Fokussierung des Themas Nachhaltigkeit auf Fragen der Energiebewirtschaftung im Bauwesen angemessen ist. Natür-

lich bilden der Umgang mit nicht vermehrbaren Energiereserven - besonders Erdöl und Erdgas -, die drängende Sorge um das Weltklima und die neue Last der finanziellen Kosten einen gravitatischen Problembereich. Aber zwingen alle drei Faktoren so eindeutig zum Handeln, dass die Frage, ob die Art und Weise, wie ein Teil dieses Handelns – etwa die Wärmedämmung unserer Gebäude – umgesetzt wird, gar nicht mehr gestellt werden darf?

Hinzu kommt, dass die diskussionslose Einigkeit, diesen wenigen Zielen total zu dienen, die Abwägung zwischen weiteren öffentlichen Anliegen, die ebenfalls in das weite Gebiet von „Nachhaltigkeit“ fallen, verhindert. Hier sei nur auf die Errichtung von Windkraftanlagen hingewiesen, die ja durchaus in Konflikt steht zu landschaftlichen Kulturräumen und ihrer ästhetischen Integrität. Ehrlicherweise wird man einräumen müssen, dass so manche bauliche Maßnahme, die in überzeugendster Absicht der Energieeinsparung dient, krass jeden Maßstab von architektonischer und handwerklicher Kultur unterschreitet. Man sollte dabei nicht von bloßen Geschmacksfragen sprechen, sondern vom Verlust einer in Jahrhunderten gewachsenen Baukultur.

5. These: Wir müssen Architektur eher als Organismus denn als Maschine begreifen

Eine Maschine steht der Umwelt in fremder Unabhängigkeit gegenüber; sie vollbringt ihre Leistung nur aus ihrer internen Logik. Ein Organismus dagegen hat einen Stoffwechsel, der ihn mit seiner Umwelt verbindet. Das ist ein wesentlicher Unterschied. Zur Erläuterung: Nachhaltigkeit wird zu oft auf Innovation, Wissenschaft und Technologie verkürzt. Notwendig aber ist eine Zusammenschau, die die zahllosen Einzelergebnisse aus Naturwissenschaften und technologischer Forschung in einen neuen Kontext stellt.

So hat es beispielsweise Buckminster Fuller gemacht, indem er vor mehr als sechzig Jahren den Begriff „cosmic conception“ prägte. Gemeint war die Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge für Erhalt und Pflege der Lebensgrundlage nicht bloß zu erkennen, sondern im Denken und Handeln wirksam werden zu lassen – vor allem in einer präzisen Modellierarbeit von Ereignismustern, ihren Veränderungen und Transformationen. Nachhaltigkeit funktioniert nicht wie die Automobilindustrie mit ihrem so hysterisch wie permanent verkündeten „neuesten Stand“ der Fortentwicklung aller Systeme. Nachhaltige Entwicklung, ein wirklich nachhaltiges Bauen gibt es nur als Synthese von technologisch-ingenieurmäßigen Handeln und gesellschaftspolitischen, wertebasierten und wertorientierten „Ansprüchen“.

6. These: Weder der Neubau noch überhaupt das einzelne Gebäude sind entscheidend

(a) Im Hinblick auf die Klima-Energie-Problematik sind Neubauten nahezu irrelevant. Der jährliche Neubauanteil beträgt derzeit nur ein Prozent des bestehenden Bauvolumens, und noch geringer ist die Erneuerungsrate. Um den Energieverbrauch des gesamten Gebäudebestandes langfristig zu reduzieren, muss eine breite Anwendung vielversprechender Technologien erfolgen, und zwar rasch erfolgen. Bei 17 Millionen Wohnbauten mit 40 Millionen Wohnungen und 7 Millionen Gewerbe-, Sport- und Kulturbauten allein in Deutschland ahnt man die Größe des Problems.

Worum es also ganz entschieden geht, ist, die breite Masse des Bestandes ‚energetisch zu ertüchtigen‘. Das ist natürlich eine vielbemühte Einsicht, die mitunter zur bloßen Phrase verkommt. Aber: Historische Bausubstanz gehört, wie der Boden, zu den nicht mehr vermehrbaren und vor allem zu den nicht mehr wiederholbaren Ressourcen unserer Umwelt. Was bedeutet der behutsame und schonende Umgang mit dem bereits Gebauten anderes als eine nachhaltige Stra-

tegie, die grundsätzlich Anpassungsfähigkeit und Wiedernutzbarkeit unterstellt? Bei allen Fortschritten, die sich im Neubau schon haben verwirklichen lassen, darf man ja nicht übersehen, dass das größte ökologische Potential im Bereich der Bestandssanierung liegt.

(b) Solarzellen und passive Sonnennutzung, ins Haus integrierte Gewächshäuser, Fassadenbegrünung und Wärmedämmung sind längst nicht hinreichend für ein wirklich nachhaltiges Bauen. Hierzu ein kleines, aber aussagekräftiges Beispiel: Von Thomas Herzog, dem renommierten Münchner Architekten und Verfasser der ‚Solar Charta‘, wird berichtet, er habe einmal den Auftrag für den Bau eines durch und durch ökologischen Einfamilienhauses verweigert, weil die Bauherrin dafür eine Stadtwohnung aufgeben, fünfzig Kilometer entfernt aufs Land ziehen und täglich pendeln wollte. Das sei, so Herzog, alles andere als nachhaltig.

Auf’s Ganze gesehen muss man einräumen: Mögen klare Kriterien und halbwegs messbare Indikatoren von Nachhaltigkeit auf der konkreten Gebäudeebene noch benennbar sein, so wird man kaum behaupten können, dass es aus Sicht von Städtebau und Stadtökologie bereits einen tragfähigen Ansatz zur Bestimmung und Realisierung einer optimalen Relation aus Dichte, Stadtgröße, Umwelt- und Lebensqualität gibt. Beispielsweise führen die einzelwirtschaftlichen Standortentscheidungen von Haushalten und Betrieben in Richtung Stadtumland zweifellos in der Summe zu erheblichen ungedeckten Folgekosten oder Externalitäten, vor allem in den Bereichen Infrastruktur, Verkehr und Umwelt. Damit sind gesellschaftliche Nachteile verbunden, die in die Bilanzierung von Kosten und Nutzen der Suburbanisierung bisher nicht hinreichend eingehen.

Also: Es ist bislang eher die Optimierung von – wenn auch zentralen - Einzelaspekten und –ele-

menten, weniger eine Gesamtheit nachhaltigkeitsorientierter Planungsprinzipien, es ist stärker die Bezugnahme auf das einzelnen Gebäude als auf den Siedlungszusammenhang, die die Realität bestimmen. Zwar ist die Reduktion von Komplexität unabdingbar, um handlungsfähig zu sein. Gleichwohl müssen wir z.B. Mobilitätsfragen, siedlungsstrukturelle und städtebauliche Dimensionen viel stärker fokussieren. Daran aber hapert es bislang. Von einem reibungslosen Ineinandergreifen der Parameter und Abläufe auf den unterschiedlichen Maßstabsebenen von Planung kann bislang nicht die Rede sein.

7. These: Eine Architektur der Nachhaltigkeit gibt es nicht ohne gesellschaftlich-kulturelle Akzeptanz

Wir können konstatieren, dass sich in unserer Gesellschaft ein gewisser Paradigmenwechsel vollzieht: weg vom einseitigen Wirtschaftswachstum, hin zu mehr Lebensqualität. In Bezug auf die Nachhaltigkeit ist das aber durchaus ambivalent. Denn in diesem „mehr Lebensqualität“ kommt z.B. zum Ausdruck, dass Familien und Haushalte immer mehr Wohnfläche in Anspruch nehmen (heute pro Kopf bereits mehr als 42 m²). So stößt man bei dieser Frage sehr schnell auf politische und kulturelle Grundwerte unserer Gesellschaft: Das private Eigentum und die Abgeschlossenheit und Unabhängigkeit einer privaten Sphäre.

Jeder Versuch, die Trends zu immer kleineren Haushalten und immer größeren Wohnflächen zu stoppen, die Inanspruchnahme von Siedlungsflächen zu bremsen, kämpft daher nicht nur gegen rücksichtslosen Landschaftsverbrauch, vergnügungssüchtigen Konsumismus und großstädtische Vereinzelung, sondern auch gegen die historische Errungenschaft individueller Unabhängigkeit. Steigender Wohnflächenbedarf stellt ein reales Anliegen dar, mit dem man sich beim Stichwort ‚nachhaltiges Bauen‘ produktiv auseinandersetzen muss, das man nicht bloß verteufeln

darf. Was heißt, systematisch danach zu fragen, ob viele Menschen nicht auch gute Gründe dafür haben, an quasi ‚schädlichen‘ Lebensweisen festzuhalten, nämlich ihre Hoffnungen auf Selbstbestimmung, auf Befreiung von Mühe und Arbeit. Nur wenn es gelingt, ein neues, identitätsstiftendes Bild vom Bauen und Wohnen zu formulieren, in dem das Streben nach einem angenehmen Leben mit den Grenzen seiner natürlichen Grundlagen versöhnt ist, kann das ökologisch Notwendige auch politisch machbar, kann es mehrheitsfähig werden.

8. These: Rationalisierung und Nachhaltigkeit schließen sich nicht aus

Im Gegenteil: Denn die Beschränkung auf wesentliche Elemente und Eigenschaften reduziert die Baukosten und den Ressourcenverschleiß. Intelligente Vorfabrikation kann also durchaus ein gewichtiger Beitrag für nachhaltiges Bauen bilden. Hinweisen wäre dabei auch auf eine systematische Unterschätzung einheimischer Materialien und Techniken; namentlich der nachwachsende Rohstoff „Holz“ bietet eine große Bandbreite industrialisierbarer Einsatzmöglichkeiten.

9. These: Systemsprünge fördern

Wir neigen dazu, Fragen des baulichen Bedarfs auf eine bestimmte – wie auch immer geartete – architektonische Antwort zu verkürzen. Demgegenüber wären sogenannte Systemsprünge dringend notwendig – d.h. der (nicht zuletzt intellektuelle) Umstieg auf Systeme, die ganz anders aussehen als bisher, aber die gleiche, womöglich sogar eine bessere Leistung liefern. Um es an einem Beispiel fest zu machen: Eine Schule ist bei einer solchen Betrachtung kein Gebäude mehr mit einer definierten Klassenfrequenz oder einer Schüler-Lehrer-Relation, sondern eine Dienstleistung für die Bildung junger Menschen. Sie könnte auch ganz anders – möglicherweise als Zwergschule, wohnungsnah und vernetzt – angeboten und betrieben werden. Solche und ähnliche Fra-

gen wären eben auch zu stellen, wenn wir Nachhaltigkeit in der und mittels Architektur erzielen wollen.

10. These: Gewohnheiten und Mentalitäten sind mindestens ebenso wichtig wie Hightech-Lösungen

Eine Architektur mit dem Anspruch, etwas Integriertes, Vernetztes, Umweltbewusstes zu schaffen, bleibt letztlich ein räumliches Konstruktionsgerippe, wenn nicht subjektive semantische Energien es zu einem Bild eines anderen Lebens ergänzen können. Mit Brennwertkesseln, Solarzellen, recycelbaren Baustoffen und Energiekostenvergleichen ist es nicht getan.

Vielmehr und ganz entschieden handelt es sich um eine Frage der Bereitschaft, der Bewusstwerdung, der mentalen Veränderung - und dieser Frage haben sich weder Architekten und Bauträger noch Bewohner und Betreiber in der notwendigen Tiefe gestellt. Kürzlich war der schöne Satz zu lesen: „Das energieeffiziente Gebäude und der schlampige Nutzer passen nicht zusammen.“ Insofern wäre es eine Illusion zu glauben, dass die bessere Technik (allein) es schon richten werde, wenn der Mensch selbst nicht mitspielt. Viele gutgemeinte und innovative Vorschläge seitens der Planenden verkennen offenbar tief eingefräste Gewohnheiten. Bei energetisch ‚hochgerüsteten‘ Gebäuden ist das Nutzerverhalten von entscheidendem Einfluss auf den Energieverbrauch. Ist man sich dessen nicht permanent bewusst oder stellt der Regelungsbedarf selbst eine Überforderung dar, dann nützen auch die schönsten Maßnahmen wenig.

Wer den Anspruch erhebt, der Umwelt und ihren Ressourcen angepasst zu bauen, darf eben nicht auf in sich geschlossene, höchst komplizierte technische Systeme bestehen, zu deren Regulierung es eines ingenieurtechnischen Hochschulabschlusses bedarf. Schumachers Axiom „small is

beautiful“ bietet eine Art Richtschnur - weniger im ideologischen Sinne als vielmehr in seiner Tendenz, dass nicht Großtechnologien, sondern benutzerorientierte, für den Einzelnen handhabbare Systeme zu kultivieren wären.

11. These: Nachhaltigkeit darf nicht mit Konsumverzicht und Askese gleichgesetzt werden!

Dem nachhaltigen Bauen hängt teilweise noch immer ein Verzichtsimagen nach, das nicht immer zielführend und zugleich wenig attraktiv ist. Doch hier verändert sich etwas, und die entscheidenden Impulse dafür kommen ausgerechnet aus den USA, dem „Klimasünderland Nr. 1“: Dort entwickelt sich eine Generation Environment, die aus Ereignissen wie dem Hurricane Katrina Konsequenzen ziehen will; Brad Pitt, der sich anschickt, in New Orleans eine Ökohaus-Siedlung zu errichten, ist nur ein prominentes Aushängeschild. Die neuen Ökos sind ethisch hochempfindsam, dabei konsumfreudig und statusbewusst; und sie haben mittlerweile in der Sozialwissenschaft sogar einen eigenen Milieu-Typus gebildet: den Lifestyle of Health and Sustainability, kurz: LOHAS. Ihr Produkt könnte man „green glamour“ nennen, und das ist zumindest nicht widerspruchsfrei.

Aber selbst die taz wirbt zu ihrem 30. Geburtstag mit dem Slogan: „Wir waren schon LOHAS, als wir noch Ökos hießen.“ Bei aller Kritik, die man hier formulieren könnte, ist hier doch etwas Grundsätzliches interessant: Denn die Grundhaltung, das Leben zwar in vollen Zügen, aber nicht auf Kosten der Umwelt oder der Mitmenschen zu genießen, zeigt eine neue gesellschaftliche Richtung. Und baut zugleich eine Brücke zur letzten These.

12. These: Nachhaltige Architektur muss weg von einer mageren Entsagungsästhetik

Eine Frage, die zwar selten offen angesprochen, gleichwohl aber immens bedeutsam wird, ist die der Form und Erscheinung, weil sie eine Kerndomäne anspricht: Die Gestaltungskompetenz des Architekten. Wenn man Umweltenergien sinnvoll in das Gebäudekonzept direkt oder indirekt einbeziehen will, so kann das nicht ohne Auswirkungen auf die bauliche Gestalt bleiben. Doch wie sieht eine Architektur des „nachhaltigen Bauens“ aus?

In diesem Zusammenhang spricht ein Zitat des renommierten Architekten Peter Eisenman Bände: „To talk to me about sustainability is like talking to me about giving birth. Am I against giving birth? No. But would I like to spend my time doing it? Not really. I'd rather go to a baseball game.“ Nachhaltigkeit scheint für die Architektur ein Label zu sein, das viele abschreckt. Nun mag dies darauf zurückzuführen sein, dass frühe ökologische Architektur an Wohn- und Lebensformen gebunden wurde, die den konventionellen widersprachen (Aussteigermodelle, Landkommunen). Die damaligen Öko-Häuser sahen aufgrund eines missionarischen Anspruchs so aus, wie sie eben aussahen. Aber da hat sich viel geändert. Noch immer schwer fällt aber offenkundig die Umsetzung in Architektur. Nachhaltigkeit scheint die sinnlich-ästhetische Komponente weithin ver-

gessen zu haben. Sie braucht aber ein lustvolles Element; wer will von einem hässlichen Gebäude schon wissen, dass es tüchtig ist. Ergo: Nachhaltigkeit muss attraktiv und aufregend gemacht werden, sie muss vor allem weg vom Image der „grauen Maus“.

Andererseits muss man darauf hinweisen: Es gibt keinen Nachhaltigkeits-Stil. Ein solches Bauen verlangt keine einheitliche Ästhetik und keine allgemeinverbindlichen Regeln, es sei denn diejenigen eines vernünftigen, die Umwelt nicht zerstörenden (zumindest nicht verschmutzenden) Verhaltens. Um es ganz platt zu sagen: Ein ‚nachhaltiges Gebäude‘ kann im Stil der Klassischen Moderne ebenso wie im Jugendstil oder der Postmoderne gebaut werden. Insofern ist auch der in Fachkreisen mitunter angeführte Widerspruch zwischen ‚Gestaltung‘ und ‚Umweltanspruch‘ ein scheinbarer.

Freilich darf man postulieren, dass das Rad nicht neu erfunden werden muss: Denn durch die komplizierten und umfangreichen Ökobilanzbewertungen von Gebäuden, die seit Anfang der 70er durchgeführt und stetig verfeinert werden, gelangen wir zu dem Ergebnis, dass die ursprünglichen Werte guter Baukunst am nachhaltigsten sind. Und dies gilt sowohl im Städtebau als auch in der Architektur.

4.1 Nachhaltigkeit Nachhaltigkeit und Gebäudetransparenz – Von der Vermutung zur Berechnung

Holger König

Deutschland repräsentiert in Europa sicherlich einen hohen Baustandard und deutsche Ingenieursleistung genießt international einen sehr guten Ruf. Wieso hallt dann bei jeder neuen Verordnung aus Brüssel, die den Baubereich betrifft, der Ruf nach Überregulierung durch die Gassen. Bei genauerem Hinsehen ist dies nicht immer so. Verbessert eine Verordnung die Absatzchancen heimischer Produkte, dann ist diese seitens der Industrie willkommen. Störend werden vor allem Verordnungen empfunden, die mehr Transparenz für den Verbraucher schaffen.

1 Gesetz und Verordnungen in Europa

In den vergangenen Jahren gab es einige EU-Verordnungen, die nationales Recht verschärft haben und die von einigen Bauproduktherstellern als unnötiger Verwaltungsaufwand angesehen wurden:

- Das Bauproduktengesetz mit den Bauregelisten (BauPG)
- Das Chemikaliengesetz (ChemG, ChemVerbotsV)

- Die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-AbfG)
- Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)
- Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
- Das Produkthaftungsgesetz (ProdHaftG)
- Die Energieeinsparverordnung (EnEV).

Alle diese Gesetze und Verordnungen haben ein gemeinsames Ziel: den Warenverkehr in der europäischen Union ökologischer zu machen und die damit verbundenen Risiken für alle Beteiligten zu minimieren. Damit ist die Bewegung für mehr Ökologie und Gesundheit im Bauwesen, die Anfang der 70er Jahre die ersten großen Skandale entfachte (Asbest, PCP) im Berufsalltag angekommen. Dass dies so unspektakulär über trockene Normen passiert, mag manchen Fundamentalisten enttäuschen. Der mit einer ins Baurecht übernommenen Norm oder mit einem Gesetz verbundene Umsetzungszwang hat dennoch weit reichende Folgen für die Baupraxis.

2 Zwei Themenfelder Ökologie - Gesundheit

Die EU bereitet seit dem Jahr 2000 auf den beiden großen Themenfeldern

- Ökologie = Reduzierung der Umweltbelastung
 - Gesundheit = Reduzierung der Risiken.
- weitere wichtige Verordnungen vor.

2.1 Das europäische Chemikaliengesetz

REACH steht für Registrierung, Bewertung und Zulassung von chemischen Stoffen und beinhaltet die Verschärfung des geltenden Chemikaliengesetzes. In Zukunft müssen alle produzierten Chemikalien, man spricht hier von „Zubereitungen“, am Sitz der Registrierungsstelle in Helsinki angemeldet werden. Dabei müssen in Abhängigkeit von der Produktionsmenge mehr oder weniger Stoffinformationen vorgelegt werden. Vor allem die Risikostoffe sollen in Zukunft besser erfasst werden. Damit sind jene ca. 1000 besonders be-

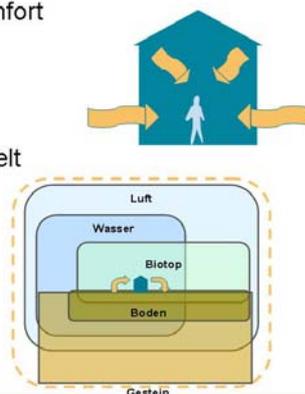
Polarität und Ergänzung

▪ Gesundheit, Komfort

▪ Egoismus

▪ Ökologie, Umwelt

▪ Altruismus



sorgniserregenden Stoffe gemeint, die als CMR-Stoffe, d.h. krebserzeugend, erbgutverändernd und fortpflanzungsgefährdend eingestuft sind. Diese Stoffe sind nicht zu verwechseln mit den Gefahrstoffen. Gefahrstoffe sind alle übrigen Stoffe, die aufgrund von wissenschaftlich anerkannten Methoden ein Gefährdungspotenzial aufweisen und in den entsprechenden Gefahrstofflisten aufgeführt sind, das sind ca. 5.500 Stoffe. Entscheidend ist dabei eine eindeutige Regelung der Verantwortlichkeit in der Produktkette vom Hersteller bis zum Handwerker. Jeder ist dem nachfolgenden Abnehmer zur Auskunft verpflichtet.

Diese Verschärfung der Deklarationspflicht ist eine der Lehren, die aus den umfangreichen Altlastenanalysen gezogen werden kann, die das Bauen im Bestand finanziell erheblich belasten.

Fungizide, Pestizide, Feinstäube, Kohlenwasserstoffemissionen usw., dieses späte Erbe der Bauproduktion der 50er – 80er Jahre kostet heute die Immobilienwirtschaft Milliarden. Dies soll und darf sich nicht noch einmal wiederholen. Von der „Volldeklaration aller Inhaltsstoffe“ ist man aber noch immer weit entfernt.

2.2 Umweltwirkung von Gebäuden

Das andere große Thema der Normengesetzgebung für das Bauwesen ist die Klärung der Umweltbelastung durch Bauprodukte. Seit den 80er Jahren werden in internationalen Forschungsprojekten die Stoff- und Energieströme der Produktion insgesamt erfasst, berechnet und bewertet. Auch für den Baubereich liegen entsprechende Daten vor. Die Regeln für Umweltproduktdeklarationen (engl. EPD) werden zurzeit aus der ISO-Normung in die europäische Normung übertra-

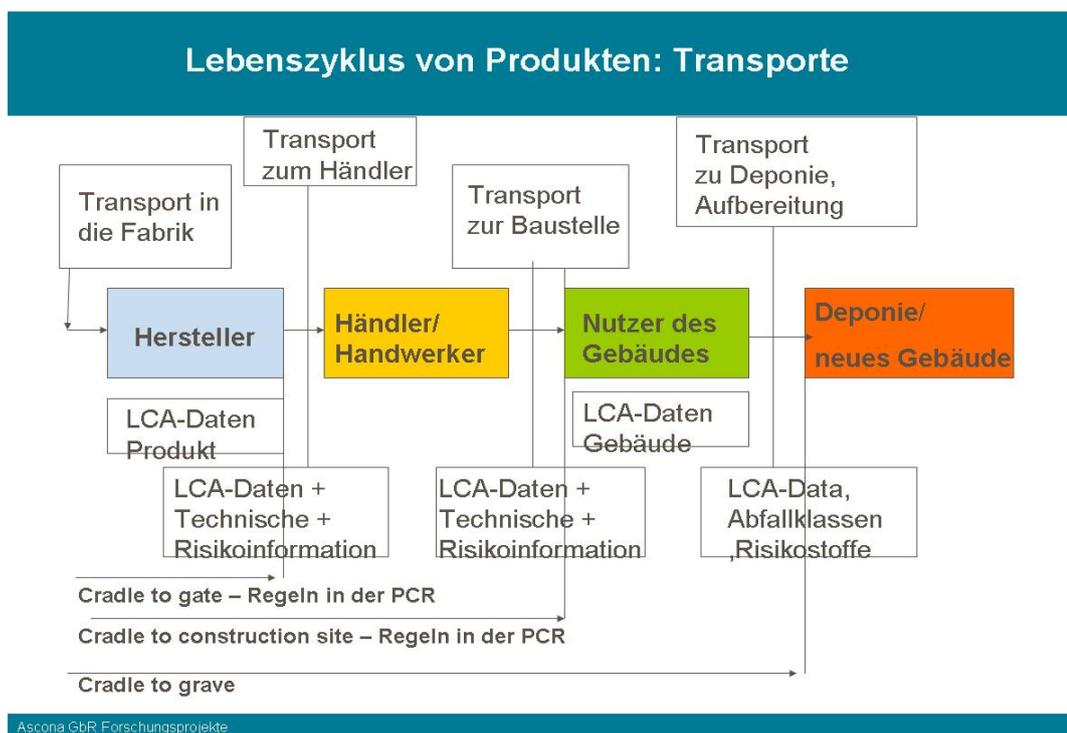


Abb. 2: Produkte und Informationskette

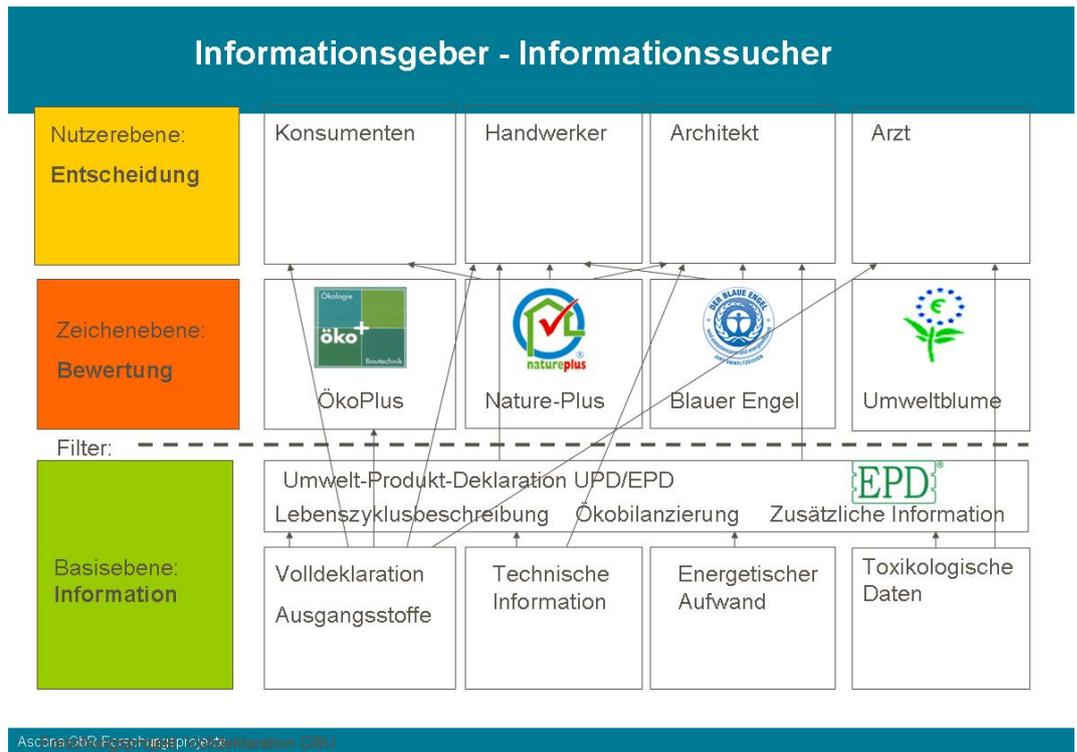


Abb. 3: Informationsgeber - Informationssucher

gen (TC 350 „Sustainability in Construction Works). Mit diesem Dokument, das ein Bauprodukthersteller seinen Kunden zu Verfügung stellt, sollen die Umweltbelastungen durch verschiedene Indikatoren für den Käufer oder Nutzer des Produkts kenntlich gemacht werden. Diese Daten sind nicht bewertend, d.h. eine eindeutige Kaufunterstützung wie bei den Effizienzklassen für einen Kühlschrank darf man hier nicht erwarten. Die Daten sind aber notwendige Voraussetzung für die vollständige Bilanzierung eines Gebäudes hinsichtlich seiner Umweltbelastung. Man muss deshalb sorgfältig zwischen Informationen (nicht bewertet) und Label (bewertete Information) unterscheiden. Für den Informationssucher stehen dafür in Zukunft unterschiedliche Quellen bereit.

2.3 Das Deutsche Gütesiegel für nachhaltiges Bauen

Der letzte Baustein in der sich aufbauenden Informationskette ist die zu erwartende Gebäudezertifizierung, die 2008 in Deutschland eingeführt wird. Grundlage dieses Bausteins ist das gemeinsam vom BMVBS und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) entwickelte System zur Beschreibung, Bewertung und Zertifizierung des Beitrages von Einzelbauwerken zu einer nachhaltigen Entwicklung - das „Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“. Der Bund, als auch die Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen haben ein Zertifizierungssystem entwickelt. Beide Systeme sollen aufeinander abgestimmt werden. Die Schutzziele der Zertifizierung umfassen sechs Aspekte:

- Standortqualität und Lage
- Prozessqualität
- Ökonomie

- Ökologie
- Technik
- Soziales und Funktion.

Jeder Teilaspekt erhält im Rahmen des Gesamtsystems seine Bedeutung durch die Gewichtungszuweisungen (Abb. 4). Durch einen Übergang von überwiegend qualitativen zu überwiegend quantitativen Bewertungskriterien treten Aspekte einer unmittelbaren und direkten Beurteilung und Einbeziehung von Bauteilen und Systemen (z.B. Regenwassernutzung, Gründach) bzw. von Bauprodukten (z.B. Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen, Einsatz von Recyclingbaustoffen) in den Vordergrund. Diese müssen und können nun im Rahmen einer quantitativen Bewertung ihre Vorteile z.B. über die Ökobilanzierung und Lebenszykluskostenrechnung oder auch über die Wirkung auf Komfort und Nutzerzufriedenheit ausdrücken. Insofern besteht ein Bedarf an dafür geeigneten Informationen und Rechen- / Bewertungsregeln. Bauprodukte selbst sind daher also nicht ein unmittelbarer Betrachtungs- und Bewertungsgegenstand – sie sind vielmehr Quelle von Informationen, die in ihren Auswirkungen auf das Bauwerk und seinen Lebenszyklus zu bewerten sind.

Die gezielte Beeinflussung von Planungs- und Investitionsentscheidungen in Richtung einer noch stärkeren Beachtung von Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung setzt u.a. voraus, dass wesentliche Merkmale und Eigenschaften von Gebäuden wie z.B. die Ressourceninanspruchnahme, die Wirkungen auf die Umwelt, die Lebenszykluskosten, die Einflüsse auf Wertstabilität und Wertentwicklung, die Qualität der funktionalen Lösung, die Einflüsse auf die Nutzerzufriedenheit sowie ausgewählte technische Eigenschaften beschrieben, bewertet und ggf. gegenüber Dritten kommuniziert werden können.

Die Fragen der Bewertung der Nachhaltigkeit lassen sich somit nicht auf die Empfehlung oder den Ausschluss von Bauprodukten reduzieren. Vielmehr müssen alle Produkte durch Bereitstellung geeigneter Informationen nachweisen, dass sie – auch quantitativ belegbar – zur z.B. ökologischen und ökonomischen Vorteilhaftigkeit von Gebäuden beitragen. Dies trifft auch und insbesondere für Bauprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen zu, die bisher häufig „gefühlsmäßig“ als positiv und als Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung angesehen wurden. Nun geht es darum, dies auch zu belegen, zu quantifizieren und nachzuweisen.



Abb. 4: Gewichtung der Säulen im Zertifizierungssystem

3 Wirkungen auf die globale Umwelt - Ökobilanz

Mit den Kriterien 01 – 05 des Zertifizierungssystems werden die Wirkungen auf die globale Umwelt auf Basis einer Ökobilanz beschrieben. In diese Ökobilanz fließen ein:

- die Herstellung und Errichtung des Bauwerkes inkl. aller energetischer und stofflicher Vorstufen,
- die Instandhaltung über einen Betrachtungszeitraum hinweg (inkl. aller energetischer und

stofflicher Vorstufen, der Herstellung, der Baustellenprozesse, der Rückbau- und Entsorgungsprozesse)

- der Aufwand für die Beheizung, Warmwasserbereitung, Kühlung und Klimatisierung und für die Beleuchtung inkl. der Antriebs- und Hilfsenergie über einen Betrachtungszeitraum hinweg,
- Rückbau und Entsorgung.

Derzeit ist der Betrachtungszeitraum (unabhängig von der ggf. längeren Nutzungsdauer des Gebäudes) auf 50 Jahre festgelegt. Der Anteil an der Ökobilanz über 50 Jahre, der durch die Bauproduktauswahl unmittelbar beeinflusst wird, beträgt je nach Kriterium zwischen 20 und 40%.

Für Holz und Holzwerkstoffe werden Ökobilanzdaten benötigt. Diese sind erforderlich in Form hersteller- und produktneutraler Daten für frühe Phasen der Planung sowie ggf. zusätzlich in Form hersteller- und produktspezifischer Daten für spätere Phasen der Planung. Es wird empfohlen, sich bei der Bereitstellung von Daten an den EPD (environmental product declaration) zu orientieren.

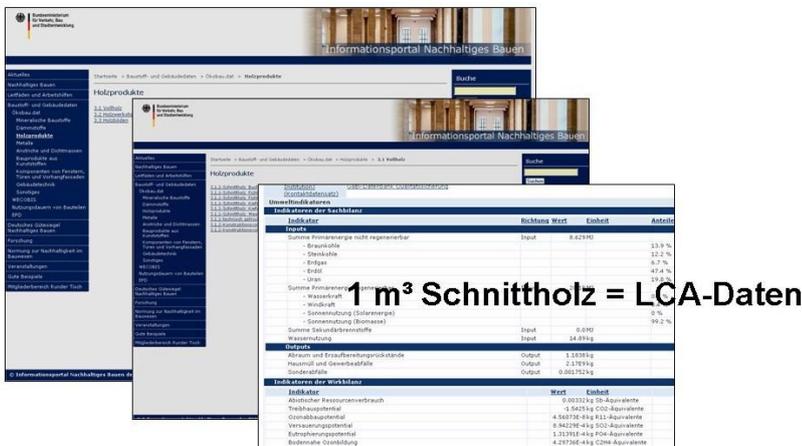


Abb. 5: Ökobau.dat mit Angaben zu Basisstoffen

Hersteller- und produktneutrale Datensätze werden für die Ökobilanzierung von Gebäuden über die Internetplattform des BMVBS öffentlich zur Verfügung gestellt (siehe detaillierte Informationen, Hinweise und Daten zur Datenbank ÖkoBAUdat unter www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebauedaten/oekobaudat.html).

Da es für eine Planer kaum möglich ist die Inhaltsstoffe seiner Konstruktionen bis in alle Einzelheiten für eine korrekte Ökobilanz zu erfassen, wird empfohlen, die Informationen nicht nur für Holz und Holzwerkstoffe sondern auch für komplette Konstruktionen („Elemente“) zur Verfügung zu stellen. Dies wird bereits in der für den Baubereich konfigurierten Datenbank „LEGEP“ umgesetzt. Es werden für mehrere tausend Konstruktionen die Inhaltsstoffe auf der Basis von Materialangaben in der Ausführungsposition erfasst. Durch Zusammenbau der Positionen zu Schichtelementen und Konstruktionselementen werden dem Planer hochkomplexe, vollständig beschriebene Bauelemente mit allen benötigten Daten zum

- Herstellungspreis
 - U-Wert
 - Reinigungs- Wartungs-, Instandsetzungskosten
 - Rückbau und Entsorgungsaufwand
 - Umweltbilanz
- zur weiteren Bearbeitung im Projekt zur Verfügung gestellt.



Abb. 6: Bauelemente in der LEGEP-Datenbank mit grafischer Auswertung der Umweltbilanz

Zur Abschätzung der Umweltwirkungen im Zusammenhang mit der Instandhaltung sind Angaben zur technischen Lebensdauer, zur durchschnittlichen Verweildauer sowie zu Instandsetzungszyklen erforderlich. In Bezug auf Durchschnittsdaten wird momentan auf den Leitfaden Nachhaltiges Bauen zurückgegriffen. Eine Aktualisierung, Erweiterung und Präzisierung derartiger Angaben ist derzeit Gegenstand von Forschungsaktivitäten – siehe u.a.

www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html

4 Gesundheit und Risiken

Die Innenraumluftqualität von neu errichteten Bürogebäuden wird u.a. auf der Basis von Messungen in ausgewählten Referenzräumen beschrieben und bewertet. Messtechnisch wird die Konzentration folgender Substanzen in der Raumluft erfasst und bewertet: TVOC als Summenparameter, Toluol, Pentachlorphenol, Dichlormethan, Styrol, Tris-2-chlor-ethylphosphat, bicyclische Terpene, Naphthalin. Aliphatische Kohlenwasserstoffe, Formaldehyd. Es wird eine Messung 4 Wochen nach Fertigstellung jedoch noch vor Möblierung vorgegeben. In der derzeitigen Phase der Erprobung und Einführung erfolgt eine Konzentration auf TVOC und Formaldehyd. Eine Auseinandersetzung mit den Emissionspotenzialen bei übrigen Stoffen wird dennoch empfohlen.

Hersteller und Anbieter können durch das Ausweisen von Emissionswerten und Abklingkurven sowie insbesondere durch eine Kennzeichnung emissionsarmer Bauprodukte (u.a. nach AgBB-Schema bzw. unter Verwendung des „Blauen Engels“) die Planer bei der Einhaltung vorgegebener Immissionsgrenzwerte unterstützen. In der Phase der Erprobung und Einführung des Systems kann der Nachweis des Einsatzes emissionsarmer Produkte ersatzweise für die Bewertung der Einhaltung von Anforderungen an die Sicherung ei-

ner ausreichenden Innenraumluftqualität herangezogen werden.

Die bereits erwähnten Informationsquellen REACH und Umweltproduktdeklaration liefern die Basis für die Bauproduktbewertung. In der neuen DIN/EN 15251 werden schadstoffarme und besonders schadstoffarme Gebäude definiert. Diese Definitionen werden in Zukunft bei Gebäudezertifizierung und in der Folge bei der Auswahl bestimmter Produkte erheblichen Einfluss haben. Die Hersteller von Holzwerkstoffe haben in der Vergangenheit bereits erhebliche Anstrengungen in Richtung Emissionsreduzierungen unternommen. Allerdings ist abzusehen, dass Emissionen aus Holzinhaltstoffen in Zukunft umfangreicher als bisher gemessen werden und geringere Belastungstoleranzen akzeptiert werden müssen.

- E 1-Richtlinie
- Agbb – Schema VOC/TVOC
- Info-Datenbanken online



Abb. 7: Holzwerkstoffe und Innenraumluftbelastung

Komplexe Zusammenhänge und Überprüfungen von Risiken und Gefahren können nur mit einer qualifizierten Datenbank erfasst, strukturiert und ausgewertet werden. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt hat hierzu Fördermittel bereitgestellt, um eine entsprechende Produkt- und Stoffdatenbank (PDM) entwickeln zu können, die sämtliche angemeldeten und registrierten Stoffdaten erfasst. Neben den gesetzlich geregelten Einstufungs- und Kennzeichnungsvorgaben werden eine Vielzahl von Quellen berücksichtigt, die eine Grundlage für die Rezepturerfassung dar-

stellt und Produkteinstufungen ermöglicht. Auf dieser Basis können Investoren und Entscheider die gesundheitsverträgliche Qualität eines Bauwerkes erheblich beeinflussen und festlegen, welche Produkte mit welchen Risiken und Gefahren im Gebäude verwendet bzw. eingebracht werden dürfen. Nachhaltige Produkte und Bauwerke können nicht mit beliebigen Materialien ausgeführt werden. Die erhöhten Anforderungen an die Raumluftqualität in Innenräumen werden insbesondere bei den künftigen Energie- und Dämmstandards wichtig, da die Dichtigkeit der Gebäude zwangsläufig zu einem geringeren Luftaustausch führt und damit zu einem erhöhten Schadstoffniveau in Innenräumen.

Die DIN EN 15 251 „Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik“ definiert schadstoffarme und sehr schadstoffarmen Produkte und Gebäude.

5 Planungs- und Bewertungshilfsmittel

Architekten, Planer oder Bauträger müssen in der heutigen Bauplanung schon zu einem frühen Planungszeitpunkt relativ genaue Angaben zum Bauvorhaben machen. Auf dem Markt stehen dem Planer dafür eine Vielzahl von Hilfsmitteln für die verschiedensten planerischen Tätigkeiten zur Verfügung. Entsprechend der zu leistenden Aufgabe wählt der Planer ein Planungs- oder Bewertungsmittel, nachfolgend auch als Tool bezeichnet, welches diese Aufgabe zu lösen hilft.

Es können hierbei verschiedene Arten von Planungshilfsmitteln unterschieden werden. Zum einen die grafischen Planungswerkzeuge, CAD-Programme wie etwa AutoCad Architecture, ArchiCad, die bei der Planung und Umsetzung eines Objektes eingesetzt werden. Sie unterstützen den Planer bei der Konstruktion, der Architektur und der Erstellung von Plänen. Sie ermöglichen jedoch

keinen quantitativen Vergleich zweier Lösungsvarianten bzw. deren Optimierung. Dafür wird die zweite Art von Planungswerkzeugen, die Berechnungs- und Bewertungswerkzeuge, die den Planer beim Vergleich verschiedener Umsetzungsvarianten und der Auswahl der optimalen Lösung unterstützen, eingesetzt. Es wird eine ökonomische wie auch ökologische Gegenüberstellung ermöglicht, mit dem Ziel eine nachhaltige Lösung des Projektes zu analysieren. Beispiele für solche Berechnungs- und Bewertungstools sind LEGEP und bauloop. In der Schweiz wird ein Planungswerkzeug eingesetzt, (OGIP), das ähnlich wie LEGEP strukturiert ist. In Österreich wurde ein Zertifizierungsprogramm mit Namen TotalQuality entwickelt. Mittels eines Kriterienkataloges mit Handbuch und eines Eingabeprogramms werden Kennziffern für Gebäude ermittelt und bewertet. Anhand von alternativen Eingaben kann man eine vorteilhafte Lösung ermitteln. Eine elementbasierte Datenbank mit ökonomischen und ökologischen Daten steht hierbei nicht zu Verfügung. Eine dritte Art von Planungshilfsmitteln sind die Informationstools. Diese dienen dem Planer als Informationsquelle für die zu bewältigenden Aufgaben. Informationstools ermöglichen in der Regel keine Modellierung eines Projektes, sondern unterstützen die Arbeit mit anderen Tools durch die Sammlung von Hintergrundwissen zu einem Themengebiet. Typische Vertreter dieser Klasse sind ECOBIS und WINGIS. ECOBIS stellt eine Informationsplattform dar, auf der sich der Planer zu ökologischen Gesichtspunkten von Bau- und Bauhilfsstoffen umfassend informieren kann. Eine Spezialform der Informationstools sind die Datenbanken, die Informationen zu einem bestimmten Wissensgebiet in strukturierter Weise bereitstellen. Als Beispiel seien genannt ecoinvent, probas, BKI-Baukosten-Datenbank.

5.1 Das Informationstool ECOBIS

ECOBIS steht für „ökologisches BaustoffInformationssystem“. Es hält bauproduktgruppenspezi-

ische Informationen zu Umwelt- und Gesundheitsfragen in den Lebensphasen Rohstoffe, Herstellung, Verarbeitung, Nutzung und Nachnutzung als beschreibende Textinformation bereit. Basis dieser Informationen sind in erster Linie Auswertungen der Fachliteratur, sowie der Informationen und der Angaben von Herstellerverbänden, Herstellern, wissenschaftlichen Instituten und Behörden. Damit soll es dem Planer ermöglicht werden, aus einer unübersichtlichen Menge von Bauprodukten jene herauszufiltern, welche den Umwelt- und Gesundheitsaspekten in gefordertem Umfang entsprechen. Darüber hinaus enthält ECOBIS das komplette Gefahrstoffinformationssystem der Bauberufsgenossenschaft (GISBAU) WINGIS. Dieses ermöglicht eine umfassende Information über die Gesundheitsauswirkungen und rechtlichen Anforderungen bei der Verarbeitung von Bauproduktgruppen und Bauprodukten. Zu beachten ist, dass ECOBIS keine Angaben zu spezifischen Produkten einzelner Hersteller enthält, sondern Informationen produktneutral auf der Produktgruppenebene bereitstellt. Für detaillierte Anfragen an Hersteller einzelner Produkte steht ein Deklarationsraster zur Verfügung, welches im Wesentlichen auf den Ausarbeitungen des schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) beruht. ECOBIS enthält Informationen zu folgenden elf Bauproduktgruppen:

- Abdichtung
- Bauglas
- Bauplatten
- Bodenbeläge
- Dämmstoffe
- Holz & Holzwerkstoffe
- Klebstoffe
- Massivbaustoffe
- Metalle
- Mörtel & Estrich
- Oberflächenbehandlung

Außerdem werden Informationen zu drei Grundstoffgruppen bereitgestellt.

- Bindemittel
- Kunststoffe
- Zuschläge

Eine tiefer greifende Analyse der bereitgestellten Informationen zeigt, welche Auskünfte sich in den einzelnen Lebensphasen finden lassen.

Allgemeine Informationen: Anwendungsbereich, Technische Daten

Herstellung: Prozesskette, Ökobilanzdaten, Arbeitsschutz

Rohstoffe: Zusammensetzung, Verfügbarkeit

Verarbeitung: Arbeitshygienische Risiken, Lösemittelemissionen, Oberflächenbehandlung

Nutzung: Beständigkeit, Nutzungsdauer, Reinigungs-/ Unterhaltsaufwand, Schadstoffabgabe, Brandverhalten, Radioaktivität

Nachnutzung: Wiederverwertung, stoffliche bzw. energetische Verwertung, Deponierung, Abfallschlüssel

ECOBIS 2000 wurde als umfassendes Nachschlagewerk auf CD-Rom herausgegeben. Zusätzlich werden Verknüpfungen zu weiterführender Literatur/Links bereitgestellt.

Im Rahmen der Umstellung von ECOBIS auf eine internetbasierte Anwendung erhält ECOBIS einen neuen Namen. Aus ECOBIS 2000 wird WECOBIS, was für „webbasiertes ökologisches Baustoffinformationssystem“ steht.

5.2 Das Bewertungstool LEGEP

LEGEP ist ein Werkzeug für die lebenszyklusbezogene Planung und ökologisch-ökonomische Bewertung von Gebäuden. Es unterstützt das Entwerfen, Berechnen und Bewerten von Bauobjekten. Dazu bietet LEGEP vier Module an, mit denen sich unterschiedliche Fragestellungen in der Planung beantworten lassen:

LEGEP - Kostenplanung

LEGEP - Wärme und Energie

LEGEP - Lebenszykluskosten

LEGEP - Ökologie

Mit dem Modul LEGEP – Kostenplanung wird dem Planer eine Mengenermittlung sowie eine Baukostenberechnung anhand der DIN 276 Erstellungskosten möglich. Das LEGEP Modul Wärme und Energie unterstützt die Ermittlung des Energiebedarfes (Heizung, Warmwasser, Elektrizität) eines Bauwerkes und der damit verbundenen Betriebskosten. Des Weiteren ermöglicht dieses Modul die Erstellung des Energiebedarfsausweises nach EnEV 2001 und EN 832. Eine Lebenszykluskostenberechnung differenziert nach Phasen (Reinigung, Wartung, Instandsetzung, Rückbau) kann unter Zuhilfenahme des Moduls LEGEP – Lebenszykluskosten erfolgen. Das vierte Module LEGEP – Ökologie kann vom Planer zur Erstellung einer Umweltbilanz unter Betrachtung der Stoffflüsse basierend auf der DIN ISO 14040-43 herangezogen werden.

Alle vier LEGEP-Module arbeiten mit denselben Basisdaten. Diese Daten werden in einem unabhängigen Bauteilkatalog (sirAdos-Baukatalog) verwaltet und ermöglichen dem Planer im Entwurfsprozess mit Bauelementen zu arbeiten, welche mit Kostendaten, bauphysikalischen Daten und Energie- und Stoffflusskoeffizienten hinterlegt sind.

Die Datenbereitstellung basiert auf Marktrecherchen, Analysen der Fachliteratur sowie Herstellerangaben. Zusätzlich werden DIN-Normen ausgewertet und Informationen aus Datenbanken (z.B. ecoinvent) hinzugezogen.

LEGEP arbeitet als Anwendung mit einer grafischen Benutzeroberfläche, die auf einer relationalen Datenbank aufbaut.

5.3 Anbindung von WECOBIS

Kurz nach Erscheinen der Ecobis-CD-Rom im Jahr 2000 wurde seitens der LEGEP -Software GmbH (damals LEGOE-Software GmbH) der Wunsch an das BMVBS (vormals BMVBW) und die Bayerische Architektenkammer herangetragen, die Inhalte der CD-ROM mit der Positions- und Elementdatenbank von sirAdos zu verknüpfen und dies mit den Programmfunktionen von LEGEP den Nutzern komfortabel zugänglich zu machen.

Da die Inhalte 2003 bereits teilweise durch neue DIN-Regelungen überholt waren, wurde der Architektenkammer auch die Überarbeitung der Daten angeboten. Dieses Angebot wurde damals von Seiten der Bayerischen Architektenkammer ohne Angabe von Gründen abgelehnt.

Durch die Umstellung von Ecobis auf eine webfähige Version wird eine Informationsabfrage von jedem beliebigen Rechner mit Internetzugang ermöglicht. Innerhalb des Projektes wird demonstriert, wie diese Information aus einem Planungsprogramm wie LEGEP aufgerufen werden kann: Damit soll die Möglichkeit einer zielgerichteten Abfrage sowohl bei der Materialsuche, als auch während der Projektbearbeitung demonstriert werden.

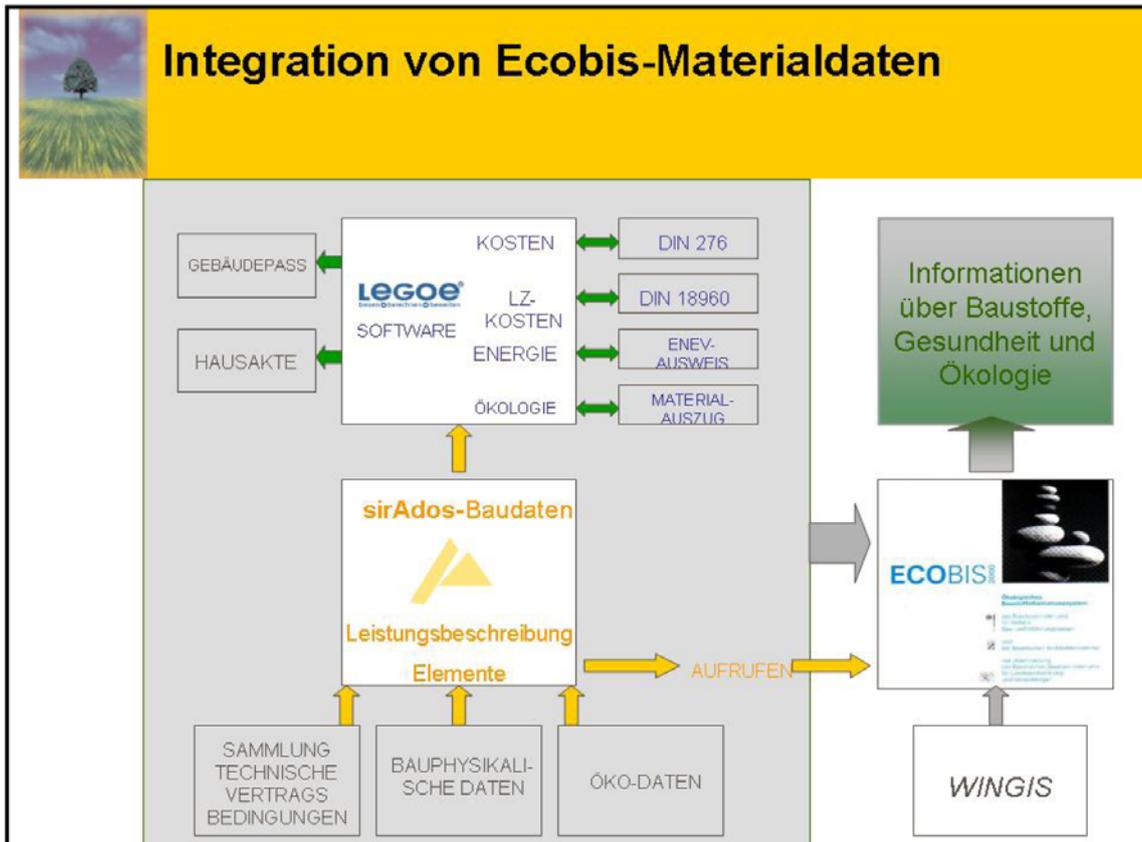


Abb. 8: Integrationsmodell ECOBIS-LEGEP 2003

5.4 Abfrage bei der Materialsuche

Da WECOBIS die Information auf der Material-, bzw. der Produktebene zu Verfügung stellt, ist die Bezugsebene innerhalb der LEGEP-Software ebenfalls die Materialebene. Die Materialdatenbank liegt zwischen den Datenbanken der Sachbilanzmodule und der Positionsdatenbank.

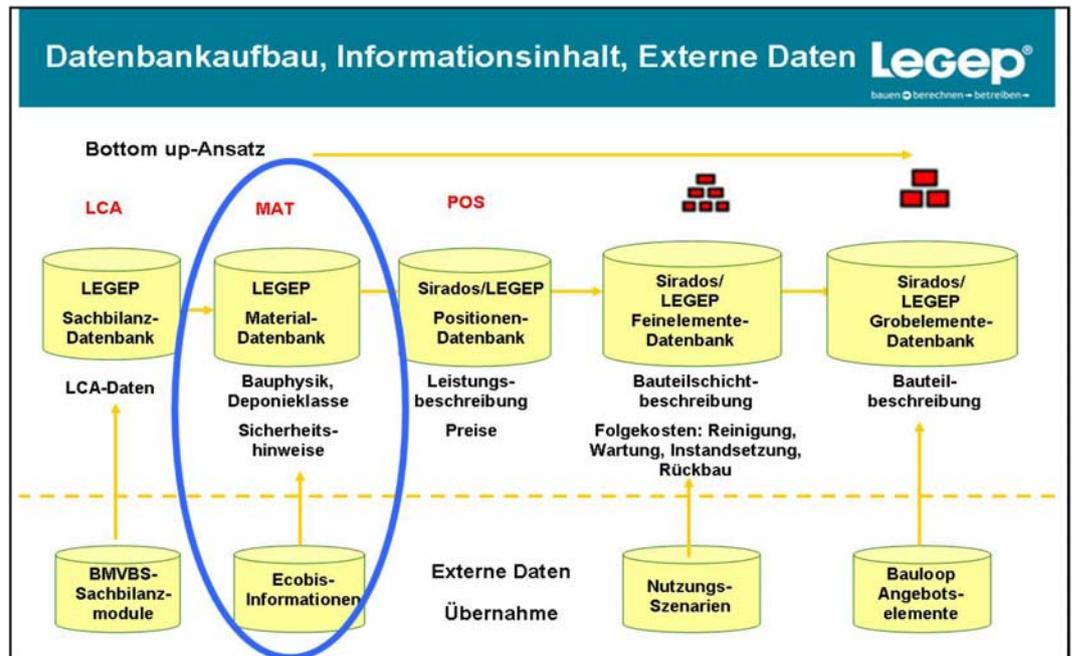


Abb. 9: Verknüpfung in der Datenbank zwischen Material-Position-Sachbilanz

Die Inhalte der Materialdatenbank von LEGE sind sowohl „generisch“, d.h. sie beziehen sich auf unspezifische Materialien oder Bauprodukte, wie z.B. einen Hochlochziegel, als auch „spezifisch“, d.h. sie beziehen sich auf herstellerspezifische Produkte, z.B. einen Unipor-Ziegel mit Sonderzulassung. Die Gliederung der Materialdatenbank ähnelt in der Grundstruktur der WECOBIS-Datenbank.

Darüber hinaus werden dem Bearbeiter diejenigen Materialien in seinem aktuellen Projekt angezeigt, für die in WECOBIS-Datenbank Informationen bereitgestellt werden. Diese kann er dann über den Internetzugang abrufen und sich anzeigen lassen.

Die Datenbankstruktur erlaubt beliebige Verknüpfungen. Die Materialien sind sowohl in Richtung Sachbilanzdaten verknüpft, als auch in Richtung Positionen. Eine weitere Programmfunktion erlaubt die Zuordnung von Informationsinhalten. Diese können beliebige Formate besitzen. Zurzeit ist eine Gruppe von Materialien mit Schadstoffinformationen in Form von Dokumenten verknüpft.

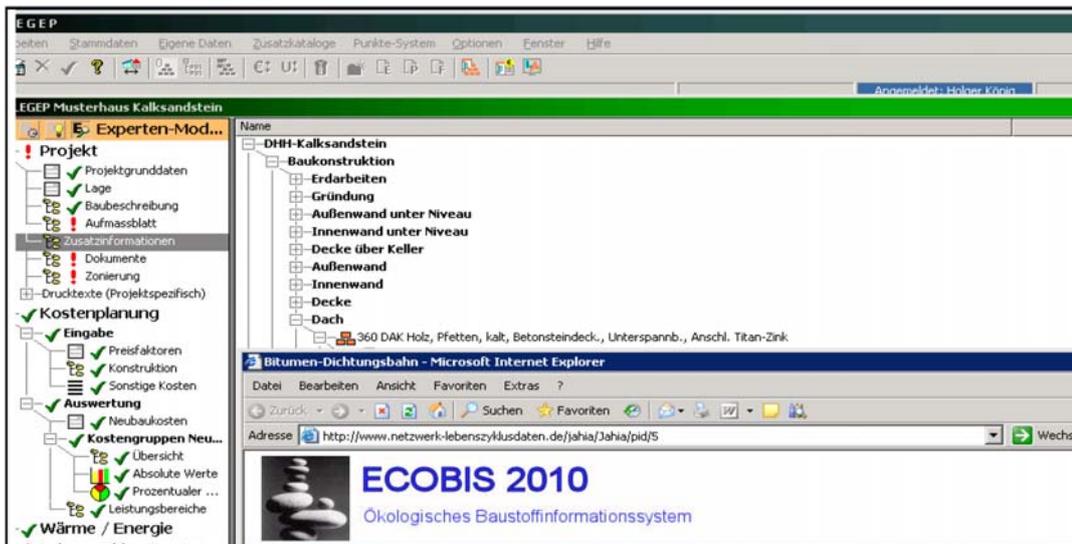


Abb. 10: Aufruf der Materialinformation aus WECOBIS über Internet

5.5 Ausblick

Der Vorteil der projektbezogenen Web-Abfrage liegt in der spezifischen Informationsbereitstellung „on demand“. Dies reduziert den Rechercheaufwand auf die Fragestellungen, die im Projekt relevant werden.

Ein weiterer Vorteil der Netzversion besteht in der Verlinkung mit anderen online-Datenbanken. So ist ein Zugriff auf die Informationen der GISBAU-Datenbank „WINGIS“ der Berufsgenossenschaften möglich. Viele Inhaltsstoffe und alle Schadstoffe werden mit den Informationen über die Risiken verknüpft, z.B. den R- und S-Sätzen. Diese Hinweise sind besonders für die Identifizierung von Risiken für die handwerkliche Anwendung von großer Bedeutung.

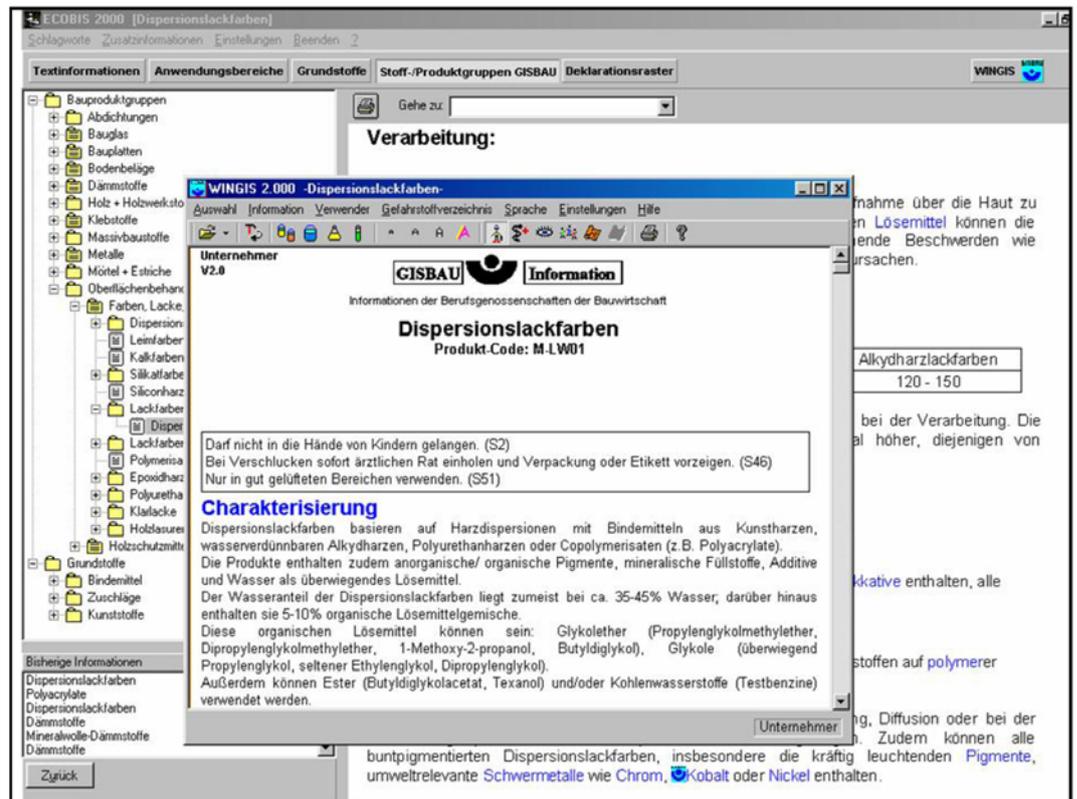


Abb. 11: Risikoinformation über WECOBIS aus WINGIS

Dieses Beispiel soll die zukünftigen Möglichkeiten einer digitalen Informationskette aufzeigen, wenn die Inhalte intelligent verknüpft werden.

6 Schlussfolgerung

Bei einer Gesamtbetrachtung aller laufenden Prozesse und Innovationen, die den Baubereich betreffen, wird deutlich, dass sich das Bauen in Deutschland aus der

- Preisnachfrage - der Billigste bekommt den Zuschlag – entfernen wird hin zu der
- Qualitätsnachfrage - Was bekomme ich für mein Geld?

Der demographische Wandel und die Entwicklung der Energiepreise werden diesen Prozess noch beschleunigen. Sehr gute Gebäude werden nachweisen müssen, dass sie für einen bestimmten Preis:

- einen niedrigen Energieverbrauch aufweisen
- hohen Komfort und Nutzerzufriedenheit
- günstige Nutzungskosten
- bei Rückbau und Entsorgung keine Probleme bereiten.

Dass eine derartige Leistung nicht unmöglich ist, haben in den letzten Jahren immer wieder besondere Gebäude in Deutschland bewiesen. Mit der integralen Software LEGEP wurden diese Gebäude während der Planungsphase begleitend berechnet. Durch die Auswertung der Daten zu Baukosten, Nutzungskosten, Energiebedarf und Umweltbelastung konnten die Entscheidungen der Planer kritisch reflektiert und optimiert werden. Einige dieser Gebäude wurden im Programm „Solarbau“ des Bundeswirtschaftsministeriums gefördert. Das gezeigte Beispiel der „Lebenshilfe Lindenberg“ im Allgäu, geplant vom

Werkstätte für behinderte Menschen, Lindenberg
Architekt Lichtblau, München

Legep®
baum | berechnen | betreiben

• **Zwei Lösungen:**
Standard: Stb-Konstruktion, Mineralische Bausteine, MW, Dämmung Standard EnEV
Solarbau: Holzkonstruktion, Brettstapel, Zellulosedämmung, Dämmung Standard SOLARBAU
Benchmark: Heizbedarf 40 kWh/m², Endenergie (m. Beleuchtung): 70 kWh/m², PE: 100 kWh/m²

Räume:

- Verwaltung/Büros
- Cafeteria
- Werkstraße
- Werkstätten



Abb. 12: Solarbauprojekt „Lebenshilfe Lindenberg“, Arch. Lichtblau

Architekturbüro Lichtblau in München, hat durch Berechnung und Monitoring nachgewiesen, dass diese Lösung eine heute bereits bezahlbare Alternative für Bauherren und Investoren darstellt. Für die integrale Planung wurde ein als Software LE-GEP eingesetzt.

Nachhaltigkeit beim Bauen soll mehrere Aspekte gleichermaßen berücksichtigen:

- das Prinzip der Wirtschaftlichkeit,
- die Umweltbelastung,
- die Gesundheit und Kultur.

Mit den beschriebenen Entwicklungen sind Europa und Deutschland auf einem guten Weg.

4.1 Nachhaltigkeit Nachhaltigkeit von Holz und Holzprodukten

Dagmar Fritz-Kramer

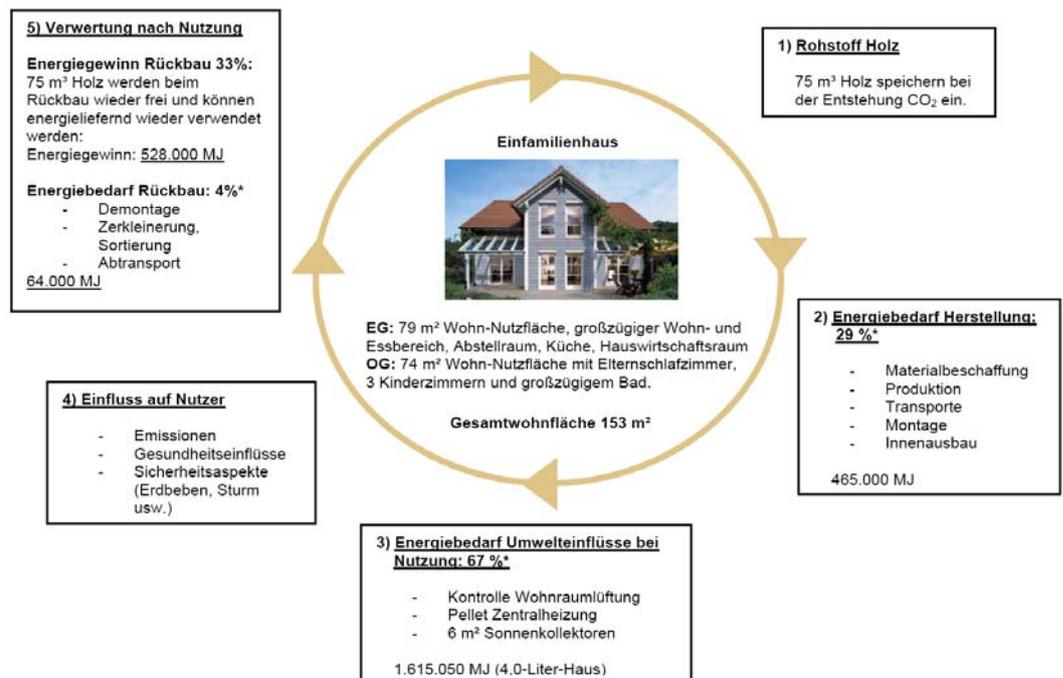
1 Allgemeines

Das Thema Nachhaltigkeit ist heute in aller Munde und wird im Moment in allen Bereichen für Marketingzwecke missbraucht. Dennoch gibt es einige reale Kernpunkte, die unter Nachhaltigkeitsaspekten auch für die Holzwirtschaft betrachtet werden sollten. Diese sind:

1. Nachhaltigkeit der verwendeten Rohstoffe
2. Nachhaltiger Herstellungsprozess (soziologisch und ökologisch)
3. Umwelteinflüsse des fertigen Erzeugnisses
4. Einfluss auf den Nutzer (Sicherheit, Emissionen, Wohngesundheit)
5. Nachhaltigkeit der Verwertung der Produkte nach Nutzung (Recycling, Downcycling, Wiederverwertung)

Unter diesen 5 Aspekten gilt es, die Nachhaltigkeit jedes Produktes zu prüfen. Beleuchtet man nach diesen Gesichtspunkten den Produktkreislauf eines Einfamilienhauses, so lassen sich die einzelnen Phasen im Produktkreislauf darstellen und auch berechnen (Abb. 1).

Bei einer genaueren Betrachtung der Einzelschritte im Produktkreislauf ergeben sich für das fertige Produkt aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz unglaubliche Vorteile gegenüber den konventionellen industriell produzierten Bauprodukten.



* bezogen auf die Lebensdauer eines Hauses von 50 Jahren

Abb. 1

2 Nachhaltigkeit der verwendeten Rohstoffe

Schon in der Entstehung speichert das Holz bei der Photosynthese soviel CO₂ ein, die es erst bei der Verbrennung wieder abgibt.



Abb. 2: Holz ist CO₂ neutral [1]

3 Nachhaltiger Herstellungsprozess (soziologisch und ökologisch)

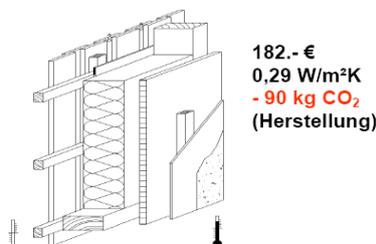
Kein anderer Baustoff hält solche CO₂-Reserven vor, was sich bei einer CO₂-Bilanzierung der Baustoffe in Kombination wiederum zeigt. Holz wird mit geringstem Energieaufwand zum fertigen Bauprodukt veredelt. Vergleicht man dazu z.B. den Baustoff Ziegel, so wird schnell klar, dass die Graue Energie, die bei der Veredelung des Rohstoffes anfällt, einen großen Teil zur Ökobilanzierung beiträgt. Die Berechnung der CO₂-Belastungen der „veredelten“ Baumaterialien zeigen den Unterschied im „Carbon Footprint“, den diese hinterlassen.

Gleichzeitig gilt es neben der Graue Energie bei der „Veredelung“ der Rohstoffe auch den Energieverbrauch bei Herstellung und Montage zu betrachten.

Wichtige Maßnahmen zu einer nachhaltigen Herstellung sind sicher:

- Energieoptimierte Maschinenteknik
- Verwendung von Ökostrom für Produktionsmaschinen
- Optimierte Logistik und Verpackungstechnik für geringstmögliche Transportbelastung bei Auslieferung
- Transport mit Hochmodernen LKWs (Euro 3/4/5)
- Zerlegbare Transportgestelle für geringe Rückfracht
- Montage mit emissionsarmen Spezialkränen
- Reduktion der Anfahrten durch erhöhten Vorfertigungsgrad
- Fahrzeuge mit Russpartikelfilter
- Energiesparende ökologische Produktionsstätten
- Kurze Wege

und vieles mehr...



Außenwandkonstruktion aus Holz als Rahmenkonstruktion, d=12 cm, Mineralwolle 120 mm zwischen den Ständern, außen hinterlüftete Boden-Deckelschalung, Naturharzlasur, innen Gipskarton-Bekleidung mit Silikat-Dispersionsbeschichtung



Außenwandkonstruktion zweischalig, aus Ziegel, Hochlochziegel 12/1,2, d=24 cm, mit hinterlüfteter Außenschale aus Vormauervollziegel 28/1,8 und Dämmung Mineralwolle 80 mm, innen Kalkzementputz mit Fliesen

Abb. 3: CO₂-Bilanz auf Materialebene (Carbon Footprint) [1]

4 Umwelteinflüsse des fertigen Erzeugnisses

Der größte Umwelteinfluss des fertigen Erzeugnisses Einfamilienhaus liegt sicher in der Nutzung. Zur Beheizung und Warmwasserbereitung für den Nutzer fällt der Hauptteil des Energiebedarfes an. Dennoch bietet der Rohstoff Holz auch hier entscheidende Vorteile. Ein Holzhaus ist stets ein Niedrigenergiehaus und kann mit passender Haustechnik und Architektur ohne großen Kostenaufwand in seiner Energiebilanz optimiert werden.

Heutige Holzbauten erfüllen durchaus standardmäßig die KfW-Anforderungen und gehen oft weit darüber hinaus. Kriterium für eine Förderfähigkeit bildet die Wärmebedarfsberechnung nach EnEV. Leider spart diese Berechnungsmethode den Grauenergiebereich aus, wodurch der „ökologische Rucksack“ von weniger nachhaltigen Produkten in der Förderpolitik unberücksichtigt bleibt.

5 Einfluss auf den Nutzer

5.1 Sicherheit

Der Einfluss auf den Nutzer ist gerade beim Einfamilienhaus ein unverzichtbarer Nachhaltigkeitsaspekt. Nicht nur die Standsicherheit, sondern auch Brand- und Schallschutz, wie auch zunehmend Orkan- und Erdbebenschutz sind für den Bewohner unverzichtbare Attribute. Der Holzbau hat sich durch zahlreiche Entwicklungen und Patente in allen diesen Bereichen hoch entwickelt. Der zähe Rohstoff Holz liefert gerade für die statischen Bereiche Standsicherheit sowie Orkan- und Erdbebensicherheit die ideale Grundlage. Durch konstruktiven Holzschutz steht die Haltbarkeit von Holzhäusern dem konventionellen Bau in nichts nach. Auch Schall- und Brandschutz führt heute im Holzbau zu hervorragenden Werten.

5.2 Emissionen

Das Thema Emissionen von Baustoffen erhielt nicht zuletzt durch Skandale mit Asbest verseuchten Plattenmaterialien in den 80ern Brisanz. Durch die neuen EU-Normen zur Kennzeichnung und Volldекларierung von Baustoffen erhält das Thema zusätzlich Aktivität. Grundsätzlich ist es wichtig, jeden Baustoff genau zu prüfen. Im baubiologischen Bau gehört es zum Standard jedes eingebauten Materials vom Baubiologen prüfen zu lassen. Als Prüfmethode für das Gesamtprodukt hat sich die VOC- Luftschadstoffmessung zum Standard-Prüfverfahren etabliert.

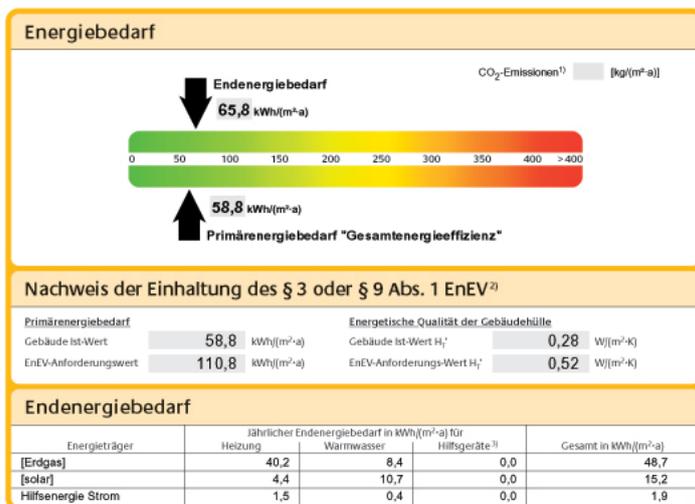


Abb. 4: Energiepass Holzhaus

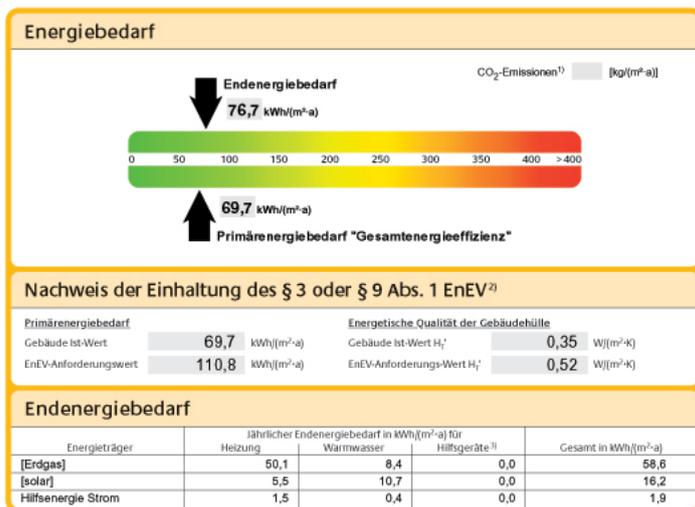


Abb. 5: Energiepass konventionelles Haus

5.3 Beschreibung des Prüfverfahrens (VOC-Messung):

1. Abhängen einer Innentüröffnung mit PE-Folie, um die Einflüsse der anderen Räume etc. zu reduzieren.
2. Ein paar Stunden später wird mit einer elektrischen Luftpumpe in diesem Raum ein Volumen von je 50 Litern durch 2 Probenahmeröhrchen (VOC und Formaldehyd) hindurch gesaugt.
3. Luftdichtes Verpacken der beiden benutzen Probenahmeröhrchen.
4. Umstellung Probenahmeequipment auf Holzschutzmittelprobenahme. Dabei wird über Nacht ein Luftvolumen von 8 - 10 m³ gesaugt. Darin enthaltene Staubteilchen werden aufgefangen und am nächsten Morgen - ebenfalls luftdicht verpackt - zusammen mit den anderen Röhrchen und den Probenahmeprotokollen an ein unabhängiges Labor geschickt.
5. Die Kundschaft bekommt nach 3 Wochen die Auswertung anhand einer Tabelle. Das Probenahmeprotokoll enthält Daten der vorgefundenen Bedingungen der Materialien und der vorgenommenen Arbeiten.



Abb. 6



Abb. 7

5.4 Wohngesundheit

Sicherheitsaspekte und Raumemissionen tragen als harte, berechenbare, messbare Faktoren zur Wohngesundheit bei. Daneben gibt es einige weitere Faktoren, die das Wohngefühlklima beeinflussen. Die Oberflächentemperatur von Baustoffen entscheidet, wie wohl sich der Mensch im Umfeld fühlt.

5.5 Thermische Behaglichkeit im Vergleich

Es gibt eine Vielzahl von Faktoren, die auf die Behaglichkeit des Menschen wirken, wie z.B. der persönliche Gesundheitsstatus, die Kleidung, Aktivitäten/Bewegung, Geräuschpegel, Luftqualität (Zusammensetzung, VOCs, MVOCs, Gerüche, Luftionisation), Lüftungsgewohnheiten, Elektroklima und Kontakt zur Natur. Neben Luftfeuchte und Luftbewegung hat die Lufttemperatur einen wichtigen Einfluss auf die empfundene Behaglichkeit. In Räumen, in denen die Oberflächentemperatur der Außenbauteile auf der Innenseite aufgrund schlechter Isolierqualitäten niedrig ist, muss die Lufttemperatur deutlich höher sein, damit sich der menschliche Körper annähernd behaglich fühlt.

Im ökologisch gebauten Holzhaus ergibt sich im Winter aufgrund der sehr guten Wärmeschutzigenschaften (U-Wert Außenwand 0,16 W/mK) eine höhere Außenbauteiltemperatur an der Innenseite. Somit kann die Lufttemperatur deutlich niedriger sein und der Mensch fühlt sich trotzdem behaglich. Dies ergibt im Vergleich zu schlechter isolierten Gebäuden ein angenehmeres, freieres Atmen, sowie positive Effekte hinsichtlich Elektrostatikeffekten und Schimmelvorsorge.

Die Luftfeuchte bleibt deutlich länger in einem Komfortbereich und es bleiben nicht zuletzt gravierende Einsparungen beim Energieverbrauch für die Beheizung des Wohngebäudes (1°C Temperaturabsenkung spart rund 5% Heizenergie ein).

Vergleichen Sie selbst in nachstehender Übersicht die unterschiedlichen Bauweisen.

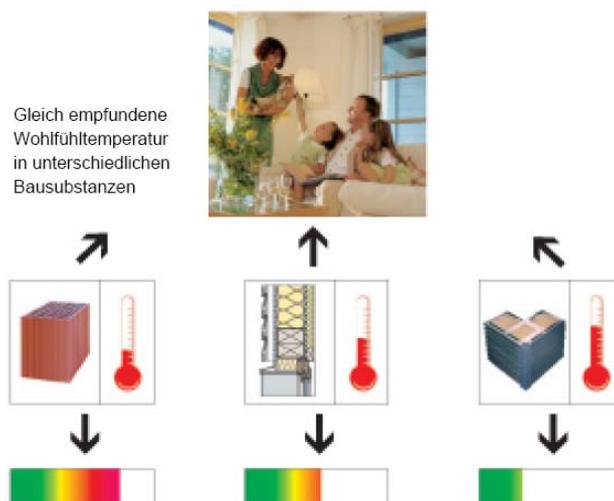


Abb. 8: Vergleich Energieverbrauch

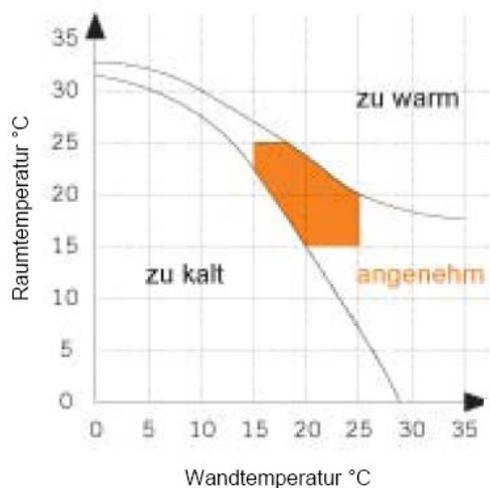


Abb. 9

5.6 Sommerlicher Wärmeschutz

Je nach Ziegelfarbe ergeben sich Oberflächentemperaturen von 40-70°C auf den Dachziegeln. Die Energie „läuft“ immer vom höheren zum niedrigeren Niveau, d.h. die Sommerhitze dringt je nach verwendetem Dämmstoff früher oder später in das Dachgeschoß ein. Bei üblichen Dämmstoff-

dicken von rund 20 cm braucht die Hitze bei Glas-, Stein- und Mineralwolle, sowie bei Styropor und PU-Schlamm 3 - 5 Stunden, bis an der Innenseite eine spürbare Temperaturerhöhung feststellbar ist. Bei Dachaufbauten, die mit nachwachsenden Rohstoffen wie z.B. unserer patentierten und mehrfach ausgezeichneten Hobelspanndämmung HOIZ S45 isoliert werden, dauert es 14-16 Stunden, bis die Hitze an der Innenseite ankäme. Dann ist außen aber der „Motor“ für den Hitzedurchtritt, die Sonne, bereits weg von der Dachfläche und man hat Gelegenheit zu lüften.



Abb. 10

5.7 Diffusionsfähigkeit

Auch die Diffusionsfähigkeit von Baustoffen trägt zur Regulierung der Wohnraumluft bei.

In jedem bewohnten Gebäude entsteht durch den ganz normalen Alltag mit Kochen, Duschen, Waschen, Schwitzen, Blumen, ein Wassereintrag in der Größenordnung von 2-3 Litern pro Tag und Person.

In modernen Haushalten schaffen es die Bewohner, wie in einer Plastiktüte eingepackt, meist nicht, durch Ihr Lüftungsverhalten die Feuchtigkeit im Haus in einem unkritischen Bereich zu hal-

ten. Um diese Feuchte gefahrlos abzuführen, ist eine bauphysikalisch günstige Bauteilkonstruktion auch im Trockenbau von äußerster Wichtigkeit.

Ökologische Holzbauingenieure setzen daher seit über 15 Jahren erfolgreich auf technische Papiere, die den Dampfdurchgang durch Außenbauteile regulieren. Die Feuchteabgabe nach draußen erfolgt schneller, als von der Raumseite her Feuchtigkeit nachkommt. Die Auswirkungen sind von moderner Funktionskleidung für den Outdoor-Bereich bekannt.

Die Bauteile bleiben trockener, was sich nochmals günstig auf die wärmetechnischen Eigenschaften und die Haltbarkeit auswirkt. Die Diffusionsvorgänge in einem Gebäude, anhand der feuchte-technischen Kennzahlen dargestellt, führen zu interessanten Ergebnissen. Bei einem Beispielhaus mit rund 260 m² Gebäudehüllfläche, das größtmäßig einem normalen Einfamilienhaus entspricht, ergibt sich im Vergleich zu einem Gebäude, das mit dampfsperrenden Materialien, wie z.B. Plastikfolien ausgeführt ist, eine „Diffusionsreserve“ von rund 2,5 Litern pro Tag.

Neben den Einflüssen der Baustoffe selbst und deren physikalischen Eigenschaften sollten auch durch die Haustechnik möglichst wenige Einflüsse eingetragen werden, die die Wohngesundheit negativ beeinflussen. Das Thema Elektromog durch niederfrequente Strahlung in verlegten Kabeln und Steckdosen sollte beim wohngesunden Bauen berücksichtigt werden. Durch Abschirmung bietet heutige Elektrotechnik bereits praktikable Lösungen an.

5.8 Hochfrequenzschutz

Vielfältige Veröffentlichungen von kritischen Wissenschaftlern (Herr v. Klitzing, Medizinphysiker Dr. George Carlo, Umweltmediziner Dr. Gerd Oberfeld, Naila-Studie, Reflex-Studie) warnen seit Jahren vor den sogenannten nicht-thermischen

Einflüssen der Mobilfunksender auf den menschlichen Organismus.

Nach Umweltmedizinern wie Herrn Dr. Frank Bartram, Weißenburg oder Prof. Salford, Schweden, macht gepulste Hochfrequenz die sogenannte Blut-Hirn-Schranke im Kopf durchlässiger für Giftstoffe, d.h. die natürliche Barriere zum Schutz des Gehirns verliert ihre Schutzfunktion. Erkrankungen wie Tumore, Multiple Sklerose, Demenz, Parkinson und Alzheimer werden mit diesem Effekt in Verbindung gebracht. Aus Vorsorgegründen wird nach dem Standard der baubiologischen Meßtechnik (SBM 2003) für ungestörte Schlafplatzsituationen ein maximaler Wert von 0.1 µW/m² gefordert, der im Umfeld von Mobilfunksendeanlagen nur mit einer guten Abschirmung erreicht werden kann.

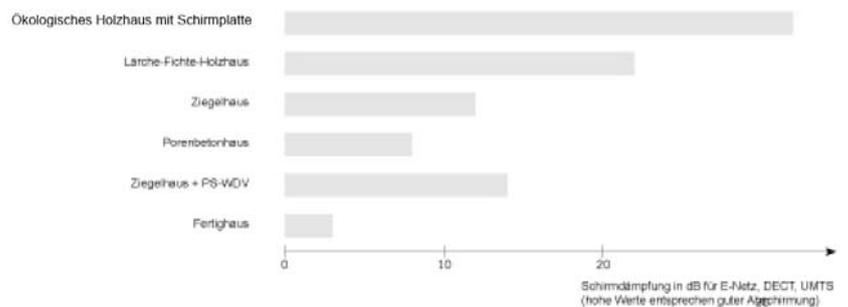


Abb. 11: Schirmung elektromagnetischer Wellen nach PAULI und MOLDAN, Bayer. Landesamt für Umweltschutz

6 Nachhaltigkeit der Verwertung der Produkte nach Nutzung (Recycling, Downcycling, Wiederverwertung)

Oberste Prämisse des nachhaltigen Bauens bleibt sicher die rückstandslose Verwertung der Bauteile und ein Rückgeben an die Natur ohne Schaden zu erzeugen. Dies gelingt sicher nur mit einem reinen Naturbaustoff. Verbundmaterialien und alle Stoffe, die in ihre Ursprungsrohstoffe nicht wieder zerlegt werden können, werden sicher zur Kompostierung nicht mehr geeignet sein. Deshalb gilt es, jedes Detail am Bau so zu durchdenken, dass technische Anforderungen erfüllt werden, dass das Produkt jedoch auch wieder getrennt und sortiert werden kann, sodass einer Wiederverwendung keine Faktoren gegenstehen.



Abb. 12

Gleichzeitig ermöglicht der Holzbau durch das Vergleichsweise geringe Gewicht Bauteile zu demontieren und an anderer Stelle wieder zu verwenden. Die Bilder zeigen ein Beispiel von vorgefertigten Fassaden und Dachelementen, die 1984 auf der IGA in München standen und danach als Ausstellungsgebäude im Allgäu wieder verwendet wurden.



Abb. 13: IGA München 1984



Abb. 14: Werksgelände Allgäu 2006

Nicht in jedem Falle ist eine Verwendung von Fassadenteilen in unveränderter Form möglich. Dennoch bietet der Holzbau auch im Falle einer Umgestaltung die Möglichkeit, einzelne Bauteile wieder zu verwenden, da die statische Tragfähigkeit des Holzes auch nach Jahrzehnten erhalten bleibt. Heute noch erhaltene Dachstühle zeugen von dieser hervorragenden Eigenschaft.



Abb. 15

Sollten Bauteile aus Holz nicht wiederverwertet oder recycelt werden können, so bleibt als letzter Produktschritt auch die Verbrennung als Alternative. Beim Verbrennungsprozess setzt Holz genau die Menge CO₂ frei, die beim Wachsen eingespeichert wurde. Es bleibt also stets CO₂-neutral.

7 Zertifizierung

Bisher bestehen in Deutschland verschiedene Zertifizierungssysteme, die sich darin unterscheiden, ob eine Einzelkomponente, ein Gesamtprodukt oder auch ein Gesamtunternehmen und dessen Prozesse zertifiziert und geprüft werden sollen.

Tab. 1: Überblick über die bekanntesten Zertifikate

Zertifizierung Unternehmen	Zertifizierung Einzelkomponente	Zertifizierung Gesamtprodukt
- EMAS 	- nature plus 	- ALLÖKH 
- QM 	- Ökotest 	- LEAD 
- Arbeitssicherheit 	- ADNR 	- KFW 
	- IGEF-Siegel 	- RAL-Gütesiegel 
		- Energiepass 
		- BDF/QDF 

Dabei setzt jedes Siegel eigene Schwerpunkte, die für den Endverbraucher meist wenig transparent sind. Hier liegt auch die Schwierigkeit in der Kommunikation. Bisher konnte sich keines der Zertifizierungssysteme etablieren, es sein denn, es wurde zur Grundlage für staatliche Fördermittel.

8 Fazit

Holz bietet als nachwachsender Rohstoff eine ideale Grundlage als nachhaltig ökologisch gesunder Baustoff. Mit einem Marktanteil von etwa 15 % am Gesamtmarkt deutscher Einfamilienhausbau ist er dennoch unterpräsent. Es gilt die nachhaltigen Vorteile von Holz stärker zu vermarkten. Ein politisches Förderinstrument, das neben dem reinen Energieeinsparpotential während der Nutzung der Immobilien auch die Graue Energie bei Herstellung und Verwertung betrachtet, wie auch Emissionen von Baustoffen in Verbindung mit Umwelteinflüssen der Baustoffe mitberücksichtigt, wäre ein wichtiger Schritt. Beispiele aus dem Ausland zeigen dort bereits Wirkung und übernehmen die Vorreiterrolle (Abb. 16).

Sollte Deutschland als Klimaschutz-Pionier seine Spitzenposition anderen überlassen wollen?

Quellen

[1] König, Holger Dipl.-Ing. Arch.; Vortrag „Energieeffizientes Bauen mit Holz“, Fa. Legep.

Ökologische Förderansätze beim Bauen weltweit	Ökologische Förderansätze beim Bauen weltweit	Ökologische Förderansätze beim Bauen weltweit
<p>Bsp. – Gesundes und ökologisches Bauen in der Schweiz „Minergie Eco“</p> <p>Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energieeffizienz - Bauökologie - Gesundheit - Komfort/Raumklima 	<p>Bsp. – Gesundes und ökologisches Bauen in Italien (Südtirol) „Klimahaus PLUS“</p> <p>Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energieeffizienz Gold, A oder B - Umweltfreundliche Baumaterialien - Ökologische Haustechnik - Komfort/Raumklima 	<p>Bsp. – Gesundes und ökologisches Bauen in Österreich „Klima:aktiv-haus“</p> <p>Kriterien:</p> <p>Bewertung anhand 1000 Punkte-System mit Bonus für ökologische Baustoffe</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energieeffizienz - Bauökologie - Gesundheit - Komfort/Raumklima  
Schweiz	Italien	Österreich

Abb. 16

4.1 Nachhaltigkeit

Chancen und Perspektiven im Holzbau durch Zertifizierung

Alexander Rudolphi

1 Einleitung

Holz ist im Bauwesen noch häufig mit negativen Assoziationen behaftet. Holz ist biologisch abbaubar, es wird von pflanzlichen und tierischen Schädlingen befallen. In den 50er und 60er Jahren bedeutete ein Befall durch den Echten Hauschwamm nicht selten das Abrissurteil für einen Altbau. Im Zusammenhang damit stehen die jahrelangen Diskussionen über umwelt- und gesundheitsgefährdende bekämpfende Holzschutzmittel, die zudem durch die Formulierungen der alten DIN 68800-4 unvermeidbar schienen. Diese Problematik erhielt nach 1990 neuen Auftrieb durch die in der ehemaligen DDR teilweise exzessiv verwendeten Biozide DDT, Lindan und PCP. Als nachwachsender pflanzlicher Rohstoff ist Holz zudem leicht brennbar. Dies führte zu entsprechenden Einstufungen und Anwendungsbeschränkungen in Normen und Richtlinien. Die Dauerhaftigkeit von Holzbauwerken wurde noch in der Wertermittlungsverordnung 1988 deutlich geringer eingestuft als die von Massivbauten.

Tatsächlich sind Bauteile und Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holz in erhöhtem Maße abhängig von der Qualität des Materials, der Konstruktion und Ausführung, da die Verwendung in der Regel mit besonderen Schutzmaßnahmen gegen den natürlichen Abbau und die Brennbarkeit verbunden ist. Durch die sich daraus ergebenden besonderen Qualitätsanforderungen und die damit verbundenen Fehlermöglichkeiten ist in der Praxis die Streuung der real erzielten Nutzungsdauer von Holzbauteilen besonders hoch, das Einzelergebnis ist im Durchschnitt stärker von der Ausführungsqualität abhängig als z.B. bei Mauerwerken, Beton, Kunststoffen oder nicht rostenden Metallen.

Heute hat sich die Situation in vielen holztechnischen Bereichen grundlegend geändert. Vor al-

lem die Einführung zuverlässiger, von unabhängiger Seite überwachter Qualitätssicherungs-Systeme hat aus der historisch handwerklich geprägten Holzbearbeitung zu einer Fülle von modernen, gütegesicherten Bauprodukten und Bauelementen geführt. Dazu zählen vor allem die Gütezeichen deutscher Institute wie RAL e.V. oder des Institutes für Fenstertechnik für Brettstapelelemente, für Bauelemente wie Türen, Fenster und Treppen bis hin zu Konstruktionen wie Dächer, Holzhäuser, Blockhäuser und den Ingenieurholzbau.

Auch der dauerhafte Schutz gegen holzzerstörende Organismen wurde weiterentwickelt. Im Hochbau selbst können die dort auftretenden Gefährdungsklassen 1 und 2 zunehmend durch Beachtung bauphysikalischer Regeln und durch Anwendung konstruktiver Schutzmaßnahmen bewältigt werden, eine Folge des überarbeiteten Teil 2 der DIN 68800, hauptsächlich aber der verbesserten Produktqualitäten und der Informationsarbeit der Verbände und der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung. Parallel dazu stehen zunehmend spezifisch wirkende Schutzmittel mit reduziertem Gefährdungspotential zur Verfügung. Über die Verbote von gefährlichen Wirkstoffen in den letzten 30 Jahren hinaus werden breit wirkende und gesundheitsgefährdende Biozide durch die bis 2012 geplante Überprüfung und Neubewertung im Rahmen der Umsetzung der Biozid-Produkte-Richtlinie 1998 in vielen Fällen vom Markt genommen. Flankiert wird diese Entwicklung von zunehmend verbesserten Beschichtungsprodukten besonders für bewitterte Außenflächen wie Fenster und Türen.

Aktuelle Entwicklungen zur weiteren Verbesserung und Konditionierung von Holzprodukten und Holzwerkstoffen wie die thermische Vorbehandlung (Thermoholz), die chemische Vernetzung der Holzzellen (Belmadur®) und die Verbesserung der Verleimung und Herstellung von Ver-

bindungen und Holzwerkstoffen deuten auf das bestehende Potential für die Verwendung von Holzprodukten und Holzwerkstoffen im Baubereich.

Die Durchsetzung dieser Entwicklungen auf dem Markt ist abhängig von langfristig positiven Erfahrungen der Kunden. Dieser allmähliche Prozess kann dadurch beschleunigt werden, dass die weiteren – insbesondere ökologischen - Vorteile, die sich mit dem Material Holz verbinden, stärker in den Vordergrund treten können.

Holz ist einschließlich der Zellulosefaser der wichtigste nachwachsende Rohstoff im Bauwesen. Holz ersetzt synthetische Produkte aus zunehmend begrenzt verfügbaren fossilen Ressourcen. Durch die CO₂-Speicherung im Wachstum wird das Treibhausgas während der technischen Nutzung der Atmosphäre entzogen, bei thermischer Verwertung ist Holz CO₂-neutral. Zu den technischen Vorteilen gehört die Bearbeitungsfähigkeit und damit die besonders gute Eignung zur Instandhaltung und Reparatur, die Möglichkeit der Oberflächenenerneuerung usw.

Um diese ökologischen und ökonomischen Vorteile der Holzverwendung bzw. eines Holzbauteiles während des gesamten Lebensweges und natürlich während der Nutzung zu kommunizieren, muss man sie erkennbar machen. Dazu bedarf es komplexer Instrumente zur Erfassung, Quantifizierung und Bewertung der globalen und lokalen Umweltwirkungen von Gebäuden und der tatsächlichen Kosten, die sich mit der Herstellung und der gesamten Nutzung der Bauteile bzw. des Gebäudes verbinden.

Seit 2007 werden gemeinsam durch die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) und das Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung (BMVBS) diese Instrumente im Rahmen eines Zertifizierungssystems für die

Nachhaltigkeit von Gebäuden entwickelt, umgesetzt und eingeführt. Im Januar 2009 wurde das „Deutsche Gütesiegel für Nachhaltige Bauwerke“ der Öffentlichkeit zusammen mit den ersten zertifizierten Gebäuden vorgestellt. Im Rahmen der international bereits bestehenden Zertifizierungssysteme wie dem US-amerikanischen LEED (Leadership in Environmental and Energy Design) oder dem englischen BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) zeichnet sich das Deutsche Gütesiegel als System der 2. Generation durch verschiedene Ergänzungen aus:

- die vollständige und gleichberechtigte Einbeziehung aller Nachhaltigkeitsaspekte, also auch der ökonomischen und gesellschaftlichen im Unterschied zu einem starken Umweltbezug bisheriger Systeme,
- die Orientierung am Stand der internationalen (u.a. ISO TC 59 SC 17) und europäischen Normung (u.a. CEN TC 350) sowie die Integration nationaler Normen, Regelwerke, Richtlinien und Empfehlungen,
- die überwiegende Verwendung quantitativer Bewertungskriterien und eine lebenszyklusorientierte Bewertung durch die Verwendung von Methoden der Ökobilanzierung und Lebenszykluskostenrechnung.

Mit der international erstmaligen Installation der den gesamten Lebenszyklus von Materialien und Gebäuden umfassenden Ökobilanz als zentrales Bewertungsinstrument wurde ein entscheidender Schritt zur wirkungsorientierten Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden vorgenommen.

Die im Rahmen der ganzheitlichen und lebenszyklusorientierten Sicht identifizierten Kriterien und Anforderungen des Zertifizierungssystem werden jeweils nach betrachteten Schutzziele gegliedert, die sich ihrerseits einordnen in die drei bekannten Dimensionen der Nachhaltigkeit („Drei Säulen Theorie“): Ökonomie (stellvertre-

tend für die Wirtschaft), Ökologie (stellvertretend für die Umwelt) und Soziales (stellvertretend für die Gesellschaft):

- Schutz des Ökosystems
- Schutz natürlicher Ressourcen
- Schutz der menschlichen Gesundheit
- Schutz sozialer Werte und öffentlicher Güter
- Erhaltung von Kapital und Schutz materieller Güter

Als eigenständige und übergreifende Gruppe wurden zusätzlich die Prozessqualitäten eingeführt, die mit einem instrumentellen Charakter die Sorgfalt, die Aufwendungen, die Planungsqualität und die Dokumentation während der Planungs- und Bauprozesse beschreiben. Eine weitere eigenständige Gruppe bilden die standortbeschreibenden Kriterien und Anforderungen, die allerdings nicht in die Schlussbewertung des Gebäudes eingehen.

Mit unterschiedlichen Gebäudenutzungen variieren auch die Anforderungen, sowohl hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit als auch hinsichtlich der Bedeutung und der Zielsetzungen. Das Zertifizierungssystem wurde zunächst mit insgesamt 55 Kriterien und Anforderungen sowie weiteren 8 Kriterien zur Standortqualität für Verwaltungs- und Bürogebäude erstellt. 2009 werden spezifische Kriterienkataloge für weitere Nutzungen wie Wohnungen, Verkaufsflächen und Bestandsgebäude erarbeitet (Die derzeitigen Kriterien und Anforderungen sind in der Anlage zusammengestellt).

Ganz unabhängig von dem Deutschen Gütesiegel als Anreiz für Bauherren und Investoren besteht der entscheidende Fortschritt im Zusammenhang mit der Entwicklung von ganzheitlichen Zertifizierungssystemen in der methodischen Entwicklung und Bereitsstellung entsprechender Bewertungsinstrumente. Die Einführung der lebenszyklusorientierten Bewertung mit Hilfe der Ökobilanz und

der Lebenszykluskostenanalyse führt automatisch zur Quantifizierung ökologischer und ökonomischer Qualitäten unter Einbeziehung der Nutzungsphase. Erst mit diesen Bewertungsinstrumenten lassen sich die Vorteile der Verwendung von Holz und Holzwerkstoffen in angemessener Weise ökologisch wie ökonomisch darstellen.

2 Ökologische Qualität

Neben der Einsparung nicht erneuerbarer Ressourcen zeichnet sich die Herstellung von Konstruktionsholz, Holzwerkstoffen und Holzfasern durch besonders kurze Prozessketten – beginnend beim Einschlag des Holzes bis zur Lieferung des Baumaterials – mit wenigen technischen Bearbeitungsschritten aus. Energieaufwendige Prozesse wie Schmelzen, Brennen, Sintern usw. sind nicht erforderlich.

Nachwachsende Rohstoffe wie Holz können je nach Konfektionierungsgrad und Verarbeitung weitgehend CO₂-neutral verwendet werden. Voraussetzung ist allerdings eine nachhaltige Forstwirtschaft zur Aufrechterhaltung der CO₂-Bilanz – jeder geschlagene und verwertete Baum ist durch einen neu Wachsenden zu ersetzen, um am Ende der Holznutzung das z.B. durch thermische Verwertung wieder freiwerdende CO₂ erneut zu speichern. Diese direkt wirksamen ökologischen Vorteile können durch die Erstellung einer Ökobilanz für Produkte, Bauteile und Gebäude quantifiziert und bewertet werden. Ein wichtiger Baustein hierzu war die Bereitstellung der Ökobilanzdatensätzen sowohl durch zentrale Datenbanken als auch über die Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declaration EPD, Typ III Deklaration nach ISO 14025).

Von großer Bedeutung ist dabei die Zusammenführung der ökologischen Wirkungen aus der Gebäudeerstellung und -beseitigung mit denen des Gebäudebetriebes. Wirkungskategorien wie der Bedarf an erneuerbarer und nicht erneuerbarer

rer Primärenergie PE, PE_{NE} [kWh/m²_{NGFa}] oder die treibhausfördernde Wirkung GWP [kg CO_{2äquiv}/m²_{NGFa}] werden für einen definierten Nutzungszeitraum (z.B. t_N = 50 Jahre) umgelegt und den Wirkungen des Gebäudebetriebes (Klimatisierung, Beleuchtung, Nutzung, Instandhaltung, Reparatur, Erneuerung) zugeschlagen. Erst durch diesen Schritt werden die Vorteile nachwachsender Rohstoffe wie Holz gemeinsam mit den Vorteilen einer Qualitäts- und Gütesicherung direkt im Bewertungsergebnis deutlich.

Bereits heute zeigen sich in den bisher vorliegenden Gebäude-Bilanzierungen die Potentiale für die Verwendung von Holz. So besteht z.B. nach der Zulässigkeit von nicht tragenden Fassaden aus Holz- oder Holzwerkstoffen auch für große Gebäudehöhen die aktuelle Herausforderung in der Planung und Umsetzung auch der tragenden Gebäudekonstruktion aus Holz. Bei der im gewerblichen Bau heute vorherrschenden Betonstützen und -deckenkonstruktion resultiert die Hälfte bis zu zwei Dritteln der benötigten Primärenergie und des produzierten Treibhauspotentials (Global warming Potential GWP) allein aus der Beton-Rohbaukonstruktion. Die mit einem Einsatz von tragenden Holzkonstruktionen verbundene Reduzierung des Primärenergieverbrauches und der ökologischen Wirkungen wird in der Gebäude-Bilanzierung sofort positiv sichtbar und bewertbar.

Eine Herausforderung für die zukünftige Planung und Ausführungsplanung besteht darin, mit möglichst schlanken Holzkonstruktionen den Aufwand ergänzender Nebenprodukte aus Stahl oder synthetischer Dichtungsmassen und -folien usw. zu begrenzen, da ansonsten die ökologischen Vorteile des Holzes durch diese Materialien schnell aufgehoben werden können.

Ein wichtiges Einsatzpotential zeigt sich durch die steigenden Wärmeschutzanforderungen an der

Fassade. Hier bietet insbesondere die Holztafelbautechnik hervorragende Lösungsansätze sowohl im Neubau als auch in Form vorgehängter Fassadenelemente für die Sanierung von bestehenden Altfassaden. Anders als bei der Kerndämmung oder Wärmedämmverbundsystemen bestehen für Fassadentafeln keine Grenzen für höhere Dämmstoffstärken, zudem sind in der geschützten Lage Faserdämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen einsetzbar. Die Möglichkeit der werkseitigen Fenstermontage erlaubt zudem auch hochwertige Baukörperanschlüsse mit einer Qualitätssicherung, die bauseitig nur mit großem Aufwand erreicht werden kann.

Tab. 1: Ausgewählte Anforderungen des Zertifizierungssystems DGNB zur Ökologischen Qualität

Nr.	Titel	Messgröße
1	Treibhauspotenzial (GWP)	kg CO ₂ Äquivalent/m ² NGFa
2	Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)	kg R11 Äquivalent/ m ² NGFa
3	Ozonbildungspotenzial (POCP)	kg C2H4 Äquivalent/m ² NGFa
4	Versauerungspotenzial (AP)	kg SO ₂ Äquivalent/m ² NGF
5	Überdüngungspotenzial (EP)	kg PO ₄ Äquivalent/m ² NGF
	Beschreibung Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044 über den für die Zertifizierung angesetzten Betrachtungszeitraum t _d des Gebäudes unter Verwendung definierter Lebensdauern für Bauteile und Werkstoffe Die zugehörigen Lebensdauern sind dem Leitfaden Nachhaltiges Bauen zu entnehmen.	
8	Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt (Tropenholz)	Anteil der Nutzung zertifizierter Hölzer an der Gesamtnutzung von Holz- und Holzwerkstoffprodukten
10	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE _{ne})	Primärenergiebedarf ne kWh/m ² NGF a
11	Primärenergiebedarf erneuerbar, (PE _e)	Primärenergiebedarf e kWh/m ² NGF a
	Beschreibung Voraussetzung ist entspr. Nr. 1-5 eine Ökobilanzierung der eingesetzten Materialien nach DIN EN ISO 14040 und 14044	

3 Ökonomische und Prozessqualität - Wertehaltigkeit und Dauerhaftigkeit von Bauteilen,

Während der Planung und Ausführung liegt der Schwerpunkt der ökonomischen Betrachtung zu meist auf den kurzfristigen Erstellungskosten von Gebäuden. Die zu erwartenden Baukosten beeinflussen maßgeblich die Bereitschaft und Akzeptanz zur Umsetzung von Anforderungen im Rahmen des nachhaltigen Bauens. Bekannt ist hingegen, dass die Betriebskosten des Gebäude – Klimatisierung, Wartung, Instandhaltung und Repa-

raturen, Teilerneuerungen usw. die Baukosten über die gesamte Gebäudenutzung in der Regel deutlich übersteigen.

Aus diesem Grund wird im Anforderungskatalog zum Deutschen Gütesiegel neben der Ökobilanz auch eine Lebenszykluskosten-Analyse (Life Cycle Costs LCC) gefordert.

Tab. 2: Ausgewählte Anforderungen des Zertifizierungssystems DGNB zu den Betriebskosten, der Werthaltigkeit und Dauerhaftigkeit

Nr.	Titel	Messgröße
16	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	€/m² NGF
	Beschreibung Lebenszykluskosten unterteilt nach Erstellung-, Folge-, und Rückbau- und Entsorgungskosten im Vergleich zu einem Referenzgebäude	
39	Dauerhaftigkeit / Anpassung der gewählten Bauprodukte, Systeme und Konstruktionen an die geplante Nutzungsdauer	Tragkonstruktion Nichttragende Konstruktion außen Nichttragende Konstruktion innen Technischen Gebäudeausrüstung
	Beschreibung 1.1 Dauerhaftigkeit 1.2 Materialausnutzung 1.3 Würden die Umweltbedingungen/ die Art der Nutzung bei der Wahl der Materialien beachtet?	
40	Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der Baukonstruktion	1. Tragkonstruktion
	Beschreibung Sind wesentliche Teile der Tragkonstruktion für Instandhaltungsmaßnahmen zugänglich?	
		2. Nichttragende Konstruktion außen
	Beschreibung Welches Material ist in der Fassade verwendet worden? Sind Materialien verwendet worden, die eine partielle Instandsetzung/ Austausch erlauben? Lassen sich die verwendeten Materialschichten im Rahmen einer Instandsetzung leicht trennen?	

Tatsächlich verbirgt sich auch hinter den Kriterien wie Reparierbarkeit, Nutzungsflexibilität und Qualitätssicherung das übergeordnete gemeinsame Ziel einer optimierten Dauerhaftigkeit aller Bauteile und Oberflächen. Die mit dem Zertifizierungssystem formulierte Herausforderung besteht darin, diesen Zusammenhang sichtbar und bewertbar zu machen.

Sowohl bei der Ökobilanz als auch bei der Lebenszykluskostenrechnung werden im Rahmen einer einheitlich anzunehmenden Gesamtnutzungsdauer des Gebäudes Daten benötigt über die Reinigungs-, Instandhaltungs- und Erneuerungszyklen von Bauteiloberflächen und Bauteilen. Da mit jeder Handlung während der Nutzung

sowohl Kosten- als auch Materialeinsätze gefordert sind, sind diese Datengrundlagen für die Kostenrechnung und für die Ökobilanz weitgehend identisch. Heute verwendete Daten beruhen auf Erfahrungs- und Mittelungswerten, die überwiegend als statische Tabellenwerke vorliegen. Diese Daten sind unflexibel und repräsentieren nicht unbedingt das tatsächlich betrachtete Gebäude, sind nicht zur Abbildung positiver Qualitätseigenschaften von Bauteilen im Rahmen der Bewertung geeignet.

Wenn z.B. für die Rahmenteile von Holzfenstern aus Nadelholz je nach Herstellungs- und Einbaugüte und je nach erfolgter Wartung und Instandhaltung Nutzungsdauern von 15 bis 70 Jahren in der Praxis beobachtet werden, dann wird mit einem angenommenen Mittelwert von 40 Jahren ein erhebliches Optimierungspotential abgeschnitten. Sowohl für die Ökobilanzierung als auch für die Lebenszykluskostenberechnung hat der Unterschied zwischen einer angenommenen Nutzungsdauer von 40 oder 70 Jahren eine erhebliche Bedeutung.

Demzufolge sind nachwachsende Rohstoffe bei der Annahme von statistischen Durchschnittswerten ohne begleitende Bewertung der Qualitätssicherung heute noch systematisch benachteiligt. Je größer die Differenz zwischen einer maximal erreichbaren Nutzungsdauer und einem arithmetischen Mittelwert ist, desto größer wird das durch Qualitätssicherung erreichbare Optimierungspotential, das bei einer pauschalen Mittelwertsannahme vollständig ignoriert wird.

Wenn sich mit der Verwendung von Holz und Holzwerkstoffen sowohl in der Ökobilanz als auch bei den Lebenszykluskosten systematisch besonders hohe Optimierungspotentiale verbinden, müssen diese sowohl sichtbar, als auch berechenbar und kalkulierbar gemacht werden. Entsprechend findet sich in der ISO 15686 – *Buil-*

dings and constructed assets, Service life planning (SLP) mit dem eingeführten Teil 1 und den als Entwurf vorliegenden oder in Bearbeitung befindlichen Teilen 2 – 6 die konkrete Aufforderung zur Entwicklung performanceorientierter Prognoseverfahren zur Dauerhaftigkeit von Bauteilen. Dabei wird in der Norm zu Recht davon ausgegangen, dass der Aufwand zur baulichen Unterhaltung, die Häufigkeiten und die Gesamtdauer der Aufwendungen und die damit verbundenen betrieblichen Kosten maßgeblich durch Planungs- und Ausführungsqualität und die Nutzungsbedingungen beeinflusst werden. Zur Berücksichtigung dieser Einflüsse wird eine Faktor-Methode beschrieben (*factor method for estimating service life*).

Grundlage für die Methode bildet ein Erwartungswert für Bauteile (*reference service life of components – RSLC*), der für durchschnittliche Bauteilqualitäten unter durchschnittlich zu erwartenden Nutzungsbedingungen wahlweise empirisch oder als gezielte Nutzungserwartung formu-

liert wird. Dieser Wert wird mit Faktoren belegt, die sich aus den unterschiedlichen Einflüssen aus dem Material, der baulichen Funktion, der Material- und Ausführungsqualität und aus der Wartung und Instandhaltung ableiten. Die Faktoren wirken je nach Ergebnis negativ oder positiv auf den Ausgangswert – verkürzen oder verlängern damit die potentiell mögliche Nutzungsdauer. Die erreichten Vorteile werden sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer berechenbar und benennbar. Zusätzliche Investitionen in eine verbesserte Material- und Ausführungsqualität können einer wirtschaftlichen Amortisationsrechnung unterzogen werden.

Entsprechende Prognoseverfahren zur qualitätsabhängigen Dauerhaftigkeit von Bauteilen sind stark geprägt durch die betrachtete Materialgruppe. Mit der Förderung, Entwicklung und Bereitstellung entsprechender Verfahren sind daher vor allem die Holzwirtschaft und ihre Fachverbände gefordert.

4.1 Nachhaltigkeit Plusenergiebaustoff Holz

Holger Wolpensinger, Wolfgang Rid

1 Einleitung

Kein anderer Baustoff schneidet in der Nachhaltigkeitsbewertung und in Ökobilanzen besser ab als der Baustoff Holz. Zu seiner herausragenden Plusenergiebilanz führen der geringe Energieaufwand der Baustoffherstellung und der hohe Anteil der über die Photosynthese eingelagerten Erneuerbaren Energie, die bei der Entsorgung energetisch genutzt werden kann. Dennoch schlägt man derzeit weltweit wissenschaftliche Purzelbäume um das Nachhaltige Bauen neu zu erfinden.

2 Ältester Baustoff mit multifunktionalen Eigenschaften

Holz ist in der Menschheitsgeschichte neben Lehm der älteste Werkstoff. Aus Holz entstanden - und entstehen - Häuser, Brücken, Schiffe, Flugzeuge und Gerätschaften aller Art. Holz ist multifunktional: zuerst Werk- und Baustoff, zu guter Letzt Brennstoff. Dies alles als nachwachsender Rohstoff.

3 Klimaverbesserung durch Holznutzung

Kohlenstoffverbindungen sind die Basis des Lebens. Holz entsteht in der „Fabrik Wald“ in einem gänzlich natürlichen Prozess unter Verwendung solarer Energie. Wie alle Pflanzen wachsen Bäume, indem sie der Atmosphäre CO₂ entziehen, den darin enthaltenen Kohlenstoff als Biomasse binden und den Sauerstoff an die Atmosphäre abgeben. Sauerstoff ist für uns lebens-

wichtig, der Kohlenstoff dient uns nach wie vor als wichtigste Energiequelle.

Wälder sind für Menschen und Klima unentbehrlich, weil in ihnen permanent CO₂ „verarbeitet“ und Kohlenstoff gespeichert wird. Jeder Baum und jedes verwendete Stück Holz ist Kohlenstoffspeicher. Letzteres wird zudem zur Rohstoffquelle, wenn es entsorgt wird und das anfangs aufgenommene CO₂ in gleichem Umfang wieder in die Atmosphäre gelangt. Um einen Kubikmeter Holz bilden zu können, setzt ein Baum eine Tonne CO₂ um und bindet je nach Holzart zwischen 250 und 300 kg Kohlenstoff. In den Wäldern der Erde sind auf dieser Basis zur Zeit etwa 400 Mrd. Tonnen Kohlenstoff gebunden. Folglich ist die Nutzung der Ressource Holz die beste Gewähr dafür, die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschen und der gesamten Natur zu erhalten.

4 Schlüsselrolle des Waldes zur Reduzierung der globalen Erwärmung

Über die CO₂-Speicherung hinaus tragen Bäume durch die Verdunstung von Wasser im Rahmen der Photosynthese zur Verbesserung des Mikroklimas bei. Die entstehende Verdunstungskälte reduziert die Oberflächentemperaturen und damit die langwellige Ausstrahlung in die Atmosphäre. Global stellt der Energieumsatz durch Verdunstungsprozesse den größten Anteil am Energiehaushalt der Erde dar (siehe Abb. 3). Die globalen Änderungen in der Landnutzung und der einhergehende Einfluss auf die Energiebilanz sind wesentliches Kriterium des Klimawandels.



Abb. 1: sowohl Wald als auch Holzhäuser punkten in Sachen Behaglichkeit und Erholung

Bäume stellen eine Schlüsselrolle sowohl zur Reduzierung der lokalen als auch der globalen Erwärmung dar [10].

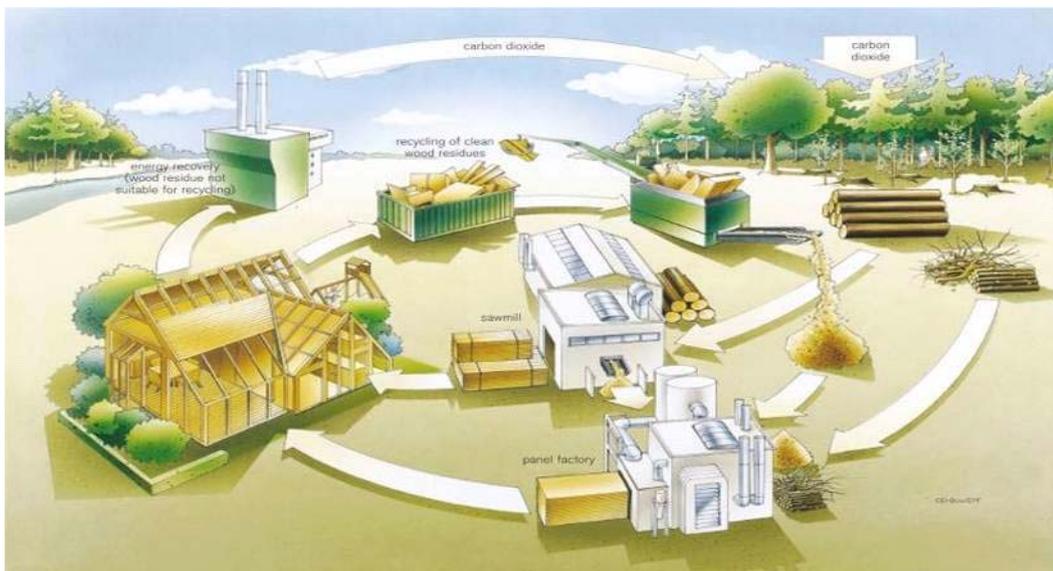


Abb.2: Kohlenstoffkreislauf von Holzprodukten

Global Radiation Balance Energy balance, daily mean

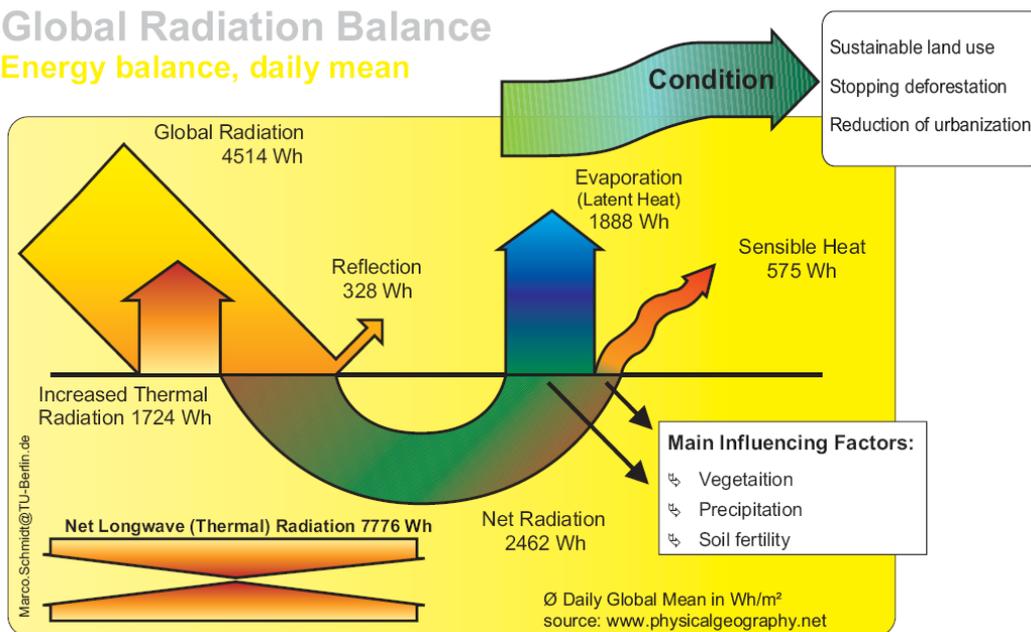


Abb.3: Globaler täglicher Energieumsatz [10]

5 Carl von Carlowitz's Früchte tragen

Der Bericht „Grenzen des Wachstums“ des Club of Rome im Jahr 1972 markiert den Beginn eines wirtschafts- und sozialpolitischen Umdenkens hin zu Entwicklungszielen, die über rein ökonomische Parameter hinausgehen und verstärkt ökologische und soziale Komponenten betrachten. 15 Jahre später definiert die Brundtland-Kommission erstmals Sustainability (Nachhaltigkeit, Zukunftsfähigkeit) als politisches Ziel: „Entwicklung zukunftsfähig zu machen, heißt, dass die gegenwärtige Generation ihre Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generation zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse befriedigen zu können.“

Seitdem zählen Umweltschutz, Klimaschutz und die Sicherung menschenwürdiger Lebensbedingungen für immer mehr Menschen wie für Staatengemeinschaft zu unverrückbaren politischen Grundsätzen. Die Umweltkonferenz in Rio de Janeiro 1992 mit der dort verabschiedeten Agenda 21 und das Kyoto-Protokoll 1997 markieren Etappen dieser Entwicklung. Am stärksten wird die Zukunftsfähigkeit durch den Klimawandel bedroht. Die hierzulande praktizierte Forst- und Holzwirtschaft leistet in diesem Zusammenhang bereits seit langer Zeit ihren Beitrag. Nachhaltig zu agieren ist streng beachtete Maßgabe im wirtschaftlich ausgerichteten Umgang mit dem Wald und der Nutzung seiner „Früchte“. Das wurde erstmals im 17. Jahrhundert durch Carl von Carlowitz postuliert.

6 Herausforderung Nachhaltigkeits- Zertifizierung

Der Ansatz, Gebäude hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeitsqualitäten bewerten zu wollen, macht auf den ersten Blick zumindest, die Dinge nicht unbedingt einfacher. Dabei ist die Definition von Nachhaltigkeit ganz konkret: Nicht mehr aus einem Vorrat (bezogen auf Holz aus der Fabrik Wald) zu entnehmen, als nachwächst. Dass diese

Festlegung im Laufe der zurückliegenden 300 Jahre sich verändern, erweitert werden würde, war zu erwarten, ist angesichts zunehmender Informationen über die Zusammenhänge und Auswirkungen unseres Tuns angemessen. Was die „Fabrik“ Wald angeht, ist Beeindruckendes erreicht worden: immerhin 70 % der Waldfläche in Deutschland sind mittlerweile nach PEFC bzw. FSC zertifiziert, was sehr hohe Nachhaltigkeitsanforderungen an die Forstwirtschaft stellt. Kein anderer Baustoff kann eine nur annähernd gleich gute Quote in Punkto Nachhaltigkeitszertifizierung vorweisen.

Siedlungsenergiebilanz (143 WE)
Betrachtet wurde die PEI des „erweiterten Rohbaus“

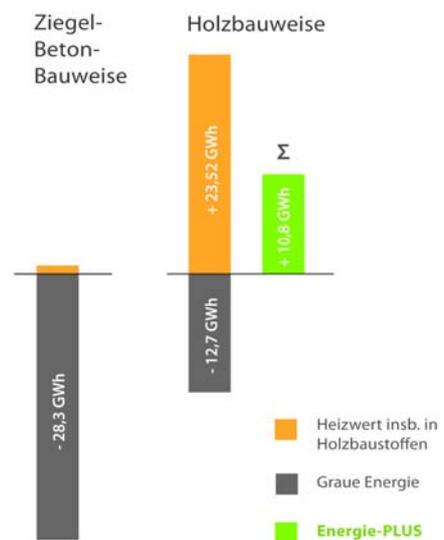


Abb.4: Plusenergiebilanz einer Siedlung

Der Baustoff Holz ist einer der wenigen Baustoffe, der in großem Umfang immer wieder nachwächst, der über den gesamten Lebenszyklus betrachtet nachweislich eine Plusenergiebilanz ausweist und als tragender und dämmender Baustoff eingesetzt wird. Zur Herstellung von Holzbauten ist deutlich weniger Energie erforderlich als im Holz enthalten ist. Nach dem Rückbau und der Trennung der Komponenten von Holzbauteilen

am Ende der Nutzung und deren thermischen Verwertung wird so viel Prozessenergie wieder frei, dass damit zwei je nach Bauweise sogar bis zu drei neuen Gebäuden in Holz errichtet werden können (Abb. 4).

7 Paradigmenwechsel in der Umweltbewertung

Die Studie „ÖkoPot“ [1], von einem Forscherteam um das Hamburger Heinrich-von-Thünen-Institut für das Bundesministerium für Bildung und Forschung durchgeführt, kommt als eine der jüngsten Ökobilanzierungsstudien zu dem Ergebnis, dass der Holzbau deutliche Umweltvorteile gegenüber der mineralischen Bauweise hat. Dies soll am Beispiel der Primärenergie einer Außenwandkonstruktion erklärt werden: In Abb. 5 ist die „Graue Energie“ dargestellt, die erforderlich ist, um einschließlich der Aufwendungen zur Bereitstellung der Bauteilkomponenten eine Außenwandkonstruktion herstellen zu können. Dieser Wert im negativen Bereich ist der für die Umwelt und im Sinne der Nachhaltigkeit problematische. Dem steht im positiven Bereich der Heizwert (Primärenergie reg.) gegenüber. Diese ist die Energie, die in der Konstruktion und seinen Bestandteilen über die gesamte Nutzungsdauer enthalten ist und erhalten bleibt. Dieser regenerative Energieanteil wird bei der thermischen Verwertung am Ende der Nutzungsphase von Holz wieder freigesetzt, also nutzbar, und sorgt auf diese Weise für die positive Energiebilanz. Nur Holz und Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen können diese Plusenergiebilanz im Bereich der sog. „Primärenergie_{Erneuerbar}“ ausweisen.

An diesem Beispiel lässt sich ein Paradigmenwechsel in der Umweltdebatte darstellen. In frühen Ökobilanzen sowie in den meisten Diskussionen wurden vorwiegend Umweltemissionen, also problematische Stoffe und deren zu reduzierende Verwendung thematisiert. Die in den 90er Jahren entwickelte Methode der Ökobilanzierung hatte

bislang nicht den Fokus auf neuere stoffliche Ansätze gelegt, die davon ausgehen, dass eine Stoffnutzung auch positive Effekte auf die Umwelt haben kann.

Primärenergieinhalte von Außenwandvarianten mit gleichem Dämm- und Schallschutz

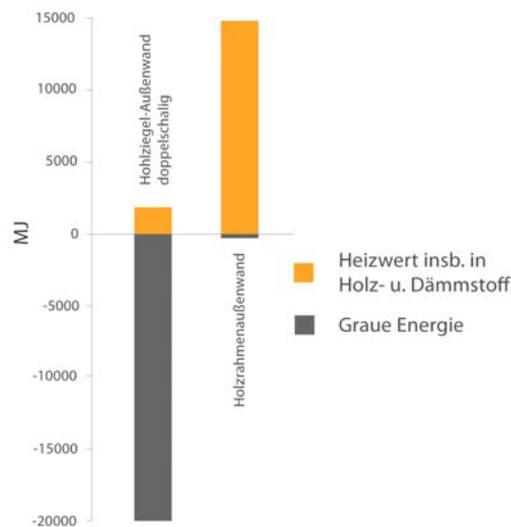


Abb.5: Vergleich von Außenwandkonstruktionen unter Berücksichtigung des Heizwerts in Holz bzw. der Holzverschalung von Betonbauteilen

Holz ist das beste Beispiel für die umweltpositive Stoffnutzung: Neben der Plusenergiebilanz ist der Baustoff Holz im Gegensatz zu den mineralischen Baustoffen CO₂-Speicher - im Wald wie im verbauten Zustand - bei seiner Produktion entsteht als Emission frische Luft und Staub wird nicht erzeugt, sondern in den Wäldern gebunden. Darüber hinaus erhält bzw. schafft die Holznutzung Erholungs- und Lebensräume. In den bisherigen Verfahren zur Bewertung der Nachhaltigkeit wird dies bislang nicht ausreichend berücksichtigt. Hier gilt es nachzubessern, um einheitliche und vergleichbare Ökobilanzergebnisse zu erhalten.

Ein weiteres sehr anschauliches Beispiel für den hohen Energieinhalt von Holz zeigt das in Tab. 1

aufgeführte Beispiel: Allein aus den bei der Produktion von 1 m³ Brettschichtholz anfallenden Holzresten können mit einem modernen Heizkraftwerk 2.154 MJ Strom und 6.678 MJ Wärmeenergie gewonnen werden. Das ist mehr als zur Trocknung von modernen Schnittholzprodukten, z.B. Konstruktionsvollholz, eingesetzt werden muss.

8 Ökobilanzierungs-Tools

Zur Nachhaltigkeit von Gebäuden gibt es umfangreiche Untersuchungen seit Mitte der 90er Jahre. Die ökologische Bewertung von Bauteilen und Gebäuden wird meist mit der Methode der Ökobilanz durchgeführt. Die Methodik ist in der ISO 14 040 festgelegt. In ökobilanziellen Berechnungen wird der gesamte Lebenszyklus des Gebäudes betrachtet. Dies sind die Primärenergieinhalte für den Rohstoffabbau, die Materialproduktion und die Baustofftransporte, die Instandsetzungs- und Renovierungsarbeiten sowie Abriss bzw. der Demontage der Gebäude. Die Ökobilanzierung von Gebäuden ist mit Programmen, auch

Ökobilanz-Tools genannt, mit vertretbarem Aufwand möglich. Die Ökobilanzierung eines einzelnen Gebäudes kann bei guter Datenlage innerhalb von einem bis zwei Tagen erfolgen. Eine hinreichende Anwenderfreundlichkeit ist nur teilweise gegeben. Die Tools versuchen sich in die Arbeitsabläufe der Gebäudeplaner zu integrieren. Für spezifische Fragestellungen sind teilweise kostenlose Tools erhältlich. Bedienerfreundlichere Software kostet zwischen 700 bis 7.000 € und werden mit umfangreichen Datenbanken geliefert, womit Bewertungen ganzer Gebäude möglich sind.

Die am weitesten entwickelten Ökobilanzierungs-Tools in Deutschland sind LEGEP und OGIP. Interessante Prototypen sind das F219 der TU München und das käufliche ÖÖS der Uni Wuppertal, welches als einziges Tool auch den sog. „ökologischen Rucksack“, besser bekannt als „MIPS“, mit ausweist [11], [4]. Mit allen Tools können sowohl der Energiebedarfsnachweis nach EnEV, Ökobilanzen und die Lebenszykluskosten der Gebäude gerechnet und bewertet werden. OGIP und LEGEP ermöglichen zusätzlich die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen. Ein Spezifikum von F219 ist, dass das Tool durch die direkte Kopplung an die 3D-Zeichnung, die für die Ökobilanz benötigten Daten direkt aus der Zeichnung liest [2]. Sogar die Firma AutoCad wirbt mittlerweile für ein solches Tool, die den Lebenszyklus von Gebäuden berechnen können soll.

Es liegen zahlreiche Bilanzen zu Bauprodukten vor. Beispielsweise werden im „Ökologischen Bauteilkatalog“ des IBO in Österreich oder in der kostenlos verfügbaren Online-Dokumentation der SIA www.bauteilkatalog.ch gängige Konstruktionen bewertet und vergleichbar dargestellt. Darüber hinaus gibt es kostenlose elektronische Datenbanken, wie z.B. www.wecobis.de oder die BauBioDatenbank, die wie Nachschlagewerke aufgebaut und damit entscheidungsunterstüt-

Tab.1: Ausschnitt aus der Energiebilanz zur Herstellung von 1m³ Brettschichtholz

	Energie [MJ(E _{aq})]
Energieverbrauch	
Forstliche Produktion	306
Rundholztransport (50 km)	200
Schnittholzerstellung	360
Transport (600 km, 50% LKW Auslastung)	2.400
Brettschichtholzerstellung inkl. Schnittholztrocknung	4.275
Summe	7.541
Energieerzeugung	
Nutzung der Resthölzer	
• elektrische Energie	2.154
• thermische Energie	6.678
Summe	8.832
Energieüberschuss	1.291

zend in ökologischen und gesundheitlichen Fragestellungen sind.

Es sei explizit darauf hingewiesen, dass sowohl im www.bauteilkatalog.ch als auch in WECOBIS bislang nur die „Graue Energie“ berücksichtigt wird und somit die für Holz positive Entsorgungsphase nicht enthalten ist (Stand März 2009). Dies soll jedoch nachgebessert werden.

9 Ausgewählte Ökobilanz-Ergebnisse

Was die Gebäude betrifft, so sind die größten Einsparungen von Primärenergie (PEI) insbesondere in Bestandsbauten im Heizenergiebereich und der Energieversorgung zu erreichen. An dritter und vierter Stelle fällt der Strom- und Warmwasserverbrauch ins Gewicht. Erst bei optimierter Haustechnik wie z.B. in Passivhäusern werden die PEI in den Baustoffen in einer Größenordnung von bis zu 2/3 der Lebenszyklus-PEI relevant. Sollen die Umweltbelastungen weiter gesenkt werden, ist es lohnend, bei den Baustoffen anzusetzen und auf nachwachsende Baustoffe wie Holz mit ausgewiesener Plusenergiebilanz oder Lehm mit immerhin sehr geringen Herstellungsaufwendungen zurückzugreifen. Die Holzbauvariante verbraucht in der Herstellung (Bilanzgrenze Rohstoffabbau bis Werktor), nur die Hälfte der PEI der Ziegel-Betonkonstruktion. Die für den Transport von Aushub oder Baustoffen nötigen Energiemengen sind im Normalfall vernachlässigbar.

Lediglich der Lkw-Transport der Baustoffe über lange Distanzen kann zur relevanten Größe werden (Abb. 6).

In einer Beispielrechnung wurde für die Erstellung einer Siedlung mit 143 WE eine Lieferung von Betonfertigelementen mit einem Gesamtgewicht von knapp 16.000 t über eine Entfernung von 500 km von Hannover zur Baustelle nach Karlsruhe bzw. dem Transport von Holzbauteilen aus dem 2.000 km entfernten Skandinavien vergli-

chen. Interessanterweise verursacht der Transport des Holzes aus Skandinavien mit dem energieeffizienten Schiff rechnerisch die gleichen Emissionen wie ein Lkw-Transport über 200 km aus der Region. Berücksichtigt man allerdings den im Holz enthaltenen Heizwert, fällt die LCA deutlich besser zugunsten der Holzvariante aus, wie es in Abb. 7 dargestellt ist.

Primärenergiebilanz („Graue Energie“)

der Baustoffe einer Siedlung (ohne Berücksichtigung des Heizwerts) im Vergleich zu den Baustofftransporten (Baustelle: Karlsruhe) in kWh/EWa

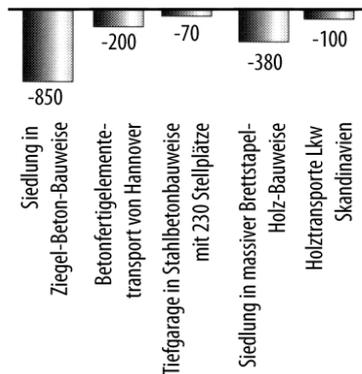


Abb. 6: Vergleich der Primärenergieaufwendungen für Baustofftransport und Baustoffherstellung

Primärenergiebilanz

der Baustoffe einer Siedlung mit Berücksichtigung des Heizwerts in kWh/EWa

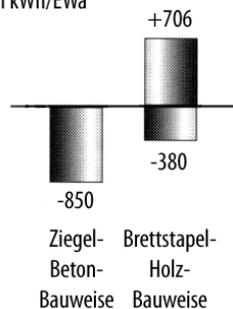


Abb. 7: Primärenergiebilanz von mineralischer Bauweise und Holzbauweise.

10 Nicht alles Silber was glänzt

Die Studie [5] im Auftrag des Vereins der „Freunde des Massivbaus“ des Massivbau-Instituts unter Leitung von Prof. Graubner an der TU Darmstadt zeigt, zu welchen Ergebnissen man kommt, wenn man nicht den kompletten Lebenszyklus der Gebäude bzw. von Holzwerkstoffen bilanziert. Prof. Graubner orientierte sich in der Studie zwar an der international anerkannten Methode der Ökobilanz, deren Verfahren in der ISO DIN 14040ff geregelt ist. Es wurde ein Gebäude in Holzbauweise im Vergleich zu einer mineralischen Bauweise verglichen. Im Gegensatz zu einem Dutzend anderer wissenschaftlicher Studien kommt die Studie jedoch zu einem erstaunlichen Ergebnis: die mineralische Bauweise schneidet in der Graubner-Studie ökologisch sogar leicht günstiger ab als der Holzbau.

Die Studie führte in Fachkreisen zu kontroversen Diskussionen, insb. ob die Methode der Ökobilanz der richtige Ansatz ist, wenn sie zu unterschiedlichen Ergebnissen führt, wie Prof. Graubner vorführt. Die Methode der Ökobilanz stellt die Studie unseres Erachtens allerdings nicht in Frage. Vielmehr zeigt die Graubner-Studie, dass es für die Nutzer von Ökobilanzen schwer nachprüfbar ist, ob die Ergebnisse stimmen und es einen geübten Blick braucht, um solche Studien interpretieren zu können.

Prof. Graubner veröffentlicht die Studie nach wie vor mit Nachdruck und sie wird in der Fachpresse ungeprüft zitiert, weshalb die Berechnungen im Folgenden diskutiert werden. Brisant ist, dass sich das Bundesbauministerium von Prof. Graubner in Frage der Zertifizierung zum Nachhaltigen Bauen beraten lässt. Unabhängig hiervon ist es wissenschaftlich interessant, wie es der Studie gelingt, dieses Ergebnis zu erzeugen, das konträr zu Aussagen anderer den Autoren bekannter Studien steht [6], [3], [13]. Im Prinzip gelingt dies einfach: Er lässt die Entsorgungsphase unberücksichtigt.

Bezeichnet sie als nicht relevant [5], was zwar für die mineralische Bauweise angenommen werden kann, aber für die Holzbauweise zu entschieden schlechteren Werten führt. Immerhin kommt ein Doktorand aus Graubners Institut in seiner Dissertation mit dem Tool „bauloop“ zum Ergebnis, das dem entspricht, was ansonsten in internationalen wissenschaftlichen Studien veröffentlicht worden ist: Der Holzbau schneidet in der Umweltbilanz signifikant, also deutlich besser ab, als die mineralische Bauweise [8]. Prof. Graubner korrigiert die Ökobilanzstudie (Graubner 2008, S.14) und bezieht die Entsorgungsphase mit in die Betrachtung mit ein. Das der Holzleichtbau nun einen deutlich höheren Anteil PEI reg. ausweist als der mineralische Bau, was positiv zu bewerten ist, wird nicht weiter thematisiert. Auch scheint der Anteil PEI reg. der Holzbauvariante zu gering und die PEI n.reg. zu hoch, was wir derzeit intern prüfen. Das Bild abrundend ist, dass Prof. Graubner sein Institutsgebäude, ein Stahl-Glas-Gebäude, im Pilotzertifizierungsprozess der DGNB selbst bewertet, selbst geprüft und anschließend sich selbst mit Silber ausgezeichnet hat. Insgesamt ein wenig glaubhaftes Geschäftsmodell.

11 Plusenergiebilanz der „Neue Werkstätten Lebenshilfe Lindenberg“

Die Einrichtung in Lindenberg/Allgäu ist im Baujahr 2005 mit einer BGF von insg. 5.250 m² von den Lichtblau Architekten aus München realisiert worden. Im Gesamtkomplex untergebracht sind 40 Büroarbeitsplätze für die Haupt- und Kreisverwaltung und 140 Arbeitsplätzen für behinderte Menschen. Es wurde ein sehr geringer Heizwärmebedarf von 37,1 kWh/m²a bzw. Primärenergiebedarf: 67,1 kWh/m²a und ein hoher Anteil des Plusenergiebaustoffs Holz realisiert. Im Einzelnen sind dies eine Holzskelettbauweise mit Tragwerk aus BSH-Rundstützen und Brettstapeldecken; Dach und Fassade: BSH-Boxen mit Zellu-

losedämmung; Glasfassade: BSH-Pfosten-Riegel mit Pressleistensystem.

Die Ökobilanz (Quelle: LEGEP Aktuell 12/2005) des Holzgebäudes im Vergleich zum konventionell gebauten Gebäude zeigt, dass der Anteil der PEI erneuerbar knapp 4.500 GJ über dem PEI nicht erneuerbar also deutlich über den Erstellungs aufwendungen („Graue Energie“) liegt; d.h. eine Plusenergiebilanz aufweist. Holz führt also bei massivem Einsatz zu einer Plusenergiebilanz von Gebäuden. Die Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen überkompensieren also sogar die Energieaufwendungen und teilweise die Emissionen, die von anderen Baustoffen ausgehen. Die Zahlen sind signifikant und sprechen für sich.



Abb. 8: „Neue Werkstätten Lindenberg in Holzbauweise“

12 Die Stadt als Rohstofflager

Neben der Primärenergiebilanz rückt ein weiterer Aspekt in den Vordergrund: die drängender werdende Frage der Entsorgung von Bauschutt. In Deutschland sind die Deponien voll. Ein hoher Anteil des Abfallaufkommens, die Zahlen schwanken je nach Annahme zwischen 30 und 50 %, stammt aus dem Baubereich. Mineralische Bauschutt eignen sich im Gegensatz zu Holz nicht für die Müllverbrennung. Bei einem „weiter wie bisher“ in Kombination mit dem demografisch bedingten Bevölkerungsrückgang ist in Deutschland bis 2025 mit einem Bauschuttanfall von zusätzlichen rund 25 Millionen Tonnen zu rechnen (Abb.9 Szenario „Ref-2025“), was zu ei-

nem erheblichen Entsorgungsproblem werden könnte. Derzeit werden mineralische Bauschutt vorwiegend als Straßenuntergrund entsorgt. Doch die Straßen in Deutschland sind weitgehend gebaut.

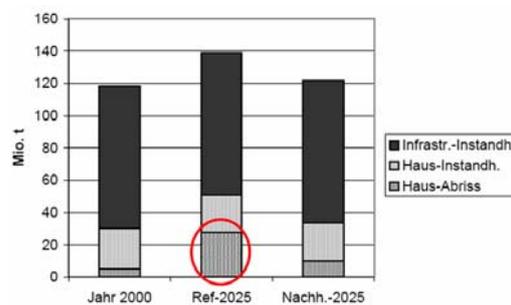


Abb. 9: Bauschuttanfall durch Instandhaltung und Abriss von Wohngebäuden und Instandhaltung technischer Infrastruktur in Deutschland (Referenz- und Nachhaltigkeitsszenario)



Abb. 10: Der Schweizer Pavillon auf der Expo 2000 in Hannover: Gebäude als künftige Rohstofflager



Sanierung und Neubau Pariser Straße 11

Altbausanierung Vordergebäude: 7 Wohnungen und 1 Ladenlokal
Renovierter Mauerwerksbau mit Wärmedämmung, neuen Fenstern und ausgebautem Dachgeschoss
Energienstandard: EnEV - 30%

Neubau Rückgebäude: 12 Wohnungen und 1 Gemeinschaftsraum
Massivholzbauweise, 50% CO₂-Einsparung bei den Baumaterialien
Energienstandard: EnEV - 45%

Blockheizkraftwerk und PV-Anlage zur eigenen Stromversorgung

Gefördert mit Städtebauförderungsmitgliedern von Bund, Land und Gemeinde, Mitteln der Landeshauptstadt München (München-Modell Genossenschaften, Förderprogramm Energieeinsparung), des Freistaats Bayern (Bayerisches Modernisierungsprogramm) und der KfW

Bauherr:	Wogemo München eG, Auerstraße 16/Rg1, 81371 München, info@wogemo.de	Tel.: 089.76772893
Bauherrverzug:	Münchener Gesellschaft für Stadterneuerung mbH (MGS), Haager Straße 5, 81671 München, mg@mg-muenchen.de	Tel.: 089.23339-40
Planung und Bauleitung:	Bettsteller & Wilde, Dipl.-Ing. Architekten, Krumpferstraße 4a, 81543 München, architekten@bettsteller-wilde.de	Tel.: 089.544003502
Brandschutz und SIGeK:	Silke Schoch, Landschaftsarchitektin Dipl.-Ing. (FH), Hübnerstraße 15/Rhg, 80337 München, schoch@planungsstuecke.de	Tel.: 0177.3698383
Freianlagen:	Statikon GmbH, Katharinenweg 29, 84453 Mühldorf, statikon@online.de	Tel.: 08631.0693-0
Statik:		
Haustechnik und Wärmeschutznachweis:	EnergieAgentur Berghamer und Pezkofer, Kastanienplatz 3, 85388 Moosburg a. d. Isar, info@energieagentur-online.de	Tel.: 08761.7274-14

Abb.11: Modellprojekt „Pariser Strasse 11“ in München

Dieses Problem verursachen Holzhäuser nicht. Die Entsorgung ist aufgrund der steigenden Energiepreise und der steigenden Beliebtheit von Holz als Brennstoff wirtschaftlich lukrativ. Aus „Abfall“ könnte ein vermarktbare Wert- bzw. Brennstoff werden. Die Stadt – bzw. vielmehr die Gebäude der Stadt – könnten demnach als Rohstofflager dienen. Der Architekt Zumthor hatte dies sehr anschaulich mit seinem sog. „Balkenlager“ auf der Expo2000 in Hannover gezeigt (Abb.10). Wesentlicher Aspekt dabei ist eine demontagegerechte Bauweise. Zahlreiche gute Standardlösungen liegen hierzu vor.

13 Wohnungswirtschaftliche Aspekte des Geschosswohnungsbaus in Holzbauweise am Beispiel der WOGENO München e.G.

Mit der Einführung der Gebäudeklasse 4 in der neuen Musterbauordnung aus dem Jahr 2002 und der Muster-Richtlinie M-HFHolzR von 2004 sind die Rahmenbedingungen für einen bis zu 5-geschossigen Holzbau in Deutschland geschaffen worden. Die WOGENO München eG (Genossenschaft für selbstbestimmtes, soziales und ökologisches Wohnen) errichtet derzeit ein 3+ Geschosswohnungsgebäude in München - Haidhausen (Pariserstr. 11, RG). Bei Fertigstellung im Herbst 2009 entstehen 12 Wohnungen und 1 Gemeinschaftsraum. Die WOGENO verfolgt mit

dem Projekt „Pariserstr. 11“ neben den ökologischen und sozialen als Bauträger insbesondere ökonomische Ziele. Der Geschosswohnungsbau in Holzbauweise hat neben den ökologischen Vorteilen, besonders positive Effekte auf die lokale und regionale Wertschöpfung in der Bauökonomie.

Mit dem Projekt „Pariserstr. 11“ soll nachgewiesen werden, dass Geschosswohnungsbau in Holzbauweise bei höheren Qualitäten zu gleichen Kosten zur mineralischen Bauweise hergestellt werden kann. Der Holzbau weist hinsichtlich der 300er und 400er Baukostengruppen („reine Baukosten“) Kostensenkungspotenzial auf. So kann die Fundamentierung infolge geringerer Auflast durch das Bauwerk geringer dimensioniert was im Projekt zu weniger Betonstahl und einer dünneren Bodenplatte und dem Verzicht von Bohrpfehlen führte. Weiterhin bleiben Oberflächen (Wände, Decken) teilweise unbehandelt und sparen Kosten im Putz- und Malergewerk ein. Durch die im Holzbau übliche vorgefertigte bzw. elementierte Bauweise kann die Gesamtbauzeit deutlich reduziert werden, so dass sich erhebliche Einsparungen im Bereich der Bauzeitinsen ergeben. Aufgrund der spezifischen Gebäudelage des Projektes ergeben sich ebenfalls Einsparungen im Vergleich zum mineralischen Geschosswohnungsbau: Aufgrund der Hinterhoflage des neu erstellten Rückgebäudes konnten die tragenden Holzelemente schnell und sicher mit einem normalen Baukran über die Bestandsgebäude hinweg gehoben und am Standort montiert werden.

Aufgrund der geschilderten Standort bezogenen Kostenaspekte erfolgt ein fundierter Kostenvergleich zwischen konventioneller- und Holzbauweise im Geschosswohnungsbau (3+) im Zusammenhang mit einem konkreten Referenzprojekt. Nach Fertigstellung des Gebäudes wird ein Kostenvergleich der durchgeführten Holzbauweise mit einer fiktiven konventionellen Bebauung

desselben Grundstückes durchgeführt. Die Autoren werden darüber an anderer Stelle berichten.

14 Fazit

Mit zunehmenden wissenschaftlichen Erkenntnissen können Bauleute neben den ökonomischen auch ökologische Kriterien bei der Baustoff bzw. Gebäudebauweise berücksichtigen (Rid 2008). Zusammenfassend lässt sich aus den Ergebnissen wiss. Studien schließen, dass besonders nachhaltige Gebäude einen sehr guten Dämmstandard haben, Erneuerbare Energien zur Versorgung nutzen und bei den Baustoffen einen möglichst hohen Anteil des Plusenergiebaustoffs Holz wählen. Dem Bau- und Werkstoff Holz kommt neben den anderen nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRos) eine Sonderrolle zu, weil er als einziger NaWaRo als tragender und dämmender Baustoff eingesetzt werden kann, der am Markt eingeführt und etabliert, sowie technisch ausgereift und preiswert in großen Mengen verfügbar ist.

Quellen

- [1] BMBF (2008): Verbundprojekt: ÖkoPot – Ökologische Potenziale durch Holznutzung gezielt fördern. Endbericht. Bonn
- [2] Ekkerlein, Christian (2004): Ökologische Bilanzierung von Gebäuden in frühen Planungsphasen auf Basis der Produktmodellierung. Diss. TU München.
- [3] Frühwald, Arno et al. (2001): Holz - Rohstoff der Zukunft. Nachhaltig verfügbar und umweltgerecht. Hamburg
- [4] Getto, Petra (2002): Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomischen und ökologischen Wohnungs- und Bürogebäude-neubau. Diss. Universität Wuppertal
- [5] Graubner, Carl-Alexander (2006): Gegenüberstellung Massivhaus/ Holzelementbauweise – Ökobilanzstudie. Darmstadt
- [6] Oswald, Gudrun (2003): Ökologische Bewertung im Holzwohnbau. Diss. Universität Graz
- [8] Renner, Alexander (2007): Energie- und Ökoeffizienz von Wohngebäuden. Entwicklung eines Verfahrens zur lebenszyklusorientierten Bewertung der Umweltwirkungen unter besonderer Berücksichtigung der Nutzungsphase. Diss. Darmstadt
- [9] Rid, Wolfgang (2008): Analyse von Präferenzstrukturen privater Bauleute im Hinblick auf nachhaltige Siedlungskonzepte unter Verwendung eines discrete choice experiment. Diss. TU München
- [10] Schmidt, Marco (2009): Global climate change: the wrong parameter. Proceeding zur Konferenz "RIO 9 - World Climate & Energy Event. Rio de Janeiro
http://www.rio9.com/programme/Book_of_Proceedings/28_ES_Schmidt.pdf
- [11] Streck, Stefanie (2004): Entwicklung eines Bewertungssystems für die ökonomische und ökologische Erneuerung von Wohnungsbeständen. Diss. Universität Wuppertal
- [12] Umweltbundesamt (2003): Nachhaltiges Bauen und Wohnen in Deutschland. Stoffflussbezogene Bausteine für ein nationales Konzept der nachhaltigen Entwicklung – Verknüpfung des Bereiches Bauen und Wohnen mit dem komplementären Bereich „Öffentliche Infrastruktur.“ Bonn/Berlin
- [13] Wegener, Gerd et al. (1997): Ökobilanzen Holz. Fakten lesen, verstehen und Handeln. München
- [14] Wolpensinger, Holger (2003): Ökobilanzierung von Siedlungen. In: Ökologie im Wohnungs- und Siedlungsbau. Wohnbund-Informationen, München

4.1 Nachhaltigkeit CO₂ Bank

Matthias Eisfeld

1 Rahmenbedingungen im Abriss

Die Diskussion um das Treibhausgas CO₂ ist allgegenwärtig. Je nachdem welche Wetterkatastrophen auf der Welt passieren, wird auf den direkten Zusammenhang durch die Erwärmung der Erdatmosphäre und Kohlendioxid-CO₂ hingewiesen. Zahlreiche Aktivitäten haben das Ziel den Ausstoß von CO₂ zu verringern. Allen voran der bereits eingeleitete CO₂-Emissionshandel, der seinen Ausgangspunkt auf dem 1997 verabschiedeten Kyoto-Protokoll hat. Ziel ist es danach, die Treibhausgasemissionen ab 2008 zu reduzieren und damit die Erwärmung der Erdatmosphäre zu regulieren. Bei dem Kyoto-Protokoll handelt es sich um eine Völkerrechtlich verbindliche Verpflichtung der Industriestaaten, die sechs klimatisch relevanten Gase von 2008 bis 2012 um mindestens 5 % zu verringern. Diese Gase sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffoxid (N₂O) Hydrofluorcarbone (HFCs) Perfluorcarbone (PFCs) und Schwefeldhexafluoride (SF₆). Da aber CO₂ von der Menge und der eigentlichen Ursache für die Klimaerwärmung eine Bedeutung von weit über 50 % hat, steht dieses Gas im Mittelpunkt der Betrachtung. Deswegen sind in erster Linie zunächst nur bestimmte Wirtschaftsbereiche betroffen, so z.B. Energiewirtschaft, Mineralölindustrie, Metallindustrie, aber auch Zellstoff- und Papierindustrie, weil diese Bereiche besonders viel CO₂ erzeugen. Den beteiligten Staaten wird eine bestimmte Menge zur Emittierung von CO₂ zugestanden. Wer aber mehr CO₂ emittiert, als er hierfür Emissionszertifikate besitzt, muss Zertifikate hinzukaufen. Durch unabhängige Sachverständige wird die Genehmigung und Überwachung der CO₂-Emissionen überprüft. Werden die Emissionswerte überschritten, sind Strafgeelder fällig, die zwischen 40 € und 100 € pro Tonne CO₂ festgelegt worden sind. Dadurch wird deutlich, dass es den Industriestaaten ernsthaft darum geht, einen weiteren Anstieg der

CO₂-Emissionen zu verhindern und einer kontrollierten Verringerung zuführen will. Innerhalb der Industriestaaten der sogenannten 1. und 2. Welt ist dadurch eine Diskussion entstanden, die die Probleme und die notwendigen Maßnahmen verdeutlichen. Wie diese Ziele und Vorgaben erreicht werden können und sollen, darüber gibt es verschiedene Ansätze, aber in letztendlicher Konsequenz muss dabei eine Reduzierung des Ausstoßes von CO₂ erreicht werden.

Da gerade die Wirtschaftszweige - die viel CO₂-Emittieren - den wirtschaftlichen Erfolg dieser Staaten ausmachen und innerhalb der Staatengebilde über eine entsprechende Macht verfügen, ist zu erwarten, dass der Prozess der Verringerung des CO₂-Ausstoßes nicht ohne Widerstände und Probleme ablaufen wird. Bemerkenswert ist auch, dass momentan nur die Verringerung von CO₂-Emissionen gehandelt und bewertet werden, aber die Leistung der Wald- und Holzwirtschaft zur Verringerung des CO₂ nicht gewertet werden.

2 Holz und Klimaschutz

Durch den Vorgang der Photosynthese im Blatt des Baumes wird Kohlendioxid (CO₂) gespalten. Der Kohlenstoff (C) bleibt im Baum und wird im Holz gespeichert. Der Sauerstoff (O) wird vom Baum wieder abgegeben und geht wieder in die Atmosphäre. Der Atmosphäre wird dadurch das Treibhausgas CO₂ über die Nutzungsdauer des Holzes entzogen und der Kohlenstoff im Holz gespeichert. Holz reduziert dadurch auf natürlichem Weg CO₂. Die Basis ist zudem eine nachhaltige Forstwirtschaft, wie sie unter anderem in Deutschland umgesetzt wird. Für jeden genutzten Baum wird ein neuer Baum gepflanzt. Deshalb ist Holzverwendung aktiver Klimaschutz! Soweit in kurzer Form ein Vorgang der allgemein bekannt sein sollte. Aber wer weiß eigentlich, wie viel CO₂ durch diesen Vorgang an CO₂ durch Holz reduziert wird? Das gehört nicht zum Allgemein-

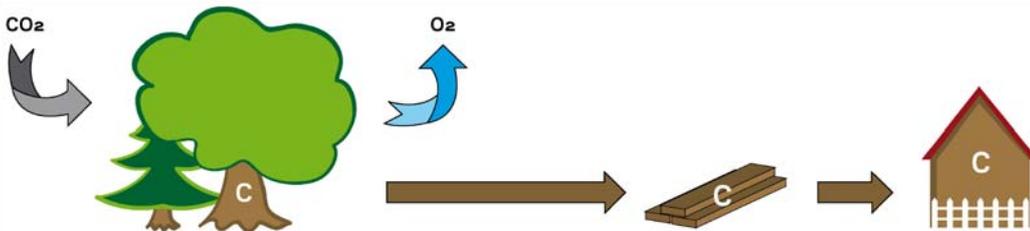


Abb. 1: Holz reduziert CO₂, solange es genutzt wird

wissen und ist nicht selten auch Fachleuten unbekannt.

Der Holzabsatzfonds hat dafür wertvolle Unterstützungsarbeit geleistet und die wissenschaftlichen Ergebnisse aus den Arbeiten von Prof. Dr. Arno Frühwald und Prof. Dr. Dr. habil. Gerd Wegener bereits in den 90er Jahren veröffentlicht. Die Ergebnisse wurden aufgegriffen und auf konkrete Bauobjekte, Holzprodukte usw. und den Wald selber übertragen. Damit soll für die Öffentlichkeit die Dimension der CO₂-Reduzierung durch Holz sichtbar und erkennbar gemacht werden. Dadurch, dass die gemeldeten Ergebnisse aufgelistet, dokumentiert und momentan bereits die CO₂-Emissionen gehandelt werden, war der Schritt zu einer „Bank“ nicht mehr weit.

3 CO₂-Bank

Die CO₂-Bank ist eine Initiative der Wald- und Holzwirtschaft und wird durch den Landesbeirat Holz Nordrhein-Westfalen vertreten. Die CO₂-Bank ist eine Web-Datenbank, die die Qualität und Menge der Reduzierung des Treibhausgases Kohlendioxid (CO₂) durch die Objekte und Leistungen der Forst- und Holzwirtschaft international dokumentiert.

Aus dem Bereich der Wald- und Holzwirtschaft können Konten eröffnet werden. Durch die konkrete Angabe der Rohstoffmenge Holz (Holzart und –menge) wird der vorhandene Kohlenstoffanteil bestimmt und auf die die Menge CO₂ zurückgerechnet, die dadurch reduziert worden ist. Für den Wald wird das Stammholz von neun Baumartgruppen erfasst. Der Holzanteil, der im Wald bleibt wird als Zuwachs und entsprechende CO₂-Reduzierung belegt. Das Holz, das als Abgang den Wald verlässt, wird für die Leistung des Waldes als CO₂-Reduzierer nicht zugerechnet. Aus dem Bestand und dem „Netto“ Zuwachs des Waldes ergibt sich dessen CO₂-Reduzierung. Dadurch wird verhindert, dass es zu einer Mehrfachzählung mit der Holzwirtschaft kommt. Von der Holzwirtschaft können Holzprodukte oder Produkte mit einem Holzanteil jeglicher Art (Haus, Tisch, Dämmstoff, Spielzeug usw.) gemeldet werden. Diese werden in der gleichen Form wie vorher beschrieben in der CO₂-Reduzierung berechnet. Zusätzlich werden die Mengen einer zeitlichen Bewertung zugeordnet, die sich an der



Abb. 2: Das internationale eingetragene Markenzeichen der CO₂ Bank

üblichen Lebensdauer eines Produkts orientiert (z.B. Holzhaus 100 Jahre, Holzfenster 30 Jahre, Holzmöbel 13 Jahre usw.). Die Leistungen der Holzwirtschaft werden summiert und Abzüge nach der Überschreitung der entsprechenden Zeitgrenzen durchgeführt. Damit wird verhindert, dass die gelisteten Mengen der Holzwirtschaft in die „Unendlichkeit“ aufwachsen, sondern der Realität angepasst werden. Durch einen speziellen alphanumerischen Code auf den ausgestellten Belegen kann – einem Geldschein gleich – genau nachvollzogen werden, ob eine korrekte Meldung erfolgt ist. Seit dem offiziellen Start der CO₂-Bank am 01.01.2009 wurden bereits über 200 Konten eröffnet und in einer zweimonatigen vorgeschalteten Testphase konnten 1.598 Tonnen CO₂-Reduzierung durch Holzobjekte registriert werden.

Die Werte können in vielfältiger Art und Weise genutzt werden. Etwa für die Öffentlichkeitsarbeit, aber auch für eine mögliche zukünftige entgeltliche oder steuerliche Bewertung. An einem Beispiel soll diese Möglichkeit und Größenordnung verdeutlicht werden: Für ein Holzhaus können durchaus 80 Tonnen CO₂-Reduzierung durch das verwendete Holz angenommen werden. Legt man z.B. nur 40 € für eine Tonne CO₂ - die geringste Summe aus dem CO₂-Emissionshandel - zugrunde, wäre das eine Summe von 3.200 €. Die Möglichkeiten für einen umfassenden CO₂ Handel sind vorhanden.

Darüber hinaus besteht nunmehr die Möglichkeit einer CO₂ Bilanzierung, also einer zeitlich, räumlich, qualitativen und mengenmäßigen Gegenüberstellung von CO₂ Reduzierung auf der einen Seite und CO₂ Emissionen auf der anderen Seite. Nur so ist z.B. eine Aussage über eine CO₂ Neutralität möglich, oder lassen sich konkrete klimapolitische Ziele und Maßnahmen definieren. Zudem erleichtert es den Menschen eine ganzheitliche Vorstellung über Ursache, Wirkung und Menge bezüglich des Klimagases CO₂ zu bekommen.

Linkliste

www.co2-bank.de

Abb. 3: Der erste offizielle Beleg der CO₂ Bank, die KITA Kleine Löwen des HENKEL Konzern in Düsseldorf

BELEG

BELEG-ID: EU-DE-40191-52135



104

Tonnen CO₂
wurden der Atmosphäre dauerhaft entzogen.

Schmallenberg, den 31. Oktober 2008

Die Firma Henkel KGaA, Düsseldorf, hat sich bewußt dazu entschieden die Kindertagesstätte „Kleine Löwen“ in Holz zu realisieren. Dadurch wurde ein aktiver Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

Durch den Vorgang der Photosynthese wird Kohlendioxid (CO₂) gespalten. Der Kohlenstoff (C) wird im Holz gespeichert. Der Sauerstoff (O) geht in die Atmosphäre. Der Atmosphäre wird dadurch das Treibhausgas CO₂ dauerhaft entzogen. Deshalb ist Holzverwendung aktiver Klimaschutz.

Die CO₂-Bank ist eine Initiative der Wald- und Holzwirtschaft. Für Deutschland wird sie durch die beteiligten Landesbeiräte Holz verwaltet. Weitere Informationen finden Sie unter: www.co2-bank.de

Terhalle Objektbau Bauträger GmbH
Christoph Elskamp
Solmsstraße 46 | Ahaus-Ottenstein

Landesbeirat Holz
Nordrhein-Westfalen
Markus Böhmer (Vorsitzender)



Landesbeirat Holz
Nordrhein-Westfalen e.V.



4.2 Baubiologie, Wohngesundheit Holzbau und Wohngesundheit

Josef Spritzendorfer

1 Einleitung

Zweifellos stellt Holz neben Lehm einen der ältesten Baustoffe dar, dessen „Gesundheitsverträglichkeit über Jahrtausende nicht in Frage gestellt worden ist.

Erst durch Fehlentwicklungen im letzten Jahrhundert (überflüssiger Einsatz chemischer Holzschutzmittel, Einsatz extrem formaldehydhaltiger Holzwerkstoffe) wurden Fragen der Innenraumluftqualität in Holzhäusern öffentlichkeitsrelevant.

Während im Verlauf der letzten Jahrzehnte durch zunehmende Dämmung aufgetretene Probleme von Schimmelbelastungen (Schimmel ist immer noch der Hauptverursacher von Raumlufterkrankungen) in zahlreichen Gebäuden vom qualitativ hochwertigen Holzbau inzwischen vor allem dank verantwortungsbewusster Ausführung der Luftdichtheit nahezu vollkommen ausgeschlossen werden können, stellt die Qualität der Innenraumluft ein immer mehr beachtetes Risiko auch für qualitätsbewusste Holzbau-Unternehmen dar.

Zwischenzeitlich ist vor allem in sensiblen öffentlichen Gebäuden (Schulen, Krankenhäuser, Kindergärten, Altersheime) in vielen Kommunen die Überprüfung der Innenraumluft vor „Übernahme“ des Gebäudes Standard – dabei auftretende Emissions-Werte finden vor allem aber auch starkes Interesse der Medien (Neubauten z.B. 2001 Kindergarten Blütenanger München, 2007 zwei Schulen in Zürich, zahlreiche Beispiele mit Belastungen nach Renovierungen in vielen Schulen bundesweit).

Entsprechend sensibler reagieren daher aber auch private Bauherren zwischenzeitlich auf diese Thematik und suchen entsprechende Beratung im Voraus – oft aber auch erst nach Bezug des neu-

en Hauses auf Grund auftretender gesundheitlicher Beschwerden oder allergischer Reaktionen.

Erschwerend kommt hinzu, dass in modernen energieoptimierten Gebäuden oft die Luftwechselrate – vor allem bei fehlender ausreichender Belüftung – sehr niedrig ist und zu erhöhten Raumbelastungen führen kann. Wie die Schweizer Liwotev-Studie Liwotev bewiesen hat, stellt aber auch eine technische optimierte Belüftung keinen Ersatz für eine sorgfältige Produktauswahl dar, da gerade VOCs¹ nicht immer mittels einer solchen Lüftung zwangsmäßig reduziert werden können.

2 Belastungen aus Holzwerkstoffen durch verwendete Hilfsstoffe, z.B. Kleber

Hier kann festgehalten werden, dass isocyanathaltige Kleber zwar aus ökologischer Sicht nicht optimal zu bewerten sind - im Gegensatz zu den formaldehydhaltigen Klebern nach entsprechender Austrocknung aber (nach Aussagen der Hersteller – wird derzeit allerdings seitens der „Baubiologie“ noch diskutiert) keinerlei „Reaktion“ und damit Gesundheitsgefährdung mehr zu erwarten ist. Formaldehydhaltige Kleber dagegen erhöhen enorm den ohnedies in jedem Holz enthaltenen Gehalt an „natürlichem“ Formaldehyd, der per se kein gesundheitliches Risiko auf Grund der niedrigen Dosis darstellt.

Formaldehyd insgesamt wurde bereits Mitte 2004 von der International Agency for Research on Cancer (IARC) als krebserzeugend eingestuft.

Überhöhte Formaldehydbelastungen können durch entsprechende Produktauswahl ohne Probleme zwischenzeitlich ausgeschlossen werden.

¹ Flüchtige organische Verbindungen (Abk.: VOC bzw. VOCs nach volatile organic compound[s]) ist die Sammelbezeichnung für organische, also kohlenstoffhaltige Stoffe, die leicht verdampfen (flüchtig sind) bzw. schon als Gas bei niedrigen Temperaturen (z.B. Raumtemperatur) vorliegen.

3 Belastungen aus Oberflächenbehandlungen der Hölzer

Leider sind hier bis heute noch immer holzverarbeitende Betriebe der Überzeugung, chemischer Holzschutz sei unverzichtbar. Der Arbeitskreis Ökologischer Holzbauer AKÖH (siehe link) hat mittels strenger Kriterien jedoch dankenswerter Weise erreicht, dass sich ein Großteil der heute tätigen Holzhausfirmen wieder erfolgreich auf jahrtausendealte Erkenntnisse des konstruktiven Holzschutzes besonnen haben.

Zum allgemeinen Stand der Technik gehört, dass keine Holzbauteile innerhalb der Klimahülle eines Gebäudes mit bioziden Wirkstoffen behandelt werden darf.

In den heute am Markt befindlichen Holzschutzmitteln befinden sich zwar nicht mehr PCP oder Lindan (Stoffe die seit dem Holzschutzmittelprozess allgemein bekannt und auch verboten sind) – dafür aber gesundheitlich weiterhin sehr relevante „Gifte“ wie z.B. Propiconazol².

Belastungen können aber ebenso aus Oberflächenbehandlungen wie Ölen, Wachsen, Lasuren, Lacke stammen – nicht zuletzt sind die meisten „Naturfarbenhersteller“ bis heute nicht bereit, unabhängige Emissionsprüfberichte vorzulegen und beschränken sich auf selbsterstellte „Volldeklaration der Inhaltsstoffe“. Dem Endverbraucher, vor allem sensitiven Menschen, Allergikern interessiert aber weniger die „Ökologie eines Produktes“, auch nicht unbedingt, was „hineinkommt“ – sondern fast ausschließlich die zu erwartenden Emissionen und damit gesundheitlichen Auswirkungen auf „seine“ Raumluft.

Auch die Verwendung „lösemittelfreier Produkte“ ist hier keinerlei Garantie der Verträglichkeit – durch die Definition des Begriffes „Lösemittel“

über den „Siedepunkt“ sind zahlreiche dauerhaft höhersiedige Stoffe (z.B. Glykolverbindungen) hier bei der „Kennzeichnung lösemittelfrei“ nicht berücksichtigungspflichtig und können für den Nutzer zu einer langandauernden gesundheitlichen Belastung führen.

Nur durch umfassende Emissionsprüfungen, welche beispielsweise für das Sentinel-Haus® Institut Voraussetzung für einen Einsatz in wohngesundheitlich optimierten Gebäuden sind, können solche Risiken drastisch minimiert werden.

Zitat:

„Eine Reihe von Glykolverbindungen, insbesondere die Ethylen-Glykolether und ihre Acetate, haben sich im Tierversuch als embryotoxisch und Missbildungen erzeugend erwiesen. Darüber hinaus haben sie das Potenzial, die Fortpflanzungsorgane zu schädigen. Da sich die giftigen Abbauprodukte dieser Substanzen im Stoffwechsel nach ihrer Aufnahme nur langsam aus dem Körper ausscheiden, kann bei einer lang andauernden Exposition eine Anreicherung im Körper stattfinden. 2-Butoxy-Ethanol, ein in Wasserlacken häufig verwendetes Lösemittel, ist augenreizend und gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und Berühren mit der Haut. Weiterhin kann es zu Schädigungen im Blutbild kommen und der Stoff steht unter dem Verdacht, Leber und Nieren zu schädigen. Für andere Glykolverbindungen ist die Datenlage zur Beurteilung teilweise unzureichend. Trotzdem empfiehlt sich aus Vorsorgegesichtspunkten ein eingeschränkter Umgang mit den Glykolverbindungen.“

<http://www.biomess.de/glykol.html>

² „Langzeitwirkung durch Speicherung in Fett und Gehirn - je nach Gentybus und Zusatzgiften. Nervengift.“

4 Belastungen aus dem natürlichen Werkstoff Holz

Natürliche Terpene aus harzreichen Hölzern können zu VOC-„Grenzwertüberschreitungen“ führen ebenso wie „natürliche Lösemittel“ in Naturfarben oder „höhere“ Aldehyde als Produktionsfolgeprodukte bei der Erhitzung von Stoffen wie Holz (z.B. bei OSB-Platten) und Kork. Trotz vielfacher Anfragen waren bis heute von keinem der OSB-Plattenhersteller neutral erstellte Untersuchungsergebnisse zu den VOC-Emissionen zu erhalten, bei den vor allem auch die Probenahme „wirklich aktueller“ Ware durch eine entsprechende neutrale Stelle nachgewiesen werden konnte.

Besonders bei entsprechenden Anforderungen des Bauherrn bezüglich VOC-Emissionen, Gerüchen, kann alleine schon durch entsprechende Auswahl der Holzart eine entsprechende Belastungsreduktion ohne weiteres erreicht werden. Entsprechend haben sich auch bereits industrielle Holzlieferanten und Produkthersteller gefunden, die durch regelmäßige Emissionsprüfungen (natureplus oder andere iso-zertifizierte Institute) ihre tatsächlichen Werte jederzeit offenlegen können.

Dabei stellen diese VOC, manche von ihnen sind „Nur-Reizstoffe“, oft für den gesunden Bewohner, zumindest bei nicht extrem überhöhter Konzentration, überhaupt keine Belastung dar. Im Gegenteil – in einer umfangreichen Studie zu den „Terpenen“ aus der Zirbelkiefer konnte das Joanneum Graz für Herzpatienten feststellen: „Gut erkennbar ist ein Absinken der Herzrate in Ruhephase 1 mit gleichzeitiger Absenkung der vegetativen Balance in Richtung Vagotonie (Entspannung)“ [2].

Die gleichen „Wirkstoffe“ können für Allergiker aber unverträglich sein.

Aus diesem Grunde wird bei der Beratung für „wohngesundheitlich optimierte Häuser“ ausdrücklich unterschieden zwischen

- „emissionsminimierten Gebäuden“ für Bauherren, die präventiv übermäßige künftige gesundheitsrelevante Belastungen aus Bauprodukten vermeiden wollen,
- und „individuell geplanten“ Gebäude für Allergiker, MCS³ Betroffene mit wesentlich erhöhten Anforderungen bei der Produktauswahl vor allem im Hinblick auf „natürliche Reizstoffe“.

Letztere Gebäudeberatung erfolgt ausschließlich in Zusammenarbeit mit dem jeweils behandelnden Arzt. In solchen Fällen ist es manchmal auch durchaus erforderlich, auf gewisse „Naturprodukte“ zu verzichten und stattdessen auf emissionsärmere, konventionelle Baustoffe zurückzugreifen.

Auf diese Weise bemühte sich das Sentinel- Haus Institut bereits beim Forschungsprojekt „Umsetzungskonzept für wohngesundes Bauen“ 2005/2006, gefördert von der Bundesstiftung Umwelt, ausschließlich emissionsgeprüfte Produkte einzusetzen, und sich nicht auf die sehr oft nicht ausreichenden freiwilligen und nicht kontrollierbaren „Deklarationen“ der Inhaltsstoffe seitens der Hersteller zu verlassen.

Dies betrifft im Holzbau nicht nur das Hauptprodukt Holz – sondern vor allem auch die nachgelagerten Produkteinbringungen.

Dazu fanden sich zwischenzeitlich bereits eine Reihe von Baustoffherstellern aus dem Bereich Dämmstoffe, Luftdichtesysteme, Ziegelhersteller,

³ MCS = multiple Chemikalien Sensitivität; Erkrankte, die auf eine Unzahl durchaus auch nichttoxischer Stoffe mit heftigen Abwehrreaktionen reagieren...

Hersteller von Mörtel und Putzen, Türen, Gipsfaserplatten, Perimeterdämmung, Dachfenster, Holztreppe und zahlreiche weitere – siehe auch „natureplus“, die ihr Sortiment bzw. zumindest Teile Ihres Sortiments entsprechend neutral und umfassend prüfen lassen und für diese geprüften Produkte hervorragende Messergebnisse vorweisen können.

Vor allem für den zunehmend „gesundheitsbewussten“ Verbraucher stellen diese Daten angesichts ständig zunehmender Allergien in der Gesamtbevölkerung (man spricht bereits von 25 bis 40 % Betroffener) eine sehr wesentliche Information dar.

Ebenso sollte diese Betrachtungsweise für Schulen, Kindergärten zwingend sein.

In umfangreichen Zusammenfassungen von Raumluftmessungen wurden in den letzten Jahren von vielen Institutionen (AGÖF, UFZ, Sentinel-Haus Institut, Bau und Umweltchemie Schweiz u.a.) in Neubauten und frisch renovierten Häusern Belastungen festgestellt, die teilweise eine dauerhafte Nutzung zahlreicher dieser Gebäude – ausgehend von den entsprechenden Richtlinien des Umweltbundesamtes 2007 (ad-hoc-Arbeitsgruppe des Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes) sogar ausschließen würden.

Der verantwortungsbewusste „Holzbaubetrieb“ sollte daher nicht nur aus seiner Verantwortung gegenüber dem Kunden eine Minimierung sämtlicher angeführter Emissionswerte anstreben – zwischenzeitlich ist er gut beraten, dies auch aus rein rechtlichen und damit wirtschaftlichen Gründen zu tun.

Gerade der Holzbau wirbt seit langem mit dem Argument: „Natur = Gesundheit“, sehr oft auch

mit Aussagen zur Allergikerverträglichkeit der Häuser.

Bei rechtlichen Auseinandersetzungen unzufriedener Kunden bezüglich Geruchsbelastungen oder erhöhten Raumluftbelastungen legen die Richter aber zunehmend gerade im Falle solcher veröffentlichten Werbeaussagen zum Thema „Gesundheit“ wesentlich höhere Maßstäbe an – und orientieren sich dabei vor allem an den Empfehlungswerten des Umweltbundesamtes zur Innenraumluft (Abb. 1). In dieser Empfehlung finden sich Werte, die in vielen Fällen auch von qualitativ anspruchsvollen Betrieben mangels entsprechender Berücksichtigung dieser Fragen bei der Produktauswahl und bei der baulichen Umsetzung unnötigerweise um ein vielfaches überschritten werden.

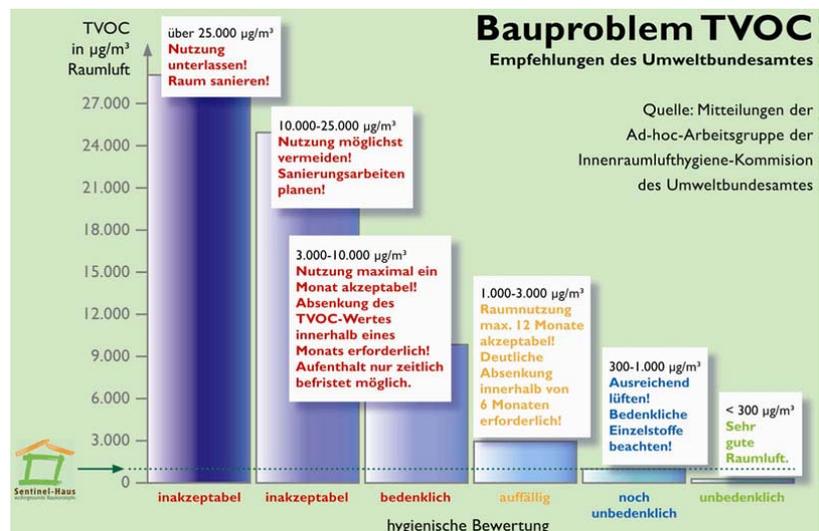


Abb. 1: TVOC-Wert (total volatile organic compounds): u.a. die Summenkonzentration flüchtiger organische Verbindungen – Maß für die Belastung neu erstellter Wohnräume mit Lösemitteln aus Bauprodukten

Mit dem o.g. Forschungsprojekt „Umsetzungskonzept für wohngesundes Bauen“, welches unter anderem von zahlreichen auch mittelständischen Holzbaubetrieben finanziert worden ist, er

stellten Konzept konnten dank strengster Produktauswahl und umfassender Qualifizierung aller am Bau Beteiligten (Planer/Bauunternehmen/Handwerker) bei den beiden Projekt-„Holzhäusern“ absolute „Tiefstwerte“ von Emissionen erreicht werden. In einem dieser Fälle wurden Werte erreicht, die weit unterhalb der vereinbarten Zielwerte lagen.



Abb. 2: Holzständerkonstruktion mit Komfortlüftung erstellt nach dem Sentinel-Haus-Konzept; Fertigstellung 2007; Bruttogeschossfläche: 250 m²

Ziel und erreichtes Ergebnis des Forschungsprojektes war die Erarbeitung eines praxisnahen, umsetzbaren Konzeptes, das Bauunternehmen ermöglicht, dem Kunden definierte Raumluftergebnisse zuzusichern und sich selbst stets auf dem aktuellen Wissensstand der Forschung im Bereich Umweltmedizin im Bereich Raumlufbelastungen zu halten.

5 Zusammenfassung

Wohngesundheitlich optimierte Holzhäuser sind in unterschiedlichen Bauweisen grundsätzlich jederzeit optimal umsetzbar.

Wichtig ist

- eine sorgfältige – den individuellen Bedürfnissen angepasste Produktauswahl
- Sensibilisierung und Qualifizierung von Planern und Ausführenden (Planung und Umsetzung haben eine immens hohe Bedeutung für das Endergebnis)
- Naturbaustoffe – nachhaltige Bauprodukte stellen in der Regel ein geringeres „Belastungsrisiko“ als viele „industriell-chemisch konditionierte“ konventionelle Bauprodukte dar – bedürfen aber ebenso einer umfassenden Emissionsprüfung, um gesundheitliche Reaktionsrisiken zu minimieren; wertvolle Informationen liefert dazu das Internationale Qualitätszeichen für Naturbaustoffe „nature-plus“ [3]
- Beachtung auch weiterer „Gesundheitsfaktoren“ wie optimierte Grundstücksauswahl, elektromagnetische Strahlenbelastungen (Gebäudeextern und intern), Luftwechsel durch entsprechende Lüftung, Emissionsreduktion durch entsprechendes Heizsystem, Hausstaubreduktion durch zentrale Staubsauganlage u.a.

Quellen

- [1] <http://www.raumlufthygiene.ch/download/-LIWOTEV-Schlussbericht.pdf>
- [2] Zirbe fürs Wohlbefinden (Endbericht)
http://www.zirbe.info/Anbieter/?download=Wohlbefinden_Endbericht.pdf
- [3] Internationaler Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen – natureplus e.V. (www.natureplus.org)

Buchempfehlungen

„Ökologisches Baustoff-Lexikon: Bauprodukte, Chemikalien, Schadstoffe, Ökologie, Innenraum“ von Gerd Zwiener, Hildegund Mötzl, Verlag: Müller (C.F.), Heidelberg, April 2006
ISBN-10: 3788076860

„Nachhaltiges Bauen mit "wohngesunden" Baustoffen: Nachhaltigkeit im Bauwesen bedeutet ökologisch-ökonomisch-sozial-verträglich“ von Josef Spritzendorfer, Verlag: Müller (C.F.), Heidelberg, März 2007
ISBN-10: 3788078022

„Innenraumklima“ von Reto Coutalides, Roland Ganz, Walter Sträuli, WerdVerlag (November 2002)
ISBN-10: 3859324195

Weiterführende Links

http://www.natureplus.org/uploads/media/natureplus_Fachpressdienst_08-06.pdf

http://www.akoeh.de/6_1_kriterien.php

<http://www.toxcenter.de/stoffinfos/p/propiconazol.pdf>

<http://www.sentinel-haus.eu>

http://www.sentinel-haus.eu/fileadmin/downloads/pdf/Wissenschaft/Zusammenfassung_Raumschadstoffe_01.pdf

<http://www.natureplus.org/produkte/>

<https://ufz.helmholtz.de/index.php?de=1448>

<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/30455/innenraumbewertung2007.pdf?command=downloadContent&filename=innenraumbewertung2007.pdf>

<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/30455/innenraumbewertung2007.pdf?command=downloadContent&filename=innenraumbewertung2007.pdf>