

Ökobilanz: Punkten mit dem Plusenergiebaustoff Holz

Life Cycle Analysis: Benefit from the plus energy building material wood

Augmenter les débouchés du bois grâce aux bilans écologiques dans le secteur du bâtiment

Aumento delle vendite di legno con bilanci ecologici nell'industria edile?

Holger Wolpensinger
Fachberater nachhaltiges Bauen
Bonn, Deutschland



Ökobilanz: Punkten mit dem Plusenergiebaustoff Holz

1. Kurzfassung (dt.)

1.1. Ökobilanz: Punkten mit dem Plusenergiebaustoff Holz

Kein anderer Baustoff schneidet in Ökobilanzen von Gebäuden besser ab als Holz. Zu seiner herausragenden Plusenergiebilanz führen der geringe Energieaufwand der Herstellung und der hohe Anteil der über die Photosynthese eingelagerten erneuerbaren Energie, die bei der Entsorgung von Holzbaustoffen am Ende möglichst langer Nutzungskaskaden energetisch genutzt werden kann.

In optimierten Gebäuden wie z.B. in Passiv- oder Plusenergiehäusern liegen die Einsparpotenziale durch die Wahl des Baustoffs in der Größenordnung des Heizenergie- und Warmwasserbedarfs. Sollen die Umweltbelastungen weiter gesenkt werden, lohnt es sich, bei den Baustoffen anzusetzen und auf Materialien Plusenergiebilanz zurückzugreifen.

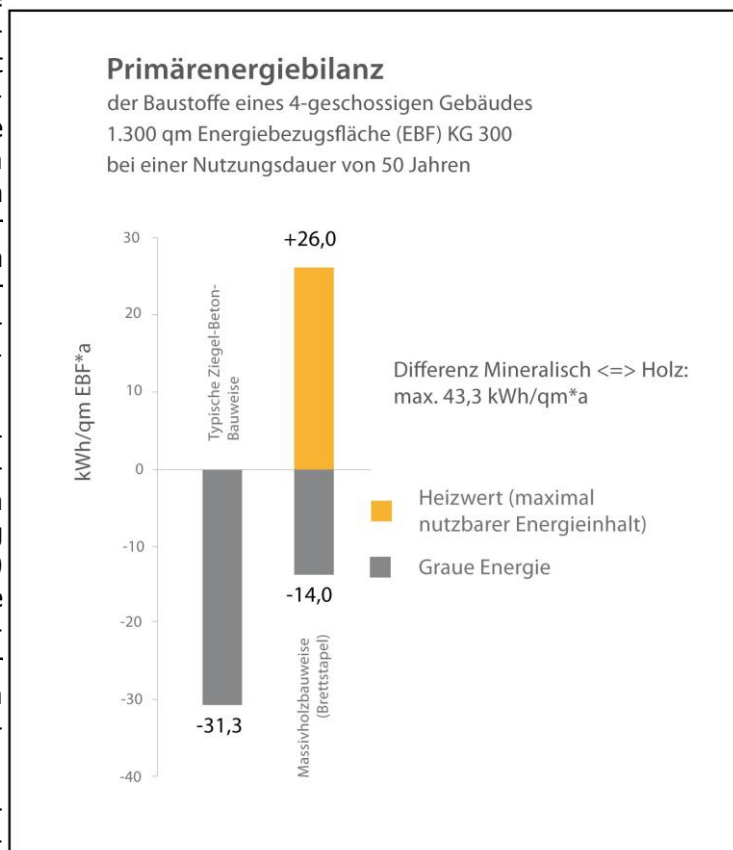
In der nebenstehenden Abbildung ist der Vergleich eines Gebäudes in Massivholzbauweise (Brettstapel) mit einer Variante mit Ziegelwänden und Stahlbetondecken dargestellt. Bilanziert wurde der komplette Lebenszyklus vom Rohstoffabbau, über die Nutzung bis hin zur thermischen Entsorgung der Holzbaustoffe in einem Heizkraftwerk bzw. der Deponierung der mineralischen Baustoffe. Betrachtet wurde der erweiterte Rohbau, also alle Baustoffe der Kostengruppe 300, jedoch keine Haustechnik.

Bei der Annahme von einer Nutzungsdauer der Gebäude in Anlehnung an die Vereinbarungen zur Nachhaltigkeitszertifizierung von DGNB und BMVBS von 50 Jahren ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Bauweisen. Der Holzbau liegt in der Summe mit 43,2 kWh PEI/qm EBF*a günstiger als die mineralische Bauweise.

Im Vergleich dazu liegt der Jahresheizwärmebedarf eines Passivhauses bei 15 kWh/m²a Endenergiebedarf.

Das entspricht in Abhängigkeit der Effizienz der Energieversorgung einem Primärenergieverbrauch von rund 20 kWh/qm EBF*a. D.h. die Primärenergieeinsparungen durch die Baustoffwahl Holz reduzieren die PEI um mehr als das Doppelte des Heizenergiebedarfs eines Passivhauses. Die Passivhausbauweise soll mit der ENEC-Novellierung 2012/2013 gesetzlicher Standard für Neubauten werden. Aufbauend auf den ENEC-Nachweis könnte mit wenig Mehraufwand der Ökobilanznachweis von Gebäuden eingeführt werden.

Berechnungshinweise: In der Berechnung wurde der Heizwert der Holzbaustoffe berücksichtigt. Der tatsächliche Nutzenergiegehalt des Holzes hängt von der Art der Verbrennung ab. Moderne Heizkraftwerke (HKW) haben Gesamtwirkungsgrade von 90%. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurde der Heizwert der Dämmstoffe, der in der Größenordnung der Umwandlungsverluste im HKW liegen. Der Wert ist ein theoretisches Maximum und müsste anhand gebauter Beispiele überprüft werden.



2. Abstract (engl.)

Life Cycle Analysis: Benefit from the plus energy building material wood. Translation: Thorsten M. Speer, Karlsruhe

No other building material fares in the LCA of buildings better than wood. Woods' outstanding plus energy balance derives from the little energy input needed for its production (cradle) and the high portion of the renewable energy stored within the material through photosynthesis which at its life-end (grave) can – ideally after a succession of multiple re-use and down-cycling cascades – be fired and thus utilized energetically.

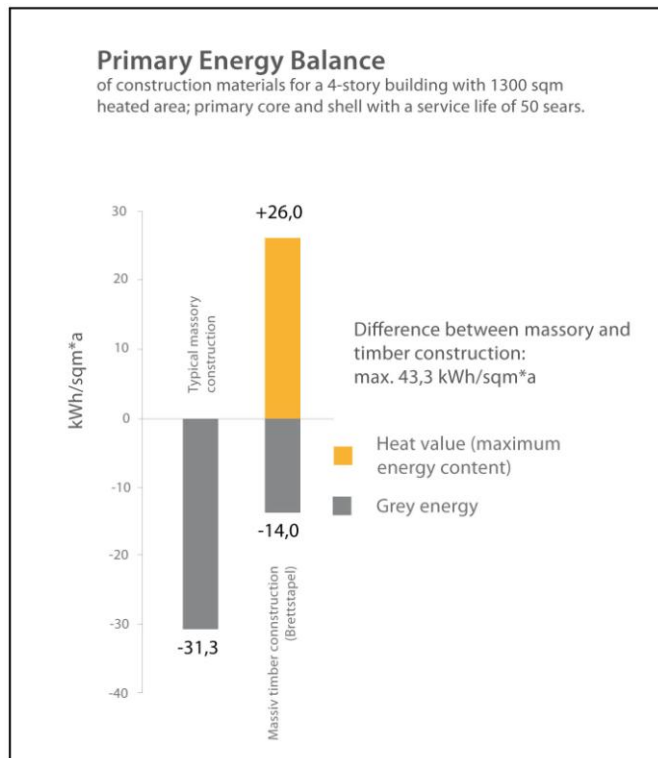
In optimized buildings as for example in passive houses or plus energy houses the saving potentials achieved through the choice of building material are of the same magnitude as the energy needed for heating and producing warm water during the building's use. If environmental impacts are to be continuously reduced, it is worthwhile to start with the building materials themselves and especially choosing such with a plus energy balance. The accompanying figure compares the primary energy input for a building constructed solely of timber block walls and board pile ceilings with a building of masonry walls and concrete floor slabs. The entire life cycle from extracting the raw material from the biosphere (cradle) through building usage up to thermal deployment in a combined heat

and power station or disposal of the construction materials (grave) were equated and balanced. Thereby the buildings core and shell but not the technical installations (HVAC) were regarded.

A service life of 50 years was projected for the building models - the same duration as agreed between the German Sustainable Building Council (DGNB) and German Ministry of Transport, Housing and Town Development for green building certification. Significant differences between both building models became apparent. For the board pile timber construction 43,2 kWh primary energy per square meter heated area and year less is used than for the masonry and concrete construction.

In comparison the heating requirement of a passive house is about 15 kWh end energy per square meter heated area and year. This roughly equates to 20 kWh primary energy demand - depending on the efficiency of energy production. Therefore the primary energy saving potential by simply choosing wood as building material reduces the primary energy content for construction by more than double the energy needed for heating. The "Passivhaus" energy standard will become compulsory for all newly constructed buildings through the amendment of German energy saving directive (ENEV) by 2012/2013. Based on the ENEV-calculation the LCA of buildings could hence be cost-efficiently introduced.

Calculation procedure: Within the LCA calculation the heat value of wood construction materials was considered. The actual utilizable energy content of the wood depends on the kind of firing system. Modern combined heat power stations attain overall efficiencies of 90%. Also not considered was the heat value of the insulating materials, which lay in the order of the transformation losses in heat power stations. The value is a theoretical maximum and would have to be verified by built examples.



3. Langfassung

Kein anderer Baustoff schneidet 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. Auch wenn man derzeit weltweit wissenschaftliche Purzelbäume um das Nachhaltige Bauen schlägt, Ökobilanzen sprechen eindeutig für die verstärkte Holznutzung und geben damit den Pionieren des ökologischen Bauens aus den 70er Jahren recht.

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. Die Priorität der Nutzung liegt eindeutig bei der stofflichen Nutzung. Erst wenn Holz nicht mehr wiederverwendet oder recyclet werden kann, sollte es energetisch genutzt werden.

3.1. Schlüssel zur Reduzierung der globalen Erwärmung

Bäume tragen über die CO₂-Speicherung hinaus durch die Verdunstung von Wasser im Rahmen der Photosynthese zur Verbesserung des Klimas 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. 1). Die globalen Änderungen in der Landnutzung und der einhergehende Einfluss auf die Energiebilanz sind ein wesentliches Kriterium des Klimawandels. Bäume stellen eine Schlüsselrolle sowohl zur Reduzierung der lokalen als auch der globalen Erwärmung dar (Schmid 2009).

Global Radiation Balance

Energy balance, daily mean

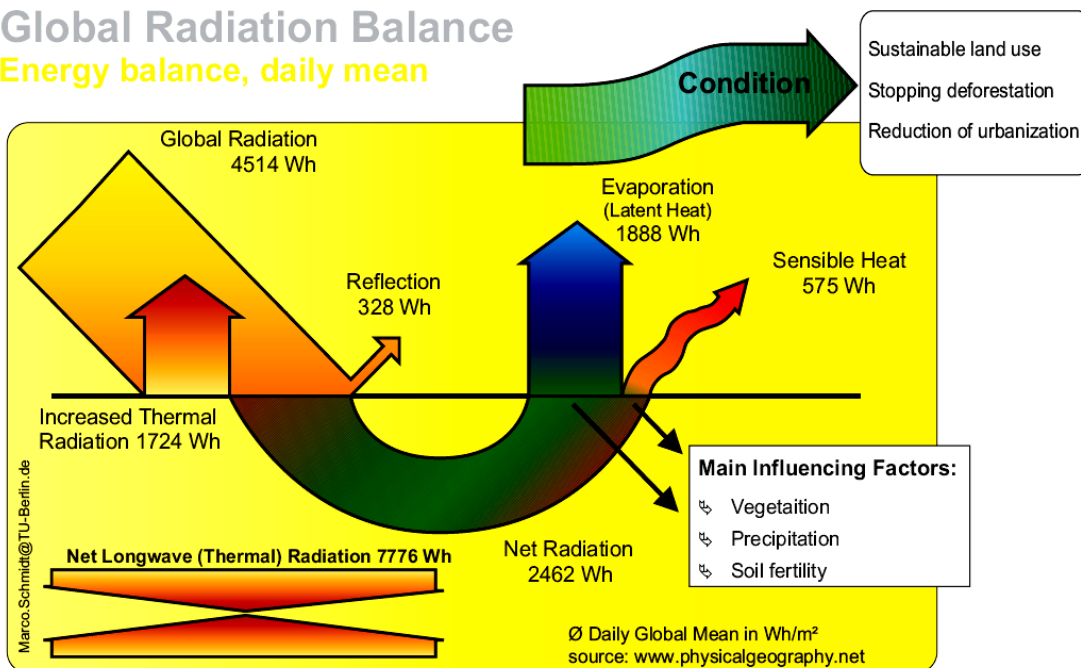


Abbildung 1: Globaler täglicher Energieumsatz nach Schmidt et al. 2007. Quelle: (Schmidt 2009)

3.2. Verfügbare „Carbon Capture and Storage-Technologie“

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 lebenswichtig, der Kohlenstoff dient uns 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.

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. Auf ein Gebäude bezogen, sind die Zahlen ebenfalls imposant. Im 9-geschossigen TimberTower in London sind in der massiven Holzkonstruktion 181 Tonnen Kohlenstoff gebunden. Dies entspricht den CO₂-Emissionen des Heizenergiebedarfs von 21 Jahren eines Gebäudes in dieser Größe und entsprechendem Dämmstandard (Thistleton 2008).

Der AKÖH rechnet weiterhin vor (Adriaans 2002), wie viel Waldfläche nachhaltig bewirtschaftet, genutzt und gebraucht wird, um ein Holzgebäude zu errichten. Für ein typisches Reihenhaus mit 140 qm in Holzbauweise werden ca. 16 t Holz und Holzwerkstoffe eingesetzt. Das entspricht der Jahresproduktion von rund 8 ha (oder 100 x 800 m) Wald. Bei einer Gebäudenutzungsdauer von 80 Jahren können aus dem 8 ha Wald rund 80 Holzreihen Häuser errichtet werden.

Diese Art der Carbon Capture and Storage-Technologie ist seit Jahrhunderten erprobt, ist sofort verfügbar und hat weitere vielfältige positive Wirkungen auf die Umwelt. Die vermehrte Nutzung von Holz, hat eine höhere Kohlenstoffentnahme und -speicherung aus der Atmosphäre zur Folge als der reine Bestandserhalt. Junge Bäume entziehen der Atmosphäre deutlich mehr CO₂ als ausgewachsene Bäume, was für die Bauholznutzung spricht (Wegener 2001).

3.3. Nachhaltigkeit und Holznutzung

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 die 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.

Die Definition von Nachhaltigkeit ist im Forstbereich Allgemeingut geworden: Nicht mehr aus einem Vorrat (bezogen auf Holz aus der Fabrik Wald) zu entnehmen, als nachwächst. Was die „Fabrik“ Wald angeht, ist Beeindruckendes erreicht worden: immerhin 70% der Waldfläche in Deutschland sind mittlerweile nach PEFC bzw. FSC zertifiziert, was hohe bzw. sehr hohe Nachhaltigkeitsanforderungen an die Forstwirtschaft stellt. Kein andere Baustoff kann eine annähernd gute Quote in Punkto Nachhaltigkeitszertifizierung vorweisen.

3.4. Plusenergiebaustoff Holz

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 neue Gebäude in Holz errichtet werden können (eigene Berechnungen in (Wolpensinger 2003)).

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

Die Studie „ÖkoPot“ (BMBF 2008), 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 dargestellt werden.

In Abbildung 2 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. „PrimärenergieErneuerbar“ ausweisen.

An diesem Beispiel lässt sich ein Paradigmenwechsel in der Umweltdebatte darstellen. In frühen Ökobilanzen sowie in den meisten Diskussionen wurden vorwiegend Umweltmissionen, 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

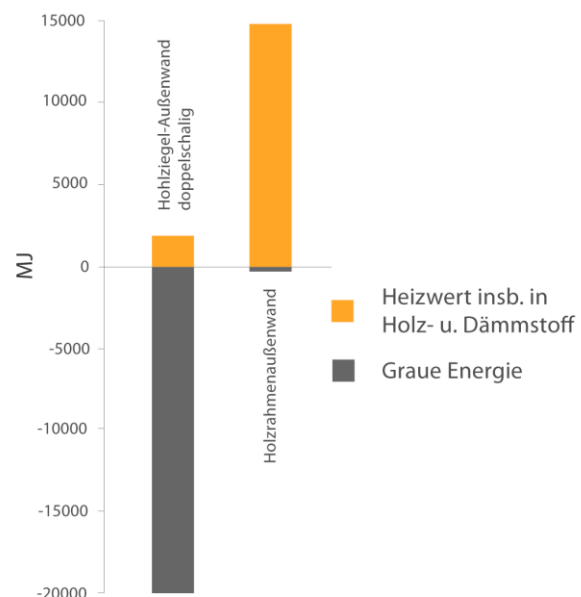


Abbildung 2: Vergleich von Außenwandkonstruktionen unter Berücksichtigung des Heizwerts in Holz bzw. der Holzverschalung von Betonbauteilen nach Angaben aus (BMBF 2008)

Holz ist das beste Beispiel für die umweltpositive Stoffnutzung: Neben der Plusenergiebilanz und der Kohlenstoffspeicherung (im Wald wie im verbauten Zustand) erfüllen unsere Wälder uns allen vertraute und wohlbekannt vielfältige Funktionen als Ökosystem und dies fortwährend und kostenlos: sie bauen fruchtbaren Bodenumus auf, sie fördern jeden Tag Wasser aus tieferen an die oberen Bodenschichten, sie verhindern Bodenerosion. Sie schützen vor Schnee- und Steinlawinen, schonen Strassen vor Wettereinflüssen, sind Kultur-, Lebens- und Erholungsraum. In Ökobilanzen quantifizierbar wären die großen Mengen an Aerosolen, Stäuben, Lärm und weitere Abgase. Leider finden diese Faktoren bislang in Ökobilanzen und anderen Verfahren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Holzwerk- und -baustoffen keine Berücksichtigung. Hier gilt es nachzubessern, um einheitliche und vergleichbare Nachhaltigkeitsbewertungen zu ermöglichen.

3.5. Ökobilanzierungs-Tools

Zur ökologischen Nachhaltigkeit von Gebäuden gibt es umfangreichere 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. für die Demontage der Gebäude. Die Ökobilanzierung von Gebäuden ist mit Programmen, auch Ökobilanzierungs-Tools genannt, mit vertretbarem Aufwand möglich. Die Ökobilanzierung eines kleineren Gebäudes kann bei guter Datenlage innerhalb von einem bis zwei Tagen erfolgen. Die für Ökobilanzen erforderlichen Daten sind größtenteils bereits zusammen gestellt, wenn der EnEV-Nachweis bzw. der Nachweis nach der DIN 18599 erfolgte. 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 Euro und werden mit umfangreichen Datenbanken geliefert, womit Bewertungen ganzer Gebäude möglich sind. Eine Übersicht der wichtigsten Ökobilanzierungs-Tools bietet die Webseite www.tools.oekosiedlungen.de

Die am weitesten entwickelten Ökobilanzierungs-Tools in Deutschland sind LEGEP und OGIP. Interessante Prototypen sind das F219 der TU München und das kostengünstige ÖÖS der Uni Wuppertal, welches als einziges Tool auch den sog. „ökologischen Rucksack“, besser bekannt als „MIPS“, mit ausweist (Streck 2004; Getto 2002). 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 (Eggerlein 2004). Sogar die Firma Auto-Cad wirbt mittlerweile für ein solches Tool, die den Lebenszyklus von Gebäuden berechnen können soll.

Es liegen Bilanzen zu zahlreichen 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 entscheidungsunterstützend in ökologischen und gesundheitlichen Fragestellungen sind. Es sei darauf hingewiesen, dass im www.bauteilkatalog.ch bislang nur die „Graue Energie“ dokumentiert wird und somit die für Holz positive Entsorgungsphase nicht enthalten ist (Stand November 2009). In WECOBIS wird je nach Quelle der Energieinhalt von Holz und anderen Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen teilweise mit angegeben.

3.6. Ausgewählte Ökobilanz-Ergebnisse

Die Energieinhalte der Baumaterialien rückten erst Ende der 80er/Anfang der 90er Jahre verstärkt in das wissenschaftliche Interesse. Insb. das Energieautarke Solarhaus in Freiburg zeigte im Vergleich zum ersten Passivhaus in Darmstadt Kranichstein, durch energieintensive Energiespeichermaterialien einen erhöhten Gesamtverbrauch, obwohl das Haus selbst keine Energie mehr für den Betrieb benötigt. Umso mehr jedoch für den Bau (Feist 2008). Durch die seither immer häufiger durchgeführten Ökobilanzen von Gebäuden unterschiedlichster Art, liegen mittlerweile ausreichende Erkenntnisse vor, um Gebäude hinsichtlich Ihrer Primärenergiebilanz zu optimieren. Einige ausgewählte Ökobilanz-Ergebnisse sollen dies illustrieren.

In optimierten Gebäuden wie z.B. in Passiv- oder Plusenergiehäusern liegen die Einsparpotenziale durch die Wahl des Baustoffs in der Größenordnung des Heizenergie- und Warmwasserbedarfs. Sollen die Umweltbelastungen weiter gesenkt werden, lohnt es sich, bei den Baustoffen anzusetzen und auf Materialien mit Plusenergiebilanz zurückzugreifen. In Abbildung 3 ist der Vergleich eines Gebäudes in Massivholzbauweise (Brettstapel) mit einer Variante mit Ziegelwänden und Stahlbetondecken dargestellt. Bilanziert wurde der komplette Lebenszyklus vom Rohstoffabbau, über die Nutzung bis hin zur thermischen Entsorgung der Holzbaustoffe in einem Heizkraftwerk bzw. der Deponierung der mineralischen Baustoffe. Betrachtet wurde der erweiterte Rohbau, also alle Baustoffe der Kosten- und Energiegruppe 300, jedoch keine Haustechnik.

Bei der Annahme von einer Nutzungsdauer der Gebäude in Anlehnung an die Vereinbarungen zur Nachhaltigkeitszertifizierung von DGNB und BMVBS von 50 Jahren ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Bauweisen. Der Holzbau liegt in der Summe mit 43,3 kWh PEI/qm EBF*a günstiger als die mineralische Bauweise.

In der Berechnung wurde der Heizwert der Holzbaustoffe als Näherungswert zu Grunde gelegt. Der tatsächliche Nutzenergiegehalt des Holzes hängt von der Art der Verbrennung ab. Moderne Heizkraftwerke (HKW) haben Gesamtwirkungsgrade von 90%. D.h. der Heizwert liegt etwas höher, was dem Holz zu Gute kommt. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurde allerdings auch der Heizwert der Dämmstoffe, der in der Größenordnung der Umwandlungsverluste im HKW liegt. Der Heizwert stellt also eine relativ gute theoretische Näherung, ein theoretisches Maximum, dar, der im Einzelfall anhand geplanter oder gebauter Beispiele übergeprüft werden sollte.

Um diesen Einspareffekt beurteilen zu können bedarf es eines Vergleichswertes. In der Fachwelt bekannt sind die Energiekennwerte von Passivhäusern.

Der Jahresheizwärmebedarf eines Passivhauses liegt bei 15 kWh/m²a Endenergiebedarf. Das entspricht in Abhängigkeit der Effizienz der Energieversorgung einem Primärenergieverbrauch von rund 20 kWh/qm EBF*a. D.h. die Primärenergieeinsparungen durch die Baustoffwahl Holz reduzieren die PEI um mehr als das Doppelte des Heizenergiebedarfs eines Passivhauses; ist im Vergleich dazu also relevant.

Primärenergiebilanz

der Baustoffe eines 4-geschossigen Gebäudes
1.300 qm Energiebezugsfläche (EBF) KG 300
bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren

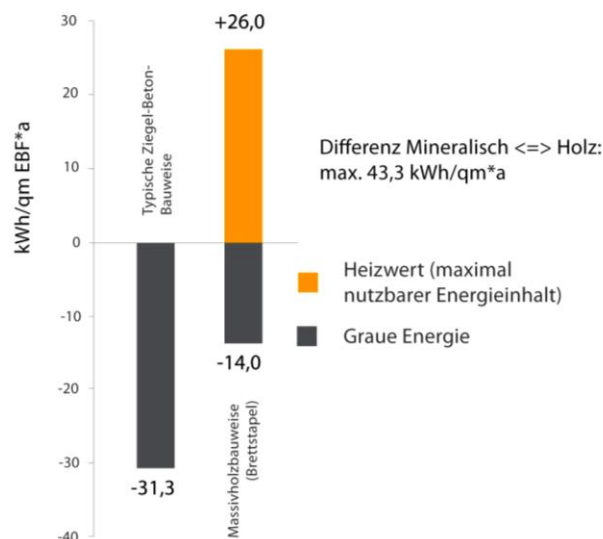


Abbildung 3: Primärenergiebilanz von mineralischer Bauweise und Holz bauweise. Quelle: Eigene Berechnungen

Die Passivhausbauweise soll mit der ENEC-Novellierung 2012/2013 gesetzlicher Standard für Neubauten werden. Aufbauend auf dem EnEV-Nachweis, könnte mit wenig Mehraufwand der Ökobilanznachweis von Gebäuden eingeführt werden. Der Holzbau würde hier von profitieren.

Die detailliertere Betrachtung mit Hilfe der Ökobilanz liefert weitere Erkenntnisse über die Umweltwirkung von Gebäuden. Die Holzvariante in Abb.4 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 (siehe Abb.4). 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 fiktiven Baustelle nach Karlsruhe. Als zweite Variante wurden der Transport von Holzbauteilen aus dem 2.000 km entfernten Skandinavien vorwiegend mit dem Schiff oder per LKW aus 200 km verglichen. 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.

Primärenergetisch wären längere Transportwege also durchaus vertretbar, auch wenn sie in Europa für die meisten Länder unnötig sind, weil Holz aus der Region bezogen werden kann. Um die Wertschöpfung in der eigenen Region zu haben und die Forstwirtschaft vor Ort zu stärken, wäre aus Nachhaltigkeitssicht der regionale Bezug von Holz auf jeden Fall vorzuziehen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Baustoffwahl Mineralisch oder Holz wesentlich entscheidender für eine bessere Ökobilanz ist, als der regionale Bezug des Baustoffs. Und das erst recht, wenn die für Holz positive Entsorgungsphase ebenfalls mit berücksichtigt wird (was in Abb.4 noch nicht der Fall ist).

3.7. Wenn Freunde des Massivbaus bilanzieren...

Eine Veröffentlichung der „Freunde des Massivbaus“ und des Massivbau-Instituts unter Leitung von Prof. Graubner an der TU Darmstadt (Graubner 2006 und eine wenig aktualisierte Fassung (Graubner 2008)) zieht derzeit Ihre Kreise, weshalb die Ergebnisse im Folgenden kommentiert werden.

Dem Titel nach scheint eine vergleichende Ökobilanz eines Gebäudes in Holzbau bzw. Mineralischer Bauweise erfolgt zu sein. Das erstaunliche Ergebnis ist, dass die mineralische Variante ökologisch besser sein soll, als der Holzbau. Haben die „Freunde des Massivbaus“ am Ende sogar recht und der Holzbau wurde 30 Jahre lang zu Unrecht als ökologisch Vorteilhaft gehandelt? Die Ergebnisse der Graubner-Studie stehen absolut konträr zu Aussagen von mindestens einem Dutzend anderer wissenschaftlicher Studien (u.a. Wegener 2008 und 1997; Renner 2007; Oswald 2003; Frühwald 2001).

Primärenergiebilanz („Graue Energie“)

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

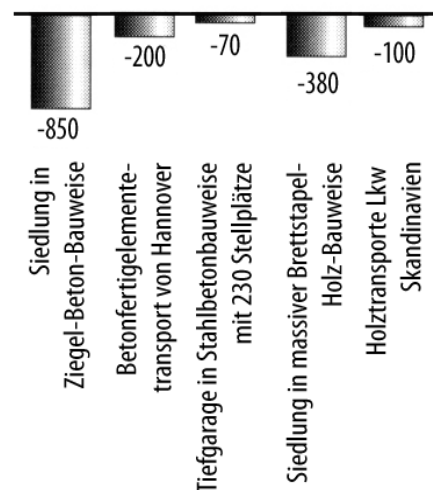


Abbildung 4: Vergleich der Primärenergieaufwendungen für Baustofftransport und Baustoffherstellung

Drei wesentliche Aspekte helfen den Freunden des Massivbaus das gewünschte Ergebnis zu erzielen:

1. Das Gebäude in Holzleichtbauweise wurde verglichen mit einem Mischwert aus fünf Varianten mit Betonbaustoffen. Vier der fünf Betonvarianten sind die ökologisch Vorteilhafteren (Gasbeton, Magerbeton mit geringem Bewehrungsanteil etc.). Sie sind nicht repräsentativ gewählt, sondern sollen über den Mittelwert helfen, die Ökobilanzwerte der Betonvariante(n) deutlich besser erscheinen zu lassen als eine typische Stahlbetonbauweise.
2. Man nahm für die Variante in Holz an, dass alle 30 Jahre die Dämmung in der Außenwand inkl. Verschalung komplett erneuert wird.
3. Die Entsorgungsphase wurde vernachlässigt (Graubner 2006, S.14), was zwar für die mineralische Bauweise so tatsächlich angenommen werden kann, aber für die Holzbauweise zu entschieden schlechteren Werten führt.

In der leicht überarbeiteten Fassung (Graubner 2008, S.14) wird der Text ergänzt und der Anschein erweckt, als würde die Entsorgungsphase mit in die Betrachtung miteinbezogen. Der Holzleichtbau weist nun einen höheren Anteil regenerativen Primärenergieanteils (PEI reg.) aus, als der mineralische Bau. Dies ist allerdings irreführend, weil die im Holz gespeicherte und nach dem stofflichen Gebrauch noch nutzbare Energie noch nicht verbraucht ist. Allerdings scheint der Anteil PEI reg. für die Holzbauvariante nach wie vor zu gering ausgewiesen und die PEI n.reg. zu hoch, was durch Nachmodellierung geprüft werden müsste. Die Vorteile der thermischen Verwertung werden also entweder nicht oder nur unzureichend berücksichtigt.

Einem Review-Verfahren, wie es die ISO DIN 14040 vorschreibt, hätte die Studie nicht standgehalten. Genau genommen dürfte die Studie nicht den Titel Ökobilanz tragen, denn dies würde explizit einen Reviewprozess durch unabhängige Experten erfordern.

Übrigens stellt die „Graubnerstudie“ die Methode der Ökobilanz nicht in Frage. Denn hätte Graubner die ISO 14040 tatsächlich beachtet, wäre er zu anderen Ergebnissen gekommen. Die Graubner-Studie zeigt vielmehr, dass es

1. für Nutzer schwer nachprüfbar ist, ob die offerierten Ergebnisse stimmen,
2. es nicht banal ist Ökobilanzen zu rechnen und es
3. einen geübten Blick braucht, um Ökobilanz-Studien interpretieren zu können.

3.8. 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. Eine Deponierung von Müll findet nur noch nach der thermischen Behandlung statt. Ein hoher Anteil des Abfallaufkommens, die Zahlen schwanken je nach Annahme zwischen 30 und 50%, stammt aus dem Baubereich. Mineralische Bauabfälle 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 (s. Abb.5 Szenario „Ref-2025“), was zu einem erheblichen Entsorgungsproblem werden könnte. Derzeit werden mineralische Bauabfälle vorwiegend als Straßenuntergrund entsorgt. Doch die Straßen in Deutschland sind weitgehend gebaut.

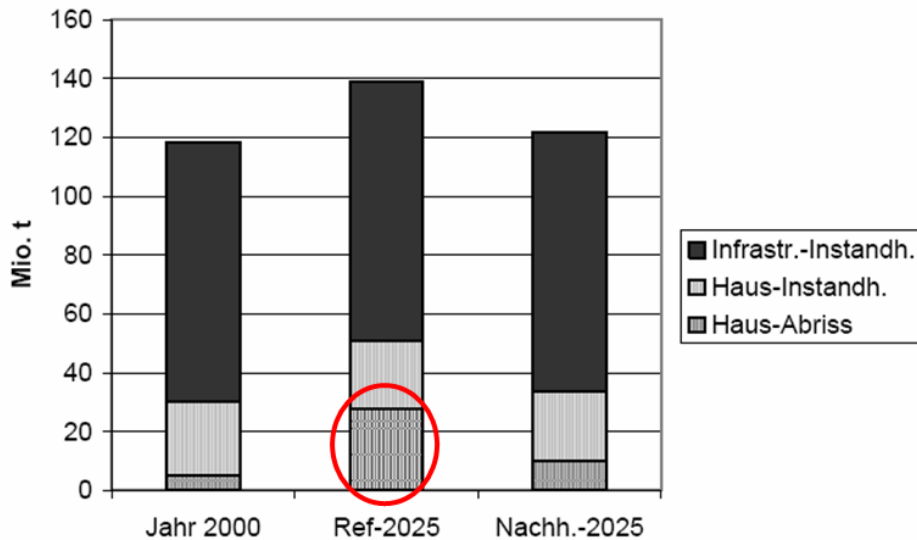


Abbildung 5: Bauschuttanfall durch Instandhaltung und Abriss von Wohngebäuden und Instandhaltung technischer Infrastruktur in Deutschland (Referenz- und Nachhaltigkeitsszenario)
Quelle: (Umweltbundesamt 2003)

Dieses Problem verursachen Holzhäuser nicht. Die Entsorgung ist aufgrund der steigenden Energiepreise und der steigenden Beliebtheit von Holz als Brennstoff wirtschaftlich lukrativ und aus „Abfall“ könnte ein vermarktbarer 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 (s.Abb.6). Wesentlicher Aspekt dabei ist eine weitgehend demontagegerechte Bauweise. Weiterhin sind Stoffe tabu, die bei der Verbrennung giftige Substanzen bilden. Zahlreiche gute Standardlösungen liegen hierzu vor.



Abbildung 6: Der Schweizer Pavillon an der Expo2000 in Hannover: Gebäude als künftige Rohstofflager

3.9. Fazit

Zusammenfassend lässt sich aus den Ergebnissen wissenschaftlicher 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.

4. Literatur

- [1] Adriaans, Richard et al. (2002): *Das AktivHaus. Das Haus mit der besseren Energiebilanz*. Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, Herford
- [2] Architects Waugh Thistleton (2008): *Stadthaus*. Press Release vom 30.5.2008
- [3] BMBF (2008): *Verbundprojekt: ÖkoPot – Ökologische Potenziale durch Holznutzung gezielt fördern*. Endbericht. Bonn
- [4] Ekkerlein, Christian (2004): *Ökologische Bilanzierung von Gebäuden in frühen Planungsphasen auf Basis der Produktmodellierung*. Diss. TU München.
- [5] Feist, Wolfgang (2008): *Lebenszyklusbewertung von Gebäudekonzepten*. In: Tagungsband des 14. Internationalen Holzbauforum (IHF 2008). Biel
- [6] Frühwald, Arno et al. (2001): *Holz - Rohstoff der Zukunft. Nachhaltig verfügbar und umweltgerecht*. Hamburg
- [7] Getto, Petra (2002): *Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomischen und ökologischen Wohnungs- und Bürogebäudebau*. Diss. Universität Wuppertal
- [8] Graubner, Carl-Alexander et al. (2008): *Ökobilanzstudie Gegenüberstellung Massivhaus/Holzbauweise*. Darmstadt
- [9] Graubner, Carl-Alexander et al. (2006): *Gegenüberstellung Massivhaus/Holzelementbauweise. Ökobilanzstudie - Im Auftrag des Interessenverbandes Massiv Mein Haus*. Darmstadt
- [10] Oswald, Gudrun (2003): *Ökologische Bewertung im Holzwohnbau*. Diss. Universität Graz
- [11] Renner, Alexander (2007): *Energie- und Ökoeffizienz von Wohngebäuden. Entwicklung eines Verfahrens zur lebenszyklusorientierten Bewertung der Umweltwirkungen unter besonderer Berücksichtigung der Nutzungsphase*. Diss. Darmstadt
- [12] Schmidt, Marco (2009): *Global climate change: the wrong parameter. Proceeding zur Konferenz "RIO 9 - World Climate & Energy Event*. Rio de Janeiro
- [13] Streck, Stefanie (2004): *Entwicklung eines Bewertungssystems für die ökonomische und ökologische Erneuerung von Wohnungsbeständen*. Diss. Universität Wuppertal
- [14] 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
- [15] Wegener, Gerd (2008): *Zukunftsaspekte des Bauens mit Holz*. In: Tagungsband des 14. Internationalen Holzbauforum (IHF 2008). Biel
- [16] Wegener, Gerd; Zimmer, Bernhard (2001): *Holz und seine Bedeutung als zukunftsfähiger Rohstoff, Energieträger und Kohlenstoffspeicher*. In: Der deutsche Wald. Hrsg: LpB
- [17] Wegener, Gerd et al. (1997): *Ökobilanzen Holz. Fakten lesen, verstehen und Handeln*. München
- [18] Wolpensinger, Holger (2003): *Ökobilanzierung von Siedlungen*. In: Ökologie im Wohnungs- und Siedlungsbau. Wohnbund-Informationen, München