

**Ökologische Betrachtung für den Hausbau  
Ganzheitliche Energie- und Kohlendioxidbilanzen  
für zwei verschiedene Holzhauskonstruktionen**

**Zusammenfassung der Dissertation von  
Cevin Marc Pohlmann  
im Fachbereich Biologie  
Hamburg 2002**

Die zu Ende gehenden fossilen Energieträger zwingen Politik und Wirtschaft zu energiesparendem Handeln. Die Veränderung des Klimas der Erde, verursacht durch menschliches Handeln, führt zu nationalen und internationalen Klimaschutzbemühungen.

Eine Reduzierung der Treibhausgase wird international angestrebt. Das Protokoll von Kyoto, das diese Bestrebungen mit verbindlichen Reduktionszahlen ausstattet, wird im Jahr 2002 durch alle beteiligten Länder ratifiziert werden. Hierdurch werden die Unterzeichnerländer gezwungen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Deutschland hat sich verpflichtet, den Kohlendioxidausstoß um 21%, bezogen auf das Basisjahr 1990, zu reduzieren.

Der Wohnsektor ist zu wenigstens 30% an den bundesdeutschen Kohlendioxidemissionen durch den Gebrauch von Energie beteiligt. Die Bundesregierung hat auch aus diesem Grund die Energiesparverordnung zum 1. Februar 2002 in Kraft gesetzt und setzt hiermit ein politisches Zeichen.

Die Energieeinsparverordnung reduziert den Energiebedarf während der Nutzung des Hauses um 30% im Bezug auf die Wärmeschutzverordnung von 1995. Um die Energiesparverordnung umzusetzen, sind jedoch aufwendigere Konstruktionen erforderlich, die in der Herstellung des Hauses viel Energie benötigen.

Die echte Energieeinsparung kann nur dargestellt werden, wenn die Herstellung des Gebäudes in die Berechnung eingeschlossen wird, bzw. besser, wenn das Haus über den gesamten Lebensweg betrachtet wird.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ökologische Betrachtungen für den Hausbau, den Hausbetrieb und den Rückbau anzustellen. Es wurden ganzheitliche lebenswegbezogene

Energiebilanzen und Kohlendioxidbilanzen für zwei verschiedene Holzbaukonstruktionen berechnet.

Um den gesamten Lebensweg der Gebäude zu betrachten wurde die Methodik der Ökobilanz gewählt.

Ökologische Bewertungen sind ein modernes Hilfsmittel, die ökologischen Vorteile und Nachteile eines Produktes darzustellen (Kapitel 3). Diese Darstellung geschieht ganzheitlich unter Einbezug aller relevanten Einflüsse und Lebensphasen. Sachlich vollständig erstellte Bilanzen können wichtige Schritte in der Optimierung von Einzelprozessen, aber auch des Gesamtproduktes liefern. Sie dienen mittlerweile als Entscheidungsgrundlage bei der Produktauswahl und Verfahrensgestaltung unter ökologischen Gesichtspunkten.

Die ökologische Bewertung verlangt die Betrachtung des Produktes über den gesamten Lebensweg und kann fundierte Daten für den Gesamtenergiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen über den gesamten Lebensweg liefern.

In Deutschland werden jährlich ca. 190.000 Baugenehmigungen für Ein- und Zweifamilienhäuser erteilt. Der Anteil der Holzhäuser am deutschen Neubaumarkt beträgt etwa 15%.

In Deutschland werden 37 Mio. Wohneinheiten bewohnt. Viele dieser Häuser weisen einen niedrigen Energiestandard auf. In Kapitel 4 werden Möglichkeiten des Energiesparens für diese Gebäude und Zusammenhänge im energieoptimierten Wohnungsbau dargestellt.

Die Erstellung von ökologischen Betrachtungen für Gebäude ist sehr komplex. Die benötigte Datenmenge für die Berechnung des Gesamtenergiebedarf und der Kohlendioxidemissionen von Wohngebäuden ist vielschichtig. Ein transparenter Aufbau der ökologischen Betrachtung ist sehr wichtig, um die erhobenen Werte nachzuvollziehen. Aus diesem Grund wurde ein Planungstool entwickelt. Dieses Tool ermittelt nach den Grundlagen der ganzheitlichen Bewertung, der Ökobilanzierung, den Gesamtenergiebedarf, die Kohlendioxidemissionen eines Hauses und eine vereinfachte Ökobilanz auf der Basis des Gesamtenergiebedarfs über den gesamten Lebensweg.

In der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung einer Berechnungsgrundlage für den Hausbau vorgestellt (Kapitel 5 und 6).

Die vorgestellte Berechnungsmethode betrachtet die einzelnen Lebensabschnitte eines Hauses:

- die Herstellung der Baustoffe,
- die Errichtung/Produktion des Hauses,
- die Nutzung,

- die Instandhaltung während des Betriebs,
- der Rückbau des Hauses,
- die anfallenden Transporte,
- die in den Bauteilen aus nachwachsenden Rohstoffen gespeicherte nutzbare Energie, welche nach dem Rückbau des Hauses der Energieerzeugung zugeführt werden und fossile Energieträger substituieren kann,
- die in den Baustoffen bzw. im Gebäude gebundene Menge an Kohlenstoff, bzw. die der Atmosphäre während des Wachstums des Baustoffes entzogene Menge an Kohlendioxid.

Damit eine planerische Optimierung des Hauses durchgeführt werden kann, wurden regenerative Energiequellen in die Datengrundlage (Kapitel 5) des entwickelten Tools integriert. Damit ist es möglich, fast bezugsfertige Gebäude ganzheitlich zu betrachten und die verschiedenen Lebensabschnitte in ein Verhältnis zueinander zu setzen. Eine Optimierung des geplanten Gebäudes ist mit der entwickelten Berechnungsgrundlage möglich.

Die Abbildung 1 zeigt die Bildschirmansicht der entwickelten Berechnungsgrundlage mit dem Feld „Ergebnisse“.

Die Felder „Normal“ der Darstellung betrachten den Lebensweg des Hauses ohne den Einsatz von regenerativen Energiequellen, wie der Nutzung von Sonnen- und Holzenergie. Die Felder „Optimiert“ weisen den Energiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Hauses bei der Verwendung von regenerativen Energieträgern auf.

MODULE	Energie	CO2-Emissionen
Herstellung	Normal: 822.581 MJ Optimiert: 876.344 MJ	Normal: 77.957 kg Optimiert: 82.947 kg
Errichtung	12.600 MJ	1.953 kg
Instandhaltung	Normal: 156.129 MJ Optimiert: 288.430 MJ	Normal: 20.498 kg Optimiert: 32.084 kg
Nutzung	Normal: 1.501.950 MJ Optimiert: 645.150 MJ	Normal: 105.108 kg Optimiert: 34.598 kg
Rückbau	Normal: 48.936 MJ Optimiert: 58.239 MJ	Normal: 4.923 kg Optimiert: 5.752 kg
Transport	19.256 MJ	1.362 kg
<b>Gesamtenergiebedarf:</b>	<b>Normal: 2.561.452 MJ Optimiert: 1.900.019 MJ</b>	<b>CO2-Gesamt: 211.800 kg Optimiert: 158.696 kg</b>
<b>Gespeicherte Energie:</b>	<b>1.500.350 MJ</b>	<b>Gespeichertes CO2:</b> <b>150.116 kg</b>
<b>Nutzbare Energie:</b>	<b>1.200.280 MJ</b>	<b>Gebundenes C:</b> <b>41.699 kg</b>
<b>Energiebilanz</b>		<b>CO2-Bilanz</b>
Normal: 1.361.172 MJ Optimiert: 699.739 MJ		Normal: 61.684 kg Optimiert: 8.580 kg

Abbildung 1: Bildschirmansicht der entwickelten Berechnungsgrundlage, Zusammenfassung für ein Haus, vergl. Kap. 5 und 6)

Es zeigt sich, dass durch den Einsatz von Solar- und Photovoltaikanlagen die Kohlendioxidemissionen des betrachteten Hauses um 53 t CO<sub>2</sub> reduziert werden können (CO<sub>2</sub>-Gesamt: 211 t ; Optimiert: 158 t).

Zusätzlich werden in der entwickelten und vorgestellten Berechnungsgrundlage nach der Methodik der Ökobilanzierung die Wirkungskategorien Treibhauseffekt, Versauerung, Überdüngung und die Bildung von bodennahem Ozon anhand des Gesamtenergiebedarfs betrachtet (Kap.6.6 und 8.5).

In der Arbeit wurden zwei Gebäude mit einem geringen Betriebsenergiebedarf, architektonisch geplant von der Hochschule Bremen – Fachbereich Architektur, ganzheitlich betrachtet (Kapitel 7).

Das eine Haus wurde hinsichtlich seiner Eigenschaften zu einem Passivhaus optimiert (Bremen II), das seinen Heizenergiebedarf nur durch die Sonneneinstrahlung und die internen Wärmegewinne decken kann.

Diese Tatsache ermöglicht einen direkten Vergleich von zwei in Größe und Architektur identischen Gebäuden (Bremen I und Bremen II), da die funktionale Einheit, der Gebrauchnutzen, identisch ist.

Die Ergebnisse (Kapitel 8) bringen hinsichtlich des Gesamtenergiebedarfes und der Kohlendioxidemissionen folgende Erkenntnis:

- Passivhäuser haben einen erhöhten Herstellungs- und Instandhaltungsenergiebedarf, der Gesamtenergiebedarf über den Lebensweg ist jedoch reduziert.
- Der Herstellungs- und Instandhaltungsenergiebedarf erhöht sich absolut, wenn weniger Betriebsenergie während der Nutzung erforderlich ist.
- Der Einfluss der Betriebsenergie auf die Gesamtenergie ist umso größer, je höher der Energiebedarf während der Nutzung ist.
- Die Lebensabschnitte Herstellung der Baustoffe, Instandhaltung und Nutzung haben den größten Einfluss auf die Gesamtenergie und die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Das bedeutet, dass eine Fokussierung auf die Betriebsenergie bei energieoptimierten Häusern, wie sie nach der EnEV geplant werden sollen, nicht sinnvoll ist.
- Die Lebensabschnitte Errichtung (Aufbau des Hauses aus vorgefertigten Bauteilen) und Rückbau sind zu vernachlässigen.
- Die Transporte haben nur bei sehr weiten Transportentfernungen eine größere Bedeutung.
- Die Verwendung von Anlagen zur Nutzung der Sonnenenergie hat einen positiven Einfluss auf die Energie- und Kohlendioxidbilanz eines Hauses.
- Mineralische Baustoffe und Verbindungsmittel haben einen negativen Einfluss auf die Kohlendioxidbilanz.
- Positivhäuser können durch eine Reduzierung des Betriebsenergiebedarfs und die vermehrte Verwendung von Holz und Holzprodukten realisiert werden.

- Auch Holzhäuser bestehen massenmäßig zu einem Großteil aus fossilen Baustoffen, da Keller, Bodenplatte, Dacheindeckung<sup>1</sup> und Verbindungsmittel nicht aus nachwachsenden Baustoffen gefertigt werden.
- Der Vorteil von Holzhäusern ist in seiner energiesparenden Konstruktion und damit verbunden mit einem verringerten Betriebsenergiebedarf zu sehen.
- Durch die thermische Verwertung von Holz und Holzprodukten kann die Gesamtenergiebilanz eines Hauses deutlich verbessert werden. Fossile Energieträger können substituiert werden.
- In Holzhäusern wird langfristig Kohlenstoff gebunden.
- Die Kohlenstoff- bzw. Kohlendioxidbilanz wird durch die Verwendung von Holz und Holzprodukten erheblich verbessert.

Die Verwendung von Holz- und Holzprodukten im Hausbau bietet die Möglichkeit, Kohlenstoff längerfristig zu binden und auf diese Weise die Emissionen des Treibhausgases Kohlendioxid zu verringern. Die entwickelte Berechnungsgrundlage erstellt Energie- und Kohlendioxidbilanzen.

Ganzheitlich betrachtet können für den Hausbau folgende Aussagen gemacht werden:

- Der ökologische Vorteil von Holzhäusern ist nicht ausschließlich die Herstellung des Produktes, sondern die Möglichkeit, bei einem etwas geringeren Herstellungsenergiebedarf Wandaufbauten zu erstellen, deren Betriebsenergiebedarf reduziert ist oder umgekehrt (bei gleichhohem Betriebsenergiebedarf deutlich schlankere Wandkonstruktionen mit einer einhergehenden Materialeffizienz zu erstellen).
- Holzhäuser haben gegenüber dem Massivbau deutliche Vorteile in der Kohlenstoffspeicherung, Konstruktion, Wohnklima und der Verwendung von nachwachsenden und umweltgerechten Baustoffen.

Die vorliegende Arbeit ermöglicht fundierte Aussagen über die „Kohlenstoffsенke Holzhaus“.

Vergleicht man Holzhäuser mit Steinhäusern<sup>2</sup>, so kann bezüglich der Kohlendioxidemissionen und der Kohlendioxidbilanz die folgende Abbildung den Vorteil den Vorteil von Holzhäusern verdeutlichen:

---

<sup>1</sup> Ausnahme Reet-, Gras- und Holzschindeldächer

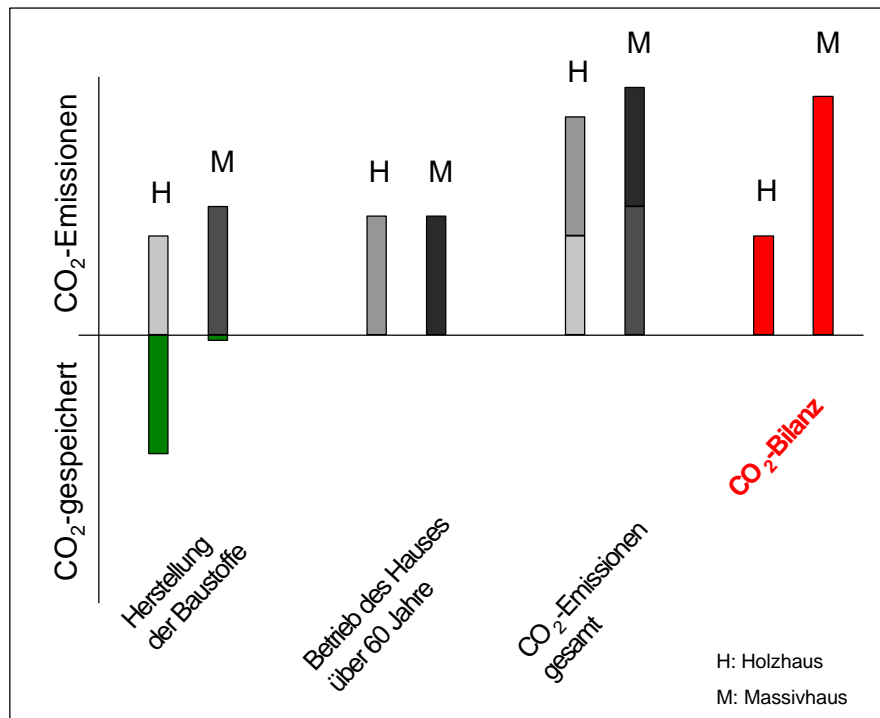


Abbildung 2: Holzhäuser als langfristige Kohlenstoffsенke mit positiver CO<sub>2</sub>-Bilanz (genereller Vergleich)

Mit dieser Arbeit wurde die Möglichkeit geschaffen, den gesamten Lebensweg von Gebäuden, von der Herstellung der Baustoffe bis zur Entsorgung des Hauses, ökologisch zu betrachten und den Gesamtenergiebedarf und die Kohlendioxidemissionen zu berechnen.

Die Ergebnisse dieser Studie verdeutlichen verschiedene Einflussgrößen im Hausbau, so dass in Zukunft mit diesen Planungsmethoden (Kapitel 9) ein Tool gegeben ist, den Gesamtenergiebedarf und die Kohlendioxidemissionen im Hausbau zu reduzieren.

Um den Lebensweg eines Hauses vollständig zu betrachten, muss die Entsorgung des Gebäudes mit bewertet werden. Für Holzhäuser gilt folgendes:

- Die thermische Verwertung von Holz ist mit verschiedenen Vorteilen verbunden, sie ist ökologisch jeder anderen Entsorgungsart vorzuziehen und kann aufgrund des Energiegewinns fossile Energieträger substituieren.

<sup>2</sup> Annahme: Beide Gebäude haben denselben Wärmedurchgangskoeffizient, geeignet für den Niedrigenergiebau. Die Steinwand ist demzufolge ~15 cm dicker als die Holzwand.

- Die Weiterverwertung von Bauelementen und Bauteilen von Holzhäusern ist möglich, z.B. können sie in Holzwerkstoffen verwertet werden oder kohlendioxidneutrale Energie erzeugen.

Das vorgestellte Berechnungsverfahren ermöglicht automatisierte und nachvollziehbare Energiebilanzen und Kohlendioxidbilanzen für den Hausbau zu erstellen.