



Nachhaltiges Bauen mit Stahl: Ökologie.

Univ. Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. (NDS) Martin Mensinger

Univ. Dr.-Ing. Christina Radlbeck

Univ. Dr.-Ing. Joseph Ndogmo

cand.-Ing. Ralf Zschokke

Einleitung

Das neue deutsche Gütesiegel für nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) wird Anfang 2009 mit einer ersten Probe-Zertifizierung starten. In die Gesamtbewertung fließen unter anderem zu 22,5% sämtliche Aspekte der Umweltverträglichkeit mit ein. Zukünftig sind in der Baupraxis somit viele zusätzliche Indikatoren zu bewerten, wobei meistens der gesamte Lebenszyklus eine Rolle spielt. Für den Stahlbau sind diese ganzheitlichen Anforderungen eine Chance, Potenziale, die bisher noch kaum zur Geltung gekommen sind, zu zeigen. Diese sind beispielsweise durch die geringe Masse pro Nutzfläche, die Flexibilität und die Kreislauffähigkeit gegeben. Insbesondere Letztere hat dabei bedeutenden Einfluss auf die ökologischen Indikatoren.

Angesichts der ökologischen Kriterien des BMVBS werden deren Relevanz und die sich ergebenden Möglichkeiten für den Stahlbau diskutiert. Zur Verdeutlichung dienen hierzu die Ergebnisse einer Fallstudie von Mehrfamilienhäusern in Massivbau-, Holzbau- und Stahlbauweise.

1. Ökologische Qualität von Stahlbauten

1.1 Bewertungsmethode Ökobilanz

Für die Bewertung der Umweltbelastungen von Bauprodukten ist eine Ökobilanz (LCA, Life-Cycle-Analysis) erforderlich. Dieses Verfahren ist in den Normen EN ISO 14040 ff. festgelegt. Neben der anfänglichen Zieldefinition ist eine *Sachbilanz* zu erstellen und eine *Wirkungsabschätzung* durchzuführen. Erst dann kann eine Bewertung vorgenommen werden.

Bei der *Sachbilanz* sind sämtliche Stoff- und Energieströme eines Produkts während dessen gesamter Lebensdauer zu erfassen. Konkret geht es dabei um die Zusammenstellung und Quantifizierung aller Inputs und Outputs (siehe Bild 1). Durch die Betrachtung der gesamten Lebensdauer soll vermieden werden, dass Umweltlasten in vorherige oder nachfolgende Lebenszyklen verlagert werden.

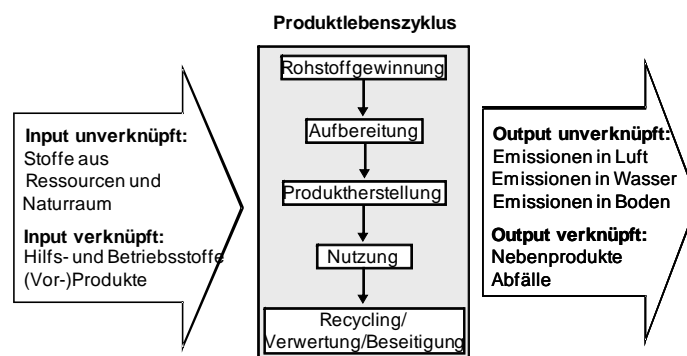


Bild 1: Input- und Outputströme eines Produktlebenszyklus (Kümmel, 2000)

Tabelle 1: Wirkkategorien mit festen Referenzgrößen

Kriteriennummer, Wirkkategorie	Referenzwert
01 Treibhauspotenzial Global Warming Potential (GWP)	kg CO ₂ -Äquivalent
02 Ozonschichtzerstörungspotenzial Ozone Depletion Potential (ODP)	kg R11-Äquivalent
03 Ozonbildungspotenzial Photochemical Ozone Creation Potential (POCP)	kg C ₂ H ₄ -Äquivalent
04 Versauerungspotenzial Acidification Potential (AP)	kg SO ₂ -Äquivalent
05 Überdüngungspotenzial Eutrophic Potential (EUT)	kg PO ₄ ³⁻ -Äquivalent
10 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PEne)	kWh/m ² NGF a *
11 Primärenergiebedarf erneuerbar, (PEe)	kWh/m ² NGF a *

*NGF: Nettogrundfläche, a: Jahr

Tabelle 2: Weitere, für die Kriteriensteckbriefe notwendige Wirkkategorien

Kriteriennummer, Wirkkategorie	Indikator / Messgröße
06 Risiken für die lokale Umwelt (Risiko für Grundwasser, Oberflächenwasser und Boden, Risiko für die Luft)	Stellvertreterindikatoren: - R-Sätze der Gefahrenstoff- bzw. REACH-Verordnung - Biozid-Richtlinie(BP-RL) - Schwermetalleinträge in die Umwelt - Feinstaubemissionen - Lösemittel - Halogene
07 Sonstige Wirkungen auf die lokale Umwelt (Lichtverschmutzung)	in Bearbeitung
08 Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt (Materialverwendung aus erneuerbaren Ressourcen)	Einsatz von Tropenhölzern
09 Mikroklima	Wärmeinseleffekt
12 Sonstiger Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen	Verbrauch in t/m ² , Eingangsgrößen aus LV
13 Abfall	Abfall in t pro Abfallkategorie - Baustelle - Nutzungsphase
14 Frischwasserverbrauch Nutzungsphase	Effizienz der Wassereinsparungsmaßnahmen, geprüft wird Einbindung der DIN 1988-3 und VDI 3807
15 Flächeninanspruchnahme	Umwandlungsgrad und Umwandlungsrichtung der Flächeninanspruchnahme bei der Flächenumwandlung

Bei der *Wirkungsabschätzung* werden Sachbilanzdaten mit gleicher Umweltwirkung so genannten *Wirkkategorien* zugeordnet. Jede Wirkkategorie repräsentiert ein gewisses Umweltthema. Fest etabliert sind dabei die Emissionen und der Primärenergiebedarf mit den entsprechenden Referenzgrößen (siehe Tabelle 1). Die im Rahmen der Kriteriensteckbriefe zusätzlich geforderten Wirkkategorien sind noch nicht gängig und befinden sich zum Teil noch in der Entwicklung (siehe Tabelle 2).

1.2 Datengrundlage

Zur Durchführung einer Ökobilanz ist eine umfangreiche und solide Basis an Sachbilanzdaten erforderlich. Da der Aufwand für die Ermittlung der oben genannten Wirkkategorien zudem sehr hoch ist, steht einschlägige Software, oftmals mit integrierter Datenbank, für die Berechnung zur Verfügung. In Deutschland und der Schweiz werden für Bauanwendungen häufig die Software-Tools *ecoinvent* und *GaBi* verwendet.

Gleichzeitig werden europaweit Bestrebungen unternommen, um eine Harmonisierung der Datenlage zu erreichen. Ziel ist es für alle europäischen Bauprodukte fertige Wirkkategorien bereitzustellen. Dies soll mit Hilfe von ökologischen *Produktdeklarationen* (*EPDs*, Environmental Product Declaration) geschehen.

Die genannten Hilfsmittel zur Ökobilanzierung werden im Folgenden kurz beschrieben:

ecoinvent

Im Jahre 1998 begann das Schweizer Zentrum für Ökoinventare unter der Leitung der EMPA die bis dato in der Schweiz vorhandenen Sachbilanzdaten zusammenzuführen. Ziel des Projektes ecoinvent 2000 war die Erstellung harmonisierter Ökobilanzdaten hoher Qualität u. a. für die Bereiche Energie, Transport, Entsorgung und Bauwesen. Hierdurch sollten sowohl schweizerische als auch westeuropäische Verhältnisse abgebildet werden. Die kommerzielle Version 1.0 der Datenbank ist seit 2003 mit entsprechender Lizenz via Internet zugänglich (ecoinvent, 2003). Im November 2007 veröffentlichte es die wesentlich erweiterte und aktualisierte Version 2.0. Für Stahlanwendungen ist in ecoinvent eine ordentliche Datensammlung enthalten.

GaBi

Die Software zur „ganzheitlichen Bilanzierung“ (GaBi) mit integrierter Datenbank wurde Anfang der 90er vom IKP Stuttgart sowie der PE Europe GmbH realisiert (GaBi, 2004, Eyerer & Reinhardt, 2000). GaBi dient als Werkzeug zur Erstellung, Analyse und Bewertung von Lebenszyklusbilanzen. Die Software kann mit Zusatzmodulen, u. a. in Verbindung mit der Datenbank ecoinvent, erworben werden. Die Daten werden dabei ständig aktualisiert. Die

derzeit aktuelle Version GaBi Version 4 kam 2003 auf den Markt. Die Software ist ein „Alleskönner“ im Bereich der Nachhaltigkeit und daher nicht spezifisch für Gebäude gedacht. So ist auch die Handhabung mit großem Aufwand verbunden. Die Daten für Stahlbaukonstruktionen könnten noch erweitert werden.

Produktdeklaration (EPD)

Eine ökologische Produktdeklaration gemäß ISO 14025 enthält sämtliche für die Ökobilanzierung notwendigen Wirkkategorien. Außerdem werden Informationen zu technischen Eigenschaften bereitgestellt, die für die Einschätzung der Gesamtleistung des Bauproduktes im Gebäude benötigt werden (z.B. Lebensdauer, Wärme- und Schallsolierung, Qualität der Innenraumluft etc.).

EPDs sollen zukünftig jenen Datenstand bilden, den Planer und Architekten für die Bewertung von Gebäuden hinsichtlich der Nachhaltigkeit benötigen. Bei Anwendung im „Baukastensystem“ lassen sich zukünftig sogar komplette Bauwerke bewerten.

Jede Firma kann eine EPD erstellen und über das Deutsche Institut für Bauen und Umwelt (DIFBU) verifizieren und publizieren lassen. Voraussetzung ist allerdings, dass die Daten mit GaBi, der Referenzdatenbank für die EPDs, gerechnet werden. Für EPDs von Schweizer Produkten darf die Datenbasis ecoinvent verwendet werden. Firmen beauftragen hierfür in der Regel ein Umweltbüro. (Auskunft seitens DIFBU am 16.08.2008)

Für Stahlprodukte wurden bisher nur in Norwegen EPDs erstellt. Dabei wurden unterschiedliche Profile bezogen auf die Herstellung („cradle to gate“) und auf den gesamten Lebenszyklus („cradle to grave“) bilanziert.

1.3 Wichtige Einflussfaktoren bei der Ökobilanzierung

Recycling

Stahl ist hervorragend rezyklierbar. Sekundärstahl (bzw. Elektrostahl) wird durch Umschmelzen von Schrott gewonnen und ist als Ergänzung zur rohstoff- und energieintensiven Primärproduktion seit langem fester Bestandteil der Stahlerzeugung.

Strommix

Die Bedeutung des Recyclings (siehe oben) zeigt, dass die Herstellungstechnologie einen beträchtlichen Einfluss auf die Umweltwirkungen der Stahlproduktion hat. Neben dem Anteil an Sekundärstahl ist somit der angesetzte Strommix ausschlaggebend für die ökologischen

Ergebnisse. Beispielsweise ergeben sich beim Strommix von Deutschland und Norwegen große Unterschiede hinsichtlich des Wasserkraftanteils.

Der Strommix ist stark abhängig von der Importsituation und daher nur schwer zu erfassen. Die laufenden Veränderungen der Vorprozessketten infolge der ständig wechselnden, wirtschaftlichen Rahmenbedingungen kommen erschwerend dazu. Bei der Ökobilanzierung sollte dennoch ein möglichst realistisches Energiemodell angesetzt werden. Idealerweise sollten dabei je nach Importanteil und lokalen Gegebenheiten im Bezugsland die Energieversorgung der einzelnen Stahlproduzenten berücksichtigt werden.

Datenqualität

Die Qualität der Datenbanken ist von entscheidender Bedeutung und hat unmittelbaren Einfluss auf die Ergebnisse. Je nach Quelle ergeben sich oftmals signifikante Unterschiede. Zur Verdeutlichung sind in Tabelle 3 der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen pro Kilo Stahlprofil (blank) je nach Quelle angegeben. Die Systemgrenzen beziehen sich dabei auf die Herstellung („cradle to gate“).

Tabelle 3: Vergleich der Werte des NEPD no.: 054 mit den Werten aus ecoinvent und Gabi

Quelle	Bezeichnung	Ergebnisse	
		MJ	GWP 100
NEPD no.: 054	Stahlprofil, blank, 96% Sekundärmaterial	14,3	0,9
ecoinvent v 2.01	Stahlprofil, blank, 100% Sekundärmaterial	16,3	0,879
ecoinvent v 2.01	Stahlprofil, blank, (Re2000) 37% Sekundärmaterial	25,4	1,66
ecoinvent v 2.01	Stahlprofil, blank, 0% Sekundärmaterial	30,8	2,11
GaBi 4	Steelbillet (electric furnace), (Elektrostahl ungewalzt)	11,5	0,61
Ökobau.dat Datens.4.1.4	Stahlblech, warmgewalzt 2-20 mm ca. 40% aus Schrott	24,3	1,74

Zwischen den ökologischen Werten sind jeweils deutliche Abweichungen erkennbar. Dies ist auf Unterschiede bei folgenden Faktoren zurückzuführen:

- Aktualität, Qualität und Nachvollziehbarkeit der Daten
- Umfang der vorhandenen Prozesse
- Bezugsraum des Stahlstoffstroms
- Bezeichnung von Bauprodukten
- Systemgrenzen
- Recyclingmodelle und -raten
- Strommix

Die oben genannten Aspekte sind daher bei der Ökobilanzierung stets zu hinterfragen.

1.4 Relevanz der Kriteriensteckbriefe im Bereich Ökologie

Die Ermittlung sowie die Bewertung von Emissionen (Kriterien 01 bis 05) und Energiebedarf (Kriterien 10 und 11) sind bereits internationaler Standard (siehe 1.1) und folglich auch für den Stahlbau von großer Relevanz.

Um den Einfluss des Stahls konkret darzustellen, werden im Folgenden die entsprechenden Wirkkategorien eines Stahlhochbaus mit den Referenzwerten in den Kriteriensteckbriefen (Stand August 2008) verglichen. Die Werte für den Stahlhochbau wurden mit Hilfe eines norwegischen EPDS (NEPD No.: 081) ermittelt. Dabei sind Herstellung, Beschichtung, Transporte und Entsorgung enthalten. Die Referenzwerte der Kriteriensteckbriefe gelten für die Errichtung bis zum Rückbau eines Gebäudes inkl. Anlagentechnik. Die Instandhaltung und die Betriebsenergie sind nicht berücksichtigt.

Tabelle 4: Vergleich der Emissionen eines Stahlhochbaus (NEPD No.: 081) mit einem Referenzgebäude

Kriterium	Stahlhochbau (40kg/m ²)*	Referenzwert eines Gebäudes	Anteil Stahl
01 Treibhauseffekt (GWP)	49 kg CO ₂ Äq / m ²	390 kg CO ₂ Äq / m ²	12%
02 Ozonschichtzerstörung (ODP)	6,00 E ⁻¹⁰ kg ODP Äq / m ²	1,26 E ⁻⁰⁷ kg ODP Äq / m ²	0,5%
03 Ozonbildung (POCP)	0,064 kg POCP Äq / m ²	0,169 kg POCP Äq / m ²	38%
04 Versauerung (AP)	0,18 kg SO ₂ Äq / m ²	2,42 kg SO ₂ Äq / m ²	7%
05 Überdüngung (EUT)	0,027 kg PO ₄ Äq / m ²	0,194 kg PO ₄ Äq / m ²	14%
10 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PEne)	616 kWh/m ²	4.400 kWh/m ²	14%

*Da das NEPD aus Norwegen stammt, ist bedingt durch den unterschiedlichen Strommix für den Stahlhochbau in Deutschland mit etwas höheren Werten zu rechnen.

Die obige Tabelle zeigt, dass sich der Einfluss des Stahlhochbaus, mit Ausnahme des Ozonbildungspotenzials POCP, im Bereich von weniger als 15% bewegt. Der höhere Wert für das POCP ist auf die Beschichtung der Stahlprofile zurückzuführen und kann durch Anwendung alternativer Systeme verändert/verbessert werden. Insgesamt wirkt sich die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus für den Stahlbau grundsätzlich positiv aus. Durch die hervorragende Rezyklierbarkeit und die lange Lebensdauer der Stahlanwendungen können bei dieser Betrachtungsweise viele Pluspunkte gesammelt werden.

Des Weiteren macht sich im Bereich Ökologie der Einfluss von Beschichtung und Verbundmaterialien (z. B. PU-Schaum bei Sandwichelementen) erkennbar und sollte nicht unterschätzt werden. Dies ist beispielsweise bei den Risiken für die lokale Umwelt (Kriterium 06) und beim Mikroklima (Kriterium 09) der Fall. Hier zählt sich die Wahl einer möglichst

umweltverträglichen Variante aus. Speziell betroffen ist davon die Gestaltung von Fassaden und Dächern.

2. Ökologischer Vergleich von drei Einfamilienhäusern

Da die Methodik der Ökobilanzierung für die Baupraxis noch nicht gängig ist, werden nachstehend das Vorgehen und die Ergebnisse eines ökologischen Vergleichs von drei Einfamilienhäusern, ausgeführt von Mensinger et al. (2008), erläutert.

Die analysierten Vergleichobjekte wurden gezielt gewählt um den Wohnungsbau abzudecken. Die Ergebnisse dienen somit als Ergänzung zur Studie von Maydl et al. (2007). Hier wurden bereits drei Verwaltungsgebäude u. a. in Stahlskelettbauweise, analysiert.

2.1 Bauobjekte

Die für den Vergleich ausgewählten eingeschossigen Häuser mit Pultdach repräsentieren die Stahl-, Holz- und Massivbauweise und sind in folgenden Bildern dargestellt:



Bild 2: Einfamilienhaus in Stahlbauweise gemäß <http://www.rsb-stahlbau.de/>



Bild 3: Einfamilienhaus in Holzbauweise gemäß <http://www.plan-contor.de/>



Bild 4: Einfamilienhaus in Massivbauweise gemäß <http://www.schmies-rieste.de/>

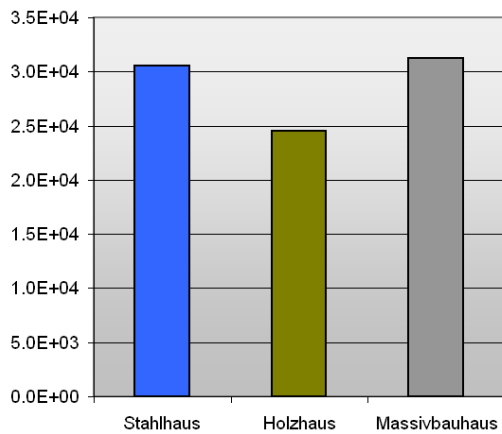
Die Grundfläche der Häuser beträgt 9,6 m auf 8,6 m. Mit dem Pultdach ergibt sich bei der Dachtraufe eine Höhe von 5 m und beim Dachfirst von 7 m. Um die verschiedenen Bauweisen direkt miteinander vergleichen zu können, wurden folgende, für alle drei Häuser, gültigen Annahmen getroffen:

- Keines der Häuser ist unterkellert. Als Gründung wurde eine 20 cm dicke, oberseitig gedämmte Betonplatte angesetzt.
- Für das Dach wurde eine klassische Holz Ausführung gewählt.
- Die Fensterfläche beträgt bei allen drei Bauweisen 16 m². Es werden Holzfenster (U-Wert=1,2 W/m²K) und eine Haustür aus Holz (U-Wert= 1,4 W/m²K) eingebaut.
- Die vertikale Gebäudehülle muss einen minimalen U-Wert von 0,20 W/m²K aufweisen um dem gesamten Niedrigenergiestandard des Hauses von < 60 KW/m² pro Jahr zu erfüllen. Der genaue Aufbau der jeweiligen Fassaden ist in Mensinger et al. (2008) dargestellt.

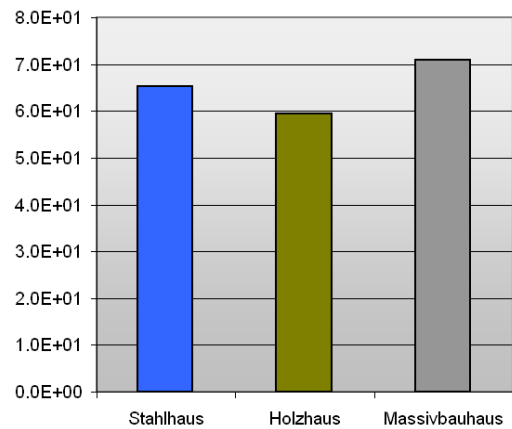
2.2 Grundlagen für die Bilanzierung

Für den Vergleich wurden die Basisdatenbank GaBi sowie die Zusatzdatenbank für Bauwerkstoffe genutzt. Modelliert wurde der gesamte Lebenszyklus im Sinne von „cradle to grave“, d.h. inklusive Herstellung, Transporte, Nutzung und Rückbau. Da die drei Häuser in etwa denselben U-Wert haben, wurde die Betriebsenergie, z. B. Heizung und Lüftung, als konstant bei allen drei Häusern angenommen und daher nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse der Ökobilanz sind in den folgenden Bildern jeweils für das **komplette Haus** dargestellt.

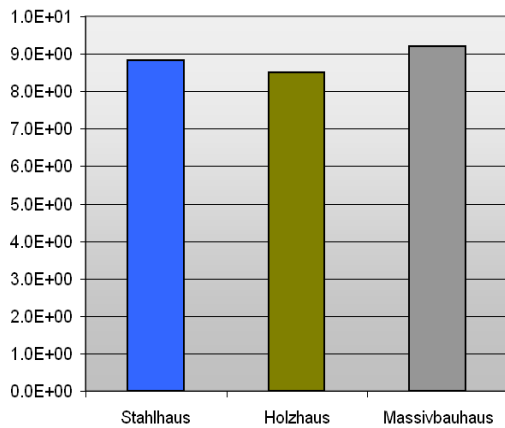
2.3 Ergebnisse des Vergleichs



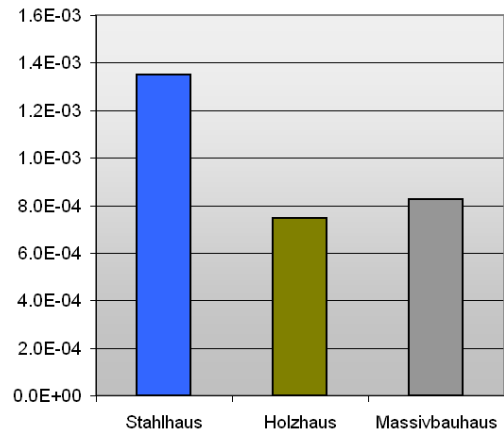
Treibhauspotenzial GWP 100 in [kg CO₂-Äq]



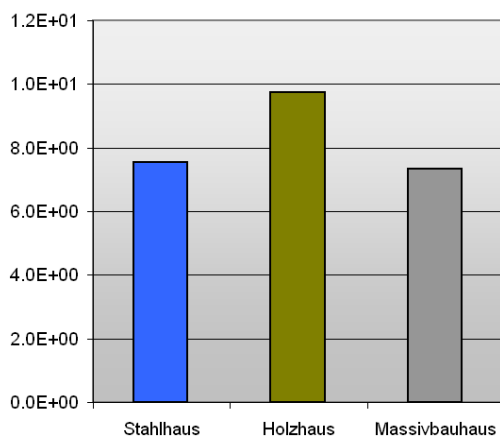
Versauerungspotenzial AP in [kg SO₂-Äq]



Überdüngungspotenzial EUT in [kg PO₄³⁻-Äq]



Ozonzerstörungspotenzial ODP in kg [R11-Äq]



Ozonbildungspotenzial POCP in [kg C₂H₄-Äq]

Bild 5: Emissionen der einzelnen Einfamilienhäuser

Bei den Emissionen - einzige Ausnahme ist das Ozonbildungspotenzial (ODP) - ergibt die Holzhausvariante um 9% bis 48% geringere Umweltbelastungen. Holz wirkt sich hier als nachwachsender Rohstoff äußerst günstig aus.

Die Ergebnisse der Häuser in Stahl- und Massivbauweise liegen bei den Kategorien Treibhauspotenzial (GWP) und bei der Ozonbildung (POCP) in etwa im gleichen Bereich. Bei der Versauerung (AP) und der Überdüngung (EUT) liefert das Stahlhaus um ca. 8% die besseren Werte. Gleichzeitig sind bei der Ozonzerstörung (ODP) die Umweltbelastungen des Stahlbeispiels um rund 40% größer als bei den anderen Häusern. Grund hierfür ist der PU-Schaum in den Sandwichpaneelen.

Betrachtet man die CO₂-Emissionen des Stahlhauses je nach Bauteil (siehe Bild 6), so wird erkennbar, dass die Stahlprofile in der Tragstruktur tatsächlich nur einen sehr kleinen Teil (rund 10%) der CO₂-Belastung verursachen. Die Bodenplatte mit Sauberkeitsschicht, Beton, Bewehrung, Wärmedämmung und Estrich verursachen den deutlich größten CO₂-Ausstoß, gefolgt von den Sandwichpaneelen und der Verbunddecke.

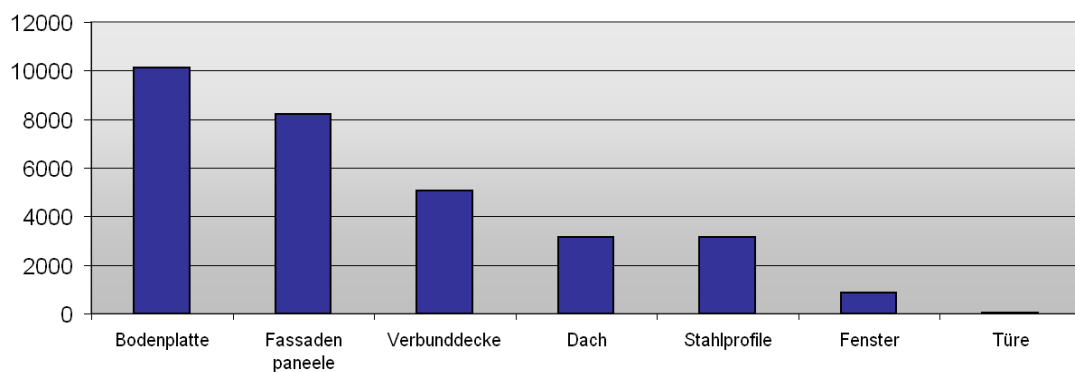


Bild 6: Anteil der einzelnen Bauteile an der CO₂-Belastung in [kg CO₂-Äq] des Stahlhauses

Die Resultate des Energieverbrauch (siehe Bild 7) sind erneut günstig für den Holzbau bemerkbar – die Bilanzwerte sind deutlich geringer als bei der Stahl- und Massivbauweise. Hier macht sich die beim Holz automatisch integrierte Wärmedämmung bemerkbar. Die höheren Werte für die Stahlvariante lassen sich mit der nicht wirklichkeitsgetreuen Abbildung des Recyclingverhaltens in der Datenbank GaBi erklären.

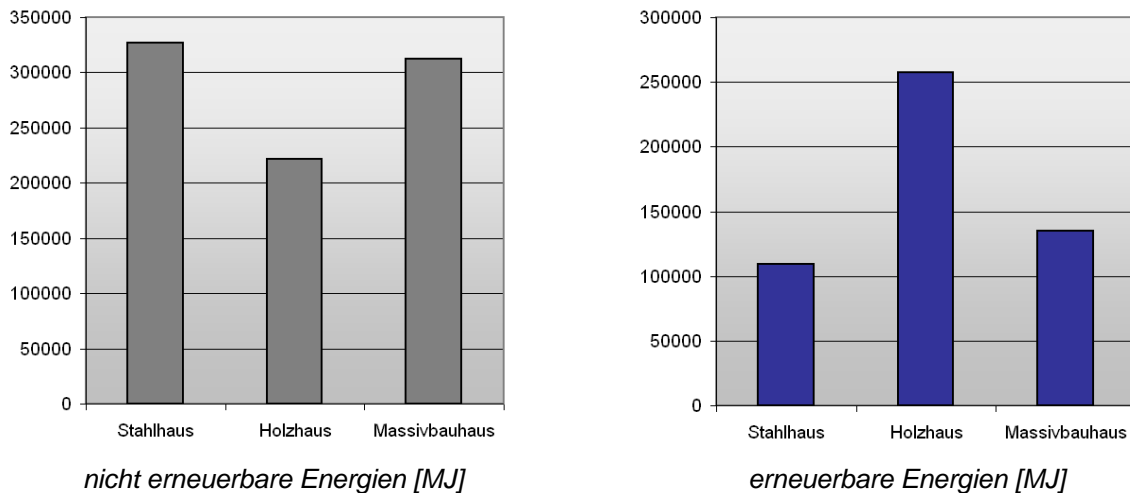


Bild 7: Energieverbrauch der drei Hausvarianten

Vergleicht man nun den Energiebedarf für die Konstruktion des Gebäudes mit dem Bedarf an Betriebsenergie, so werden zwei verschiedene Größenordnungen erkennbar: Tatsächlich hat die Konstruktion lediglich einen Anteil von unter 10% an der Gesamtbilanz (siehe Hewitt (2003) und Radlbeck (2006)). Somit ist der Einfluss der Konstruktionsmaterialien, d.h. Beton, Stahl und Holz, auf die jeweilige Gesamtbilanz äußerst gering. Die Unterschiede relativieren sich somit.

2.4 Schlussfolgerung

Auf Basis des oben durchgeführten Vergleichs können keine konkreten Empfehlungen für oder gegen eine Variante gegeben werden. Die Bewertungsmethodik sowie Umfang und Qualität der verwendeten Daten sind hierfür zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht ausreichend. Zudem hat jede Bauweise positive und negative Aspekte, welche durch intelligentes und effektives Konstruieren zu berücksichtigen sind. Diese Aussagen bestätigen die Empfehlungen von Maydl et al. (2007).

Hinsichtlich Stahl verdeutlichen die Ergebnisse die Bedeutung des Recyclings sowie den Einfluss von Beschichtung und Verbundmaterialien. Zudem wird die direkte Abhängigkeit der Ergebnisse von den verwendeten Massen verdeutlicht. Bei Bewertung der Werte je nach Bauteil wird erkennbar, dass der Einfluss der Tragstruktur verglichen zur Bodenplatte und zur Dämmung geringfügig ist. Der Vergleich mit der Betriebsenergie eines Gebäudes verringert den Stellenwert der Konstruktion bei ökologischen Bewertungen zusätzlich.

3. Fazit

Der Stahlbau weist angesichts der Forderungen aus dem Bereich Nachhaltigkeit deutliche Potenziale auf. Aus ökologischer Sicht sind diese insbesondere durch Eigenschaften wie hohe Festigkeiten und die daraus folgende geringe Masse pro Nutzfläche, Flexibilität, Kreislauffähigkeit und lange Lebensdauer gegeben. Bezogen auf die Prozessqualität wirken sich hohe Vorfertigungsgrade, die staubfreie Bauweise sowie die leichte De-/Montage äußerst positiv aus.

Da das Gewicht bei nachhaltigen Bewertungen insgesamt eine große Rolle spielt, gilt es masseoptimiertes Konstruieren mit Stahl zukünftig stärker zu forcieren. Des Weiteren sollten eine möglichst vollständige Rezyklierbarkeit und eine größtmögliche Flexibilität der Stahlbauteile angestrebt werden. Zudem sollten auch „sekundäre“ Aspekte, wie Beschichtungen, Korrosions- und Brandschutzmaßnahmen etc. hinsichtlich Umweltverträglichkeit, Funktionalität und Dauerhaftigkeit optimiert werden.

Insgesamt ist zu folgern: Der Stahlbau ist aus nachhaltiger Sicht wesentlich besser als sein Ruf. Die Kriteriensteckbriefe bieten für den Stahlbau folglich die Möglichkeit, als ressourcenschonende und nachhaltige Bauweise wahrgenommen zu werden.

Sogar die Holzbranche musste kürzlich eingestehen, dass „Stahl, hoch dauerhaft und wieder verwertbar, in einer innovativen, Material sparenden Form ohne Emissionen für die Innenluft daherkommt, und womöglich mehr Punkte im Nachhaltigkeitsranking als ein vergleichbarer Leimbinder oder sogar Vollholz erhält“ (Buddendick, 2008).

4. Literatur

Buddendick N. (2008): Nachhaltiges Bauen in Deutschland, Holztechnologie 49 (2008) 2, Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH, Dresden.

ecoinvent (2003): Ecoinvent 2003 Software, The Swiss National Life Cycle Inventory Database, 2003, elektronisch veröffentlicht: www.ecoinvent.org [Stand: 08.12.2004].

Eyerer P., H.-W. Reinhardt (2000): Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden – Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung, Bau Praxis, Birkhäuser Verlag, Basel, CH.

GaBi (2008): GaBi Software, Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde, Universität Stuttgart und PE Europe GmbH, Leinfelden-Echterdingen, elektronisch veröffentlicht: www.GaBi-software.com [Stand 08.09.2008].

Hewitt C. (2003): The real deal, sustainable steel, Modern Steel Construction, American Institute of Steel Construction (AISC), Chicago, USA.

Kümmel J. (2000): Ökobilanzierung von Baustoffen am Beispiel des Recyclings von Konstruktionsbeton, Dissertation am Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart.

Maydl P., Passer A., Cresnik G. (2007): Stahl im Hochbau – ein nachhaltiger Werkstoff?, Stahlbau 76 (2007) 4, Ernst & Sohn, Berlin.

Mensinger M., C. Radlbeck, J. Ndogmo, R. Zschokke (2008): Vorstudie: Nachhaltiges Bauen mit Stahl, Lehrstuhl für Metallbau, TU München in Kooperation mit SZS Schweiz, DAST und FOSTA, München.

Radlbeck C. (2006): Ganzheitliche Analyse und Bewertung von tragenden Aluminiumkonstruktionen, Dissertation im Fachgebiet Leichtmetallbau und Ermüdung, TU München, 12.05.2006.