

## Ökologischer Kosten-Nutzenvergleich für Gebäude- und Bauteilsysteme

# Holz ist eine gute Wahl

---

**Daniel Kellenberger\***

Abteilung Technologie und Gesellschaft

**Klaus Richter**

Abteilung Holz

Empa, Dübendorf

\*Korrespondenzautor

(daniel.kellenberger@empa.ch)

### Methode der Ökobilanzierung

Eine Ökobilanz ist, vereinfacht ausgedrückt, das «Umweltprotokoll» eines Produktes. In der *Ziel- und Rahmenfestlegung* wird – unter Einbeziehung aller betroffenen Kreise – entschieden, welche Produkte unter welchen Rahmenbedingungen zu bilanzieren und untereinander zu vergleichen sind. Die *Sachbilanz* quantifiziert verschiedene Arten von Umweltbelastungen, die während des Lebenswegs eines Produktes anfallen, wie Rohstoffentnahmen und Schadstoffausstoss. Die *Wirkungsabschätzung* als dritter Schritt einer Ökobilanz ordnet die Vielfalt an Einzelergebnissen aus der Sachbilanz einer überschaubaren Anzahl von Umweltwirkungskategorien zu (z.B. Treibhaus-effekt, Versauerung, etc.).

Im Rahmen einer Begleituntersuchung zu einem Bauvorhaben in München – dem Entwicklungsgebiet «Friedenspromenade» im Umfeld des alten Flughafens Riem – wurde eine auf Gebäuden basierende ökologische Kosten-Nutzenbilanz mit Hilfe der Methode der Ökobilanzierung erstellt. Fünf Gebäude mit gleichen Abmessungen, errichtet aus unterschiedlichen mineralischen Baumaterialien in Niedrigenergiestandard (Jahresheizwärmebedarf pro Gebäudenutzfläche (JHWB) zwischen 40 und 52 kWh/m<sup>2</sup>a), werden einem Holzrahmenbau in Niedrigenergiestandard (JHWB ca. 21 kWh/m<sup>2</sup>a) und zwei Referenzgebäuden, welche die Mindestanforderung an den Wärmeschutz erfüllen (JHWB von 62 bis 65 kWh/m<sup>2</sup>a), gegenübergestellt. Die Studie sollte Aufschluss darüber geben, ob sich ein Mehraufwand für einen besseren Wärmeschutz und der damit verbundene erhöhte Energiebedarf bei Transport, Herstellung und Entsorgung der Baustoffe rechtfertigen lassen durch die Einsparungen im Heizwärmebedarf über die Nutzungszeit.

### Vorgehen

Das System für das Gebäudemodell ist für die Sach- und Wirkungsbilanz eindeutig beschrieben. Für die Lebensdauer der Gebäude sind 50 Jahre angenommen. Einbezogen sind die heizwär-



Holzrahmenbau in Niedrigenergiebauweise.

merelevanten Aussenbauteile, denn nur diese lassen einen Vergleich der Auswirkungen aus den Materialien mit den Auswirkungen aus dem Betrieb (vorwiegend Heizaufwendungen) zu. Die Transporte der Materialien vom Hersteller zur Baustelle und, nach «Lebensende», vom Gebäude zur Entsorgungsstelle finden im Vergleich ebenfalls Niederschlag. Der Heizbetrieb der einzelnen Gebäude fliesst aufgrund der Nettotransmissionsverluste (Differenz aus Wärmeverlusten und -gewinnen) und der Lebensdauer der Gebäude in den Vergleich ein. Die Lebensdauer der Baumaterialien und -teile sind berücksichtigt. Die Entsorgungsprozesse sind nach Kategorien (Inertstoffdeponie oder Müllverbrennung) erfasst und entsprechend ausgewiesen.



Gebäude an der «Friedenspromenade» mit unterschiedlichen Aussenwandkonstruktionen.

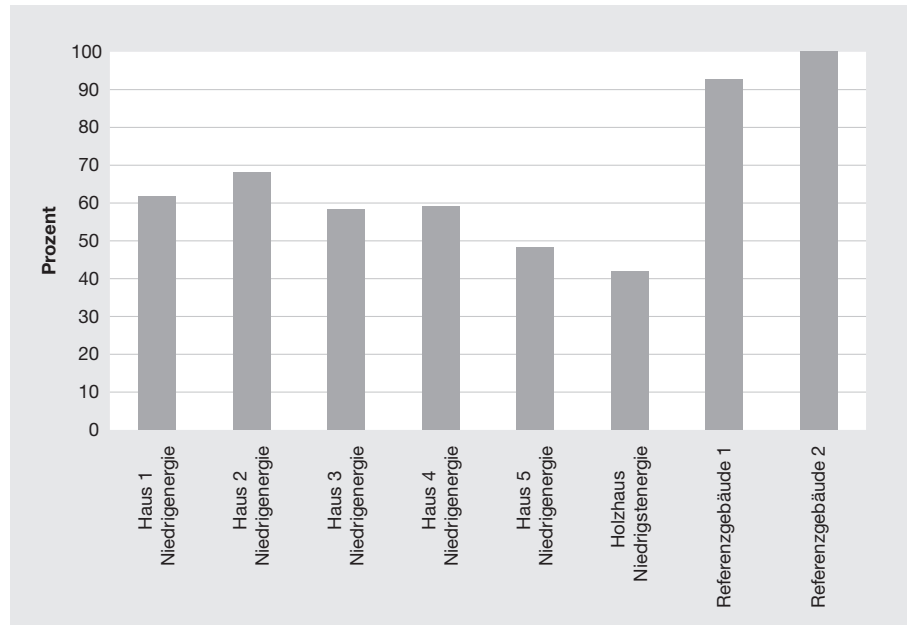
Die funktionelle Einheit für den *Gebäudevergleich* ist die Gebäudenutzfläche in m<sup>2</sup> und für den *Bauteilvergleich* die Bauteilfläche der Aussenbauteile (wärmeübertragende Umfassungsflächen), ebenfalls in m<sup>2</sup> (z.B. Aussenwand). Eine vertiefte Analyse einiger typischer Aussenwandkonstruktionen erlaubten präzisere Aussagen auf Stufe Materialwahl.

Zur ökologischen Beurteilung wurden folgende Indikatoren herangezogen:

- Primärenergiebedarf: alle erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergieträger inkl. Wasser- und Windkraft, exkl. energetisch verwertbare Abfälle, passivsolare Gewinne und Solarenergie aus Kleinanlagen.
- Direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen. Das in Biomasse gespeicherte CO<sub>2</sub> fliesst in die Bewertung ein. Zum Beispiel: Holz speichert in der Wachstumsphase CO<sub>2</sub> aus der Luft, welches bei der Entsorgung (Kompostierung oder Verbrennung) wieder in die Atmosphäre entweicht.
- UBP = Umweltbelastungspunkte. Mit der Methode der ökologischen Knappheit werden definierte Umweltauswirkungen bewertet und in Punkten zusammengefasst dargestellt.

## Ergebnisse

Die Berechnung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Betriebsphase umfasst die notwendige Heizenergie und die für die Energieproduktion und -verteilung notwendige Infrastruktur. Diese ergibt sich aus den Heizwärmebedarfsberechnungen, welche den Wärmeschutznachweisen entnommen wurden. Da die benötigte Heizenergie aller Gebäude durch eine Gasheizung gedeckt wird, ergibt sich eine eindeutige Korrelation zwischen den Bewertungsindikatoren Primärenergiebedarf, CO<sub>2</sub>-Emissionen, UBP und den Energiestandards der Gebäude.

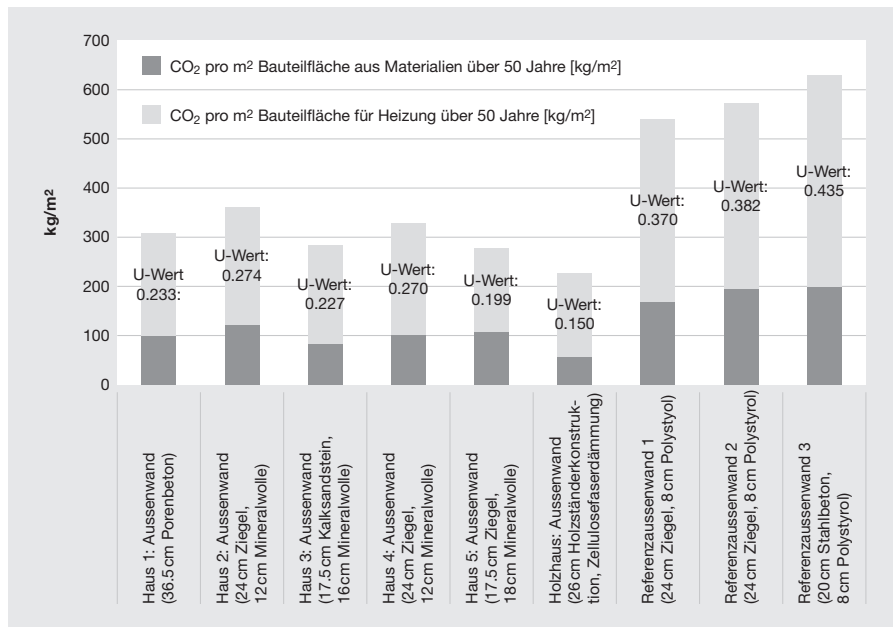


Primärenergiebedarf, CO<sub>2</sub>-Emissionen und UBP aus der Betriebsphase pro m<sup>2</sup> Nutzfläche über 50 Jahre.

Bezüglich Herstellung, Ersatz und Entsorgung aller Bauteile der Aussenhülle über 50 Jahre schliesst das Holzgebäude in Bezug auf den *Primärenergiebedarf* eher schlecht ab. Grund dafür ist der gewählte methodische Ansatz. Dieser besagt, dass die im Holz chemisch gespeicherte Energie nach der Entsorgung immer dem Holz angelastet bleibt, solange unklar ist, ob eine energetische Nutzung nach «Lebensende» tatsächlich erfolgt. Dasselbe gilt für die untersuchte Aussenwand, eine Holzständerkonstruktion mit Zellulosefaserdämmung. Trotz tiefem Primärenergiebedarf in der Betriebsphase liegt der Gesamtprimärenergiebedarf aus den gewählten Materialien und der Betriebsphase des Holzbaus nicht viel tiefer als die Gebäude in Niedrigenergiebauweise (Häuser 1 bis 5).

Die Werte der *CO<sub>2</sub>-Emissionen* aus Produktion, Ersatz und Entsorgung aller Bauteile der Aussenhülle über 50 Jahre liegen für alle Häuser mit Niedrig- und Niedrigstenergiestandard dicht beieinander. Das Holzhaus schliesst nicht besser ab, da die Gutschriften für das Holz durch die Verwendung von Polystyrolämmplatten gegen das Erdreich relativiert werden. Anders sieht es beim Vergleich der Aussenwände aus. Hier schliesst die Holzständerkonstruktion mit Zellulosefaserdämmung mit dem besten Gesamtergebnis ab, da einerseits die Dämmleistung sehr hoch ist und andererseits sich das verwendete Material über den gesamten Lebensweg «fast» CO<sub>2</sub>-neutral verhält.

In Bezug auf den Indikator «*Umweltbelastungspunkte*» schliesst ebenfalls der Holzbau mit Vorteilen ab. Ausschlaggebend dafür ist die geringe Belastung aus Produktion, Ersatz und Entsorgung der Bauteile. Wegen des hohen Anteils an nicht-mineralischen Materialien, die weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral in einer Müllverbrennungsanlage entsorgt werden können, wird Deponievolumen eingespart.



CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg pro m<sup>2</sup> Bauteilfläche der Aussenwände.

Das gleiche Bild ergibt sich aus dem Aussenwandvergleich. Neben den geringen Belastungen aus den verwendeten Holzbauteilen sind ebenfalls die sehr kleinen, nach dem Abbruch zu deponierenden Bauteilmassen ausschlaggebend.

### Fazit

Die Ausgangsfrage, ob sich der bauliche Mehraufwand für besseren Wärmeschutz durch die erzielten Einsparungen im Heizwärmebedarf rechtfertigen lässt, kann nicht allgemeingültig beantwortet werden. Die Untersuchung zeigt, dass die wärmeschutzkonformen Referenzgebäude im Vergleich zu den Gebäuden in Niedrigenergiebauweise und dem Holzbau in Niedrigstenergiebauweise in allen untersuchten Kriterien höhere Werte bei Erstinvestition, Unterhalt und Betriebsphase aufweisen. Um ökologische Ziele zu erreichen, ist es nicht erforderlich, in aufwendige Massnahmen zu investieren. Oft können die angestrebten Zielwerte durch geringfügige Konstruktionsänderungen bei Verwendung konventioneller Baustoffe erreicht werden.

Die Gebäudehülle eines Holzhauses hat gegenüber mineralischen Gebäuden in Bezug auf die Indikatoren CO<sub>2</sub> und UBP Vorteile, weil nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz kommen. Um diesen Bonus nicht zu gefährden, ist es nötig, auf ökologisch problematische Stoffe zu verzichten (z.B. schwermetallhaltige Holzschutzmittel, Polystyrol-Dämmung, vorgehängte Glasfassaden). Werden die Holzbauteile der Gebäudehülle nach «Lebensende» energetisch verwertet, verbessert sich auch das Resultat für den Indikator Primärenergiebedarf markant. Jedoch ist zusätzlich zu beachten, dass die Vorteile der Holzbauweise nicht durch aufwendige Installationen für zum Beispiel den Brand- und Schallschutz aufgehoben werden. Diese sind in dieser Studie nicht erfasst und bewertet.

### Ideen zu Holz – reiche Ernte

(cvb) Mit 139 Eingaben hat die erste Ausschreibung für die Auszeichnung *Neue Horizonte – Ideenpool holz21* eine reiche Ernte eingefahren. Gesucht waren Ideen, die zeigen, wie Holz in Zusammenhang mit anderen Materialien zu hoher Leistung findet, Projekte mit interdisziplinärem Charakter im weitesten Sinne. Auch sollte die Realisierung und damit die Möglichkeit einer Nachprüfung gegeben sein. Neun Eingaben machten das Rennen und erhielten je eine Auszeichnung von 10 000 Franken. Ein Förderbeitrag konnte nicht ausgerichtet werden. Die ausgezeichneten Projekte sind die folgenden.

- 1:1 Wood Works – Ein experimenteller Massivbau
- 3 digital optimierte Produktionsketten im Holzbau
- Bois naturel prépatinée
- Ganzheitliches Energie- und Lüftungsmanagement mit dem Holzfenster
- Flachdachhalle in Holz / Werkgebäude NEAT, Frutigen
- Etable pour 30 vaches, Lignières (Neuenburg)
- Holzelementbau im Blechkleid mit Betonkern, Zürich
- Neubau Verwaltungszentrum Mühlestrasse Ittigen (Bern)
- Pavillon der Verkehrsbetriebe St. Gallen

Einzelheiten zu dieser ersten Runde von *Neue Horizonte – Ideenpool holz21* und zur nächsten Ausschreibung im Jahre 2006 sind unter [www.holz21.ch](http://www.holz21.ch) zu finden.

Charles von Büren  
Präsident der Jury