



Arbeitsbericht 8

Nachhaltigkeit im Bereich Bauen und Wohnen – ökologische Bewertung der Bauholz-Kette

Autor/innen:

Dirk Scheer, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Unter Mitarbeit von

Andreas Feil, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Carolin Zerwer, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Zukunftsmärkte der Forst-Holz-Kette

Die Forst- und Holzwirtschaft steht vor einem Wandel: Im Zuge der Globalisierung verändern sich die Wettbewerbsbedingungen, die Verbraucher stellen neue Anforderungen. Gefragt sind innovative Produkte und Dienstleistungen, aber auch moderne Kooperations- und Managementformen. Ziel des Zufo-Projekts ist es, Entwicklungsmöglichkeiten für Unternehmen und Verbände in der Forst-Holz-Kette aufzuzeigen und gemeinsam mit ihnen umzusetzen. Hierzu untersucht das Projekt **Zukunftsmärkte der Forst-Holz-Kette (ZUFO)** beispielhaft zwei ausgewählte Bauholz-Ketten, nämlich Holzhäuser und Fenster. Von Mai 2005 bis April 2008 bearbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus verschiedenen Disziplinen gemeinsam mit Praxispartnern diese Aufgabe in fünf Modulen:

- **Modul 1** befasst sich mit der Frage, wie das Holzangebot für den Bauholz-Sektor flexibler und nachfrageorientierter gestaltet werden kann. *Bearbeitung durch:* Institut für Forstökonomie (IFE) der Universität Freiburg i.Br..
- **Modul 2** untersucht die Anforderungen und Wünsche der Endkunden wie auch der Baumärkte, Architekten und Handwerker. *Bearbeitung durch:* Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH (IÖW).
- **Modul 3** nimmt Kooperationen innerhalb der Kette in den Blick. *Bearbeitung durch:* Institut für Forstökonomie (IFE) der Universität Freiburg i.Br..
- **Modul 4** betrachtet die Unternehmen selbst, also deren Ressourcen und Fähigkeiten. *Bearbeitung durch:* Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH (IÖW).
- **Modul 5** entwickelt Beratungskonzepte für die Forst-Holz-Kette und baut dabei auf den Erkenntnissen der anderen Module auf. *Bearbeitung durch:* Sozialforschungsstelle (sfs) Dortmund.

Zusammen bieten die Ergebnisse einen ganzheitlichen Blick auf Innovationspotenziale und Veränderungsmöglichkeiten. Die „Praxistauglichkeit“ wird durch die enge Zusammenarbeit mit Unternehmen und Verbänden gewährleistet, insbesondere dem Holzforum Allgäu.

Aktuelle Informationen und Ergebnisse finden sich auf der Projekt-Homepage www.zufo.de.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH

Förderkennzeichen: 033 055 6

Die Autor/innen

Dirk Scheer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des IÖW im Forschungsfeld Ökologische Produktpolitik im Büro Heidelberg. Seine Arbeitsschwerpunkte: Ökologische Produktkennzeichnung, Theorien politischer Steuerung, Innovationen ökologischer Dienstleistungen.

Kontakt: Dirk Scheer, Tel. 06221-649163, E-Mail: dirk.scheer@ioew.de

Andreas Feil war bis zum September 2005 Mitarbeiter des IÖW im Forschungsfeld Ökologische Produktpolitik im Büro Heidelberg.

Carolin Zerwer war bis zum März 2006 Mitarbeiterin des IÖW im Forschungsfeld Ökologische Produktpolitik im Büro Heidelberg.

Inhalt

1. <u>EINLEITUNG</u>	5
2. <u>BEWERTUNG DER FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT</u>	5
3. <u>BEWERTUNG EINZELNER HOLZPRODUKTE IM BEREICH BAUEN UND WOHNEN</u>	7
4. <u>BEWERTUNG EINZELNER LEBENSWEGSTUFEN</u>	13
5. <u>NACHHALTIGES BAUEN MIT HOLZ - UMSETZUNGSHILFEN</u>	15
6. <u>FAZIT</u>	17
7. <u>LITERATUR</u>	18

1. EINLEITUNG

Die Forst-Holz-Kette gilt im Allgemeinen als ein positives Beispiel für Nachhaltigkeit. Dabei spielen insbesondere die Tradition der nachhaltigen Bewirtschaftung des Forstes – woraus der Begriff Nachhaltigkeit ursprünglich entstanden ist –, wie auch der regenerative Charakter des Rohstoffes Holz eine besondere Rolle. Allerdings haben sich Verständnis und daraus abgeleitete Handlungsleitlinien bezüglich des Begriffs Nachhaltigkeit stark verändert. Nachhaltigkeit steht als „regulative Idee“ für einen politisch zu verantwortenden Gesellschaftsentwurf, indem bestimmte Prinzipien wie Generationengerechtigkeit sowie Ausgleich zwischen Natur- und Humansystem prägend sind. Nach diesem Verständnis beruht Nachhaltigkeit auf dem Zusammenwirken der drei Faktoren Umwelt (Ökologie), Wirtschaft (Ökonomie) und Gesellschaft (Soziales), auf deren Grundlage allgemeine und spezifische Zielsetzungen bzw. Handlungsanleitungen zu erarbeiten sind. Im Zentrum der ökologischen Dimension stehen Treibhausproblematik und Ressourcenschonung.

Die derzeitige Bedeutung von Nachhaltigkeit wurde nicht zuletzt durch politische Entwicklungen während der letzten zwanzig Jahre auf nationaler wie internationaler Ebene gefördert. Insbesondere der Umweltgipfel von Rio de Janeiro 1992 hat das Nachhaltigkeitskonzept populär gemacht und Umsetzungsprozesse durch die so genannte Agenda 21 gemäß der Leitlinie „Global denken – Lokal handeln“ initiiert. Im Jahr 1997 wurde auf dem Klimagipfel in Japan das Kyoto-Protokoll beschlossen und trat nach der Ratifizierung Russlands am 16. Februar 2005 in kraft. Es schreibt verbindliche Ziele für die Verringerung des Ausstoßes von Treibhausgasen fest, welche als Auslöser der globalen Erwärmung gelten. Die Leitidee Nachhaltigkeit wurde auf dem Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg 2002 bestätigt und mit dem „Plan of Implementation“ weltweite Umsetzungsmaßnahmen verabschiedet.

Bei der Ausarbeitung von Nachhaltigkeitskonzepten wird in der Regel von konzeptionellen Modellansätzen ausgegangen, um diese für spezifische Anwendungsfelder, Bedürfnisfelder oder wirtschaftliche Sektoren zu konkretisieren – so auch für den Bereich Bauen und Wohnen. Im Folgenden wird die *ökologische Dimension* der Thematik Nachhaltigkeit und Bauholz-Kette aufgegriffen. Ziel ist es, den derzeitigen Stand der Nachhaltigkeitsdebatte zu skizzieren und insbesondere ökologische Nachhaltigkeitseffekte für den Holzbau abzuschätzen, um eine wissenschaftlich untermauerte Richtungssicherheit für die im ZUFO-Projekt intendierte Verbesserung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit mit der markttransformatorischen Substitution von anderen Baumaterialien durch der Baustoff Holz zu gewährleisten. Dabei werden im Einzelnen die ökologische Bewertung der Forst- und Holzwirtschaft, ausgesuchte Bauholzprodukte sowie die Bewertung von verschiedenen ökologischen Lebenswegstufen in den Mittelpunkt gestellt. Daran anschließend werden in sehr kurzer Form existente Umsetzungs Hilfen für nachhaltiges Bauen und Sanieren dargestellt.

2. BEWERTUNG DER FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT

Forst- und Holzwirtschaft und Ökobilanzen – ein schwieriges Verhältnis?

Bei Fragestellungen zur ökologischen Bewertung spielt die Methode der Ökobilanzierung eine herausragende Rolle. Zwar gibt es eine ganze Reihe weiterer Bewertungsmethoden zur Umweltverträglichkeit; die prominenteste ist aber zweifellos das *life cycle assessment (LCA)*.

Ökobilanzen wurden für eine Vielzahl von Holz- und Forstprodukten durchgeführt. Allerdings bleibt zunächst festzuhalten, dass es sich bei der Anwendung von Ökobilanzen im Forst- und Holzbereich offensichtlich um ein teilweise schwieriges Verhältnis handelt. Frühwald (1995) begründet dies damit, dass die insbesondere auf Basis von Materialvergleichen (beispielsweise für Verpackungssysteme) getätigten Ökobilanzen vornehmlich von Experten außerhalb der Forst- und Holzwirtschaft durchgeführt wurden. Experten der Forst- und Holzwirtschaft waren mit diesen Ergebnissen wenig zufrieden. Nach Frühwald beziehen sich die Kritikpunkte insbesondere darauf, dass Ökobilanzen nicht die Realitäten des forstlichen Ökosystems und der holzwirtschaftlichen Praxis zu Grunde legen. Auch existieren methodologische Defizite bezüglich des Umgangs mit erneuerbaren Ressourcen wie Holz im Rahmen der Ökobilanzmethode (Frühwald 1995: 10ff). Inzwischen wurden auf methodischer Ebene Anpassungen der Ökobilanz an Spezifika der Forst-Holz-Kette im Rahmen eines EU COST Projektes („Life-Cycle Assessment for Forestry and Forestry Products – 1997-2001) unternommen. Dies betrifft bspw. die Abschätzung der Umweltauswirkungen durch Bodennutzung im Rahmen der Ökobilanzierung von Forstwirtschaft und Forstprodukten (Schweinle 2002; Schweinle 2000; Muys/Quijano 2002) oder die Integration von verschiedenen Stoffzyklen in Ökobilanzen für Forst- und Holzprodukte (Karjalainen et al. 2001). Allerdings werden die Forst- und Holz spezifischen Anpassungen der Ökobilanzmethode derzeit noch nicht flächendeckend angewendet.

Einen neuen Zugang zur Verwendung der Ökobilanzmethode für Holzprodukte entwickelt das derzeit laufende Forschungsprojekt¹ „ÖkoPot“. Ziele des Projektes sind die Unterstützung der Forst- und Holzwirtschaft bei der Verbesserung der Herstellung und der Vermarktung von Holzprodukten durch die Ausweisung der ökologischen Vorteilhaftigkeit, die Bereitstellung von Orientierungen für (potenzielle) Kunden beim Kauf von Holz-Produkten sowie die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für die Politik für eine zielgenaue Förderung des ökologischen Werkstoffs Holz. Dabei werden Holzprodukte nach ökonomischen, technologischen und ökologischen Aspekten analysiert und charakterisiert. Dieser methodische Ansatz wird als produktbezogene ökologische Potenzialanalyse bezeichnet.

Ökobilanzen und Holzprodukte

Ökobilanzen für Produkte aus dem Rohstoff Holz wurden vielfach durchgeführt. Betrachtet man die relevante Holzverarbeitende Industrie – Bauindustrie, Möbelindustrie, Papierindustrie –, so fällt allerdings auf, dass nicht in allen Branchen Ökobilanzen intensiv zur ökologischen Bewertung genutzt wurden und werden. Im Vergleich der drei Branchen war der Einfluss von Ökobilanzen auf die Papierindustrie am größten. Bedingt durch die teilweise enormen Verbräuche im Papierproduktionsprozess (Wasser, Energie) sowie eine schwach ausgeprägte Umweltsensibilität der Branche wurden eine Vielzahl von Ökobilanzen für Papierprodukte durchgeführt². Anders verhält es sich mit der Möbelindustrie, in der Ökobilanzen bislang kaum eine Rolle spielen und in der das Wissen um die Auswirkungen der Möbelbranche auf die Umwelt nur unvollständig vorhanden ist (Frühwald 1997). In der Holzverarbeitenden Bau(stoff)industrie spielen Ökobilanzen hingegen seit Beginn der 1990er Jahre eine immer wichtiger werdende Rolle.

¹Vgl. <http://www.oekopot.de/>.

² Beispielsweise Axel Springer Verlag et al. 1998; Axel Springer Verlag/UPM-Kymmene 1999; Rafenberg/Mayer 1998; UBA 2000, UBA 2001.

Welche Schlussfolgerungen und Ergebnisse lassen sich aus den Erfahrungen mit Ökobilanzen für Holzprodukte ziehen? Richter (1995) benennt in seiner Beurteilung vorhandener Ökobilanzstudien über Holzprodukte einige wichtige Ergebnisse. So ist der wichtigste Vorteil von Holz im Vergleich zu anderen Materialien dessen Erneuerbarkeit innerhalb des biologischen Systems. Dieser ökologische Vorteil kommt allerdings erst dann voll zum tragen, wenn er mit ökologisch verantwortlichem Forstmanagement und Holzernte einhergeht. Dies ist aber bei weitem nicht in allen geographischen Regionen der Forst- und Holzwirtschaft der Fall. Als Indikator für ökologisches Forstmanagement können die beiden Zertifizierungssysteme FSC (Forest Stewardship Council) und PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) herangezogen werden. Dabei zeigt sich, dass bspw. in Deutschland von einer relativ flächendeckenden Zertifizierung von ökologischem Forstmanagement ausgegangen werden kann³. In anderen Regionen wie z. B. Russland lassen sich deutliche Defizite bezüglich einer flächendeckenden Zertifizierung aufzeigen, die sich auch in immer wiederkehrenden Berichten über forstliche Kahlschläge und Raubbau widerspiegeln.

Ein zweiter wichtiger ökologischer Vorteil von Holzprodukten liegt in ihrem äußerst geringen Einfluss auf die anthropogen verantwortete Erderwärmung. Dieser Effekt würde allerdings noch stärker zum Tragen kommen, wenn die Senkenfunktion von langlebigen Holzprodukten in der LCA-Methodologie stärker berücksichtigt würde. Ein weiterer Vorteil sind die verhältnismäßig kleinen Abfallvolumen, welche bei Holzprodukten anfallen. In der Regel lassen sich Holzabfälle einer thermischen Verwertung zuführen, so dass nur deren Restbestände ggf. aufgrund chemischer Kontamination in speziellen Deponien zu lagern sind. Aufgrund dieser chemischen Rückstände eignen sich viele Restbestände aus Holzprodukten allerdings nicht für weitere Nutzungen (bspw. landwirtschaftliche Düngung). Dies verweist bereits auf die ökobilanziell besondere Bedeutung von chemischen Hilfsmitteln bei der Holzverarbeitung. Die Materialeigenschaften von Holz sind naturgemäß sehr variabel und können nur durch den Einsatz von chemischen Hilfsmitteln verbessert bzw. ‚standardisiert‘ werden (bspw. Verwendung von Holz im Außenbereich). Die chemische Holzbehandlung beeinflusst jedoch negativ das Recyclingpotenzial. Hier zeigen sich deutliche Nachteile gegenüber anderen Baustoffen wie Beton. Aus Sicht einer Ökobilanz kann dies zu unerwarteten Ergebnissen zuungunsten des Rohstoffes Holz führen, zumal in verschiedenen Verwendungsbereichen auch Schwermetallkontaminationen (bspw. Arsen, Chrom) von Bedeutung sind (Nurmi 1995).

Frühwald et al. (2001: 24) fassen die wichtigsten ökologischen Vorteile, die aus Ökobilanzen zu Holzprodukten gewonnen werden konnten, folgendermaßen zusammen: „Produkte aus Holz haben ein sehr gutes ökologisches Profil, weil es sich um einen erneuerbaren Rohstoff handelt, zu ihrer Herstellung wenig Energie benötigt wird, nur geringe Emissionen auftreten und die Produkte nach Gebrauch energetisch verwertet werden können“.

3. BEWERTUNG EINZELNER HOLZPRODUKTE IM BEREICH BAUEN UND WOHNEN

Im Bereich Bauen und Wohnen wurden mit Hilfe von Ökobilanzen einzelne Einsatzbereiche

³ Nach eigenen Angaben von PEFC sind in Deutschland ca. 65 Prozent der Gesamtfläche nach PEFC zertifiziert. Mit Ausnahme von Schutzgebieten in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern sowie Bundesforsten in Schleswig-Holstein und Mecklenburg Vorpommern besitzen mittlerweile alle staatlichen Waldflächen (Bund und Land) eine annähernd vollständige PEFC-Zertifizierung. Die Zertifizierung nach dem FSC-Standard ist derzeit für ca. 5 Prozent der gesamten Waldfläche Deutschlands gültig.

von Holz untersucht; dies etwa im Sinne einer Schwachstellenanalyse oder auch in Form einer komparativen Untersuchung verschiedener Materialien für einen bestimmten Anwendungsbereich. Hier liegen Studien etwa zu Fenstern (vgl. Richter 1996; Schuurmans et al. 1993), Fußböden (vgl. Nebel et al. 2002; Werner/Richter 1997) oder auch dem Gesamtsystem Holzhaus vor. Im Folgenden werden Ergebnisse für die im ZUFO-Projekt relevanten Produktgruppen Holzhaus und Holzfenster dargestellt.

Produktgruppe Holzhaus

Obwohl auch Holzhäuser massenmäßig zum Großteil aus fossilen Baustoffen z.B. für Keller, Bodenplatte, und Dacheindeckung bestehen⁴, bringt die Verwendung des Baustoffes Holz positive Nachhaltigkeitseffekte mit sich. Holzhäuser haben gegenüber Häusern aus anderen Baustoffen folgende Vorteile in den verschiedenen Lebensphasen (Frühwald/Pohlmann 2002):

- Herstellung und Entsorgung: geringere CO₂ Emission durch geringeren Bedarf an fossiler Energie. Stoffliche oder thermische Verwertung der anfallenden Produktionsreststoffe reduziert den Verbrauch fossiler Energieträger und verbessert die Gesamtenergiebilanz. So können bei der Verbrennung von ein kg Bauholz ca. 14 MJ Energie gewonnen werden.
- Lebensdauer: langfristige Bindung von Kohlenstoff (über durchschnittlich 80 Jahre) senkt CO₂ Emission
- Nutzung: geringerer Betriebsenergiebedarf durch energiesparende Konstruktion sowie gesundes Wohnklima

Bei der Bewertung von Holzprodukten mit Ökobilanzen müssen die verbrauchten Material- und Energiemengen nicht nur dem Hauptprodukt (z.B. Schnittholz für Dachstühle), sondern auch den angefallenen Beiprodukten (z.B. Späne, OSB, MDF) zugewiesen werden. So liegt beispielsweise der Gesamtenergiebedarf für den Bau eines Dachstuhls bei 1.412 MJ/m³ ohne Berücksichtigung der Beiprodukte. Zieht man jedoch die beim Dachstuhl anfallenden Nebenprodukte und deren Weiterverarbeitung in bspw. Holzwerkstoffe in Betracht, so reduziert sich bei proportionaler Verteilung der Energieverbrauch auf 988 MJ/m³ (Scharai-Rad/Welling 2002). Dennoch verursachen einige Produktionsschritte in der Wertschöpfungskette Holzhaus – vor allem Sägewerk und Dach – deutlich mehr CO₂ Emissionen als andere (Tab. 1).

Tabelle 1: CO₂-Emissionsquellen für den Rohbau eines Holzhauses der Firma Terra Limes

Emissionsquelle	CO₂ Emission in kg
Forstliche Produktion	53
Sägewerk	2116
Herstellung der Wandelemente	13
Lärche	12
Brettschichtholz-Ringanker	472

⁴ Bei nordamerikanischen Häusern beträgt der Betonanteil je nach Klimazone 73-80 Prozent, bei europäischen Holzhäusern 69-73 Prozent (vgl. Lippke et al. 2004; Pohlmann 2002; Scharai-Rad/Welling 2002)

Emissionsquelle	CO2 Emission in kg
Brettschichtholz-Ständerwerk	328
Wandelemente aufstellen	16
Transport	487
Schrauben, Nägel und Winkeleisen	1507
Dachstuhl	1784
Climate-Chips ⁵	379
Lehmsteine	181
Emissionen gesamt	7353
verbaute Holzmenge	17 t
Energieverbrauch des Hauses	100 GJ

Quelle: Pohlmann 1999: 78

Die schlechte Bewertung bei der Holzbearbeitung im Sägewerk ergibt sich durch einen bestimmten Arbeitsschritt: Die Trocknung von Holz im Sägewerk emittiert infolge der Verwendung von Heizöl große Mengen an CO₂ und trägt zum Treibhauseffekt bei. Um die CO₂ Menge zu reduzieren, können folgende Maßnahmen ergriffen werden (Pohlmann 1999:80):

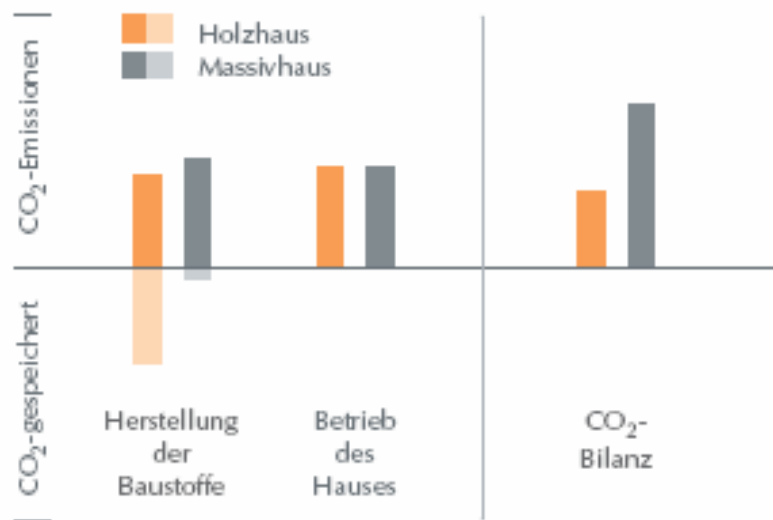
- Verkürzung der Trocknungszeiten.
- Vortrocknung der Hölzer. Durch Freilufttrocknung im Wald oder im Sägewerk kann die Holzfeuchte reduziert werden bevor der Stamm eingeschnitten wird.
- Verwendung von Biomasse (Holz, Fasern etc.) als Heizmedium.

Neben der Herstellung der Baustoffe (44 Prozent) hat auch der Betrieb (43 Prozent) einen großen Anteil am Gesamtenergiebedarf eines Holzhauses (Instandhaltung 10 Prozent, Rückbau 3 Prozent) (Bartolles et al. 2001). Die Heizkosten während der Nutzungsphase sind allerdings vergleichsweise gering, da Holzwände mit integrierter Dämmung trotz der geringen Dicke sehr gute Wärmeschutzeigenschaften aufweisen. Nordamerikanische Einfamilienhäuser in Holzrahmenbauweise beispielsweise verbrauchen 16-18 Prozent weniger Energie als solche in Stahl- oder Betonbauweise und verursachen 26-33 Prozent geringere CO₂-Emissionen (Lippke et al. 2004). Beim Vergleich einzelner Wände aus Holz und Beton betragen die Unterschiede nach Lippke et al (2004) sogar bis zu 38 Prozent weniger Energie, 80 Prozent weniger CO₂ und 164 Prozent weniger Abfall. Bei einer Differenz im Gesamtenergieverbrauch von ca. 20 Prozent verbraucht das Stahlhaus 281 Prozent mehr nichterneuerbare Brennstoffe als das Holzhaus, beim Betonhaus sind es 250 Prozent.

Bau und Betrieb eines Holzhauses verursachen insgesamt weitaus weniger CO₂-Emissionen als bei konventionellen Massivhäusern (Abb. 1). Der Energieaufwand für die Herstellung eines 100 m² Wohnhauses in Holztafelbauweise beträgt beispielsweise nur etwa zwei Drittel von dem der konventionellen Bauweise.

⁵ Dämmstoff aus Holzspänen mit Zementüberzug

Abbildung 1: Vergleich der CO₂ Bilanz von Holz- und Massivhäusern (vereinfacht)



Quelle: Pohlmann 2002: 237

Auch in den Punkten Versauerung, Sommersmog und Eutrophierungspotenzial haben Holzgebäude durchweg geringere Umweltauswirkungen als Stahl- oder Steinbauten (Scharai-Rad/Welling 2002, Pohlmann 2002; Frühwald et al. 2003). So sind die Umweltauswirkungen eines mehrstöckigen Gebäudes aus Stahl mehr als drei Mal so hoch wie die eines vergleichbaren Hauses aus Holz (Scharai-Rad/Welling 2002). Der Vergleich von Lagerhäusern (6 000 m³) aus Holz, Stahl und Beton ergibt ein ähnliches Bild. Ein Lagerhaus aus Holz verursacht die geringsten Emissionen und Umweltauswirkungen über seine gesamte Lebensdauer von 20 Jahren und die Betonhalle die größten. Dabei haben die Nutzungs- und Herstellungsphasen den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch und zeigen die größten Unterschiede in den Umweltwirkungen zwischen den Materialien (Scharai-Rad/Welling 2002).

In einer ökobilanziellen Untersuchung von drei Typen eines Einfamilienhauses wurde der ökologische Vorteil von Holz in verschiedenen Wirkungskategorien nachgewiesen (Frühwald et al. 2003). Als Referenz wurden Haustypen mit ungefähr dem gleichen Wärmedämmfaktor (K-Wert) verglichen. Dabei handelte es sich um einen Haustyp⁶ in Holzrahmenbauweise, um ein Holzblockhaus sowie um ein konventionelles Haus in Massivbauweise. Es wurden zwei Szenarien gerechnet: zum einen ohne thermische Verwertung von Holzabfällen (Fall A); zum anderen mit einer thermischen Verwertung von Holzabfällen (Fall B). Im Ergebnis konnte für Fall A gezeigt werden, dass jener Haustyp mit dem geringsten Anteil an Holz (Massivhaus) die geringsten ökologischen Vorteile besitzt (vgl. Tabelle 2). Im Vergleich der beiden Holzhäuser untereinander zeigte das Haus in Holzrahmenbauweise bessere Werte. Im Fall B zeigte sich, dass alle Haustypen ökologisch verträglicher sind, wenn deren Holzabfälle thermisch verwertet werden. Das Blockhaus bewies dabei die besten Umweltwirkungen.

⁶ Holzhäuser in Rahmenbauweise bestehen aus Holzständern, die von einer Seite zum Beispiel mit Span- oder OSB-Platten beplankt sind. Die Platten der Wände versteifen die Konstruktion, die zusammen mit den Decken für statische Stabilität sorgen. Der Vorfertigungsgrad ist unterschiedlich hoch. Bei Holzhäusern in Blockbauweise hingegen bestehen die Wände aus massiven, durchgehenden Holzbauteile wie Rund-/Kantholz, Bohlen oder Bretter.

Tab. 2: Ökobilanz von drei verschiedenen Haustypen

Haustyp	Wirkungspotential	Einheit	Produktion	Konstruktion	Gesamt Fall A	Gesamt Fall B
Holzrahmenhaus	GWP100	kg CO ₂ eq.	70100.00	24752.00	94852.00	79248.00
	AP	kg SO ₂ eq.	156.37	55.21	211.58	176.78
	EP	kg phosphate eq.	13.32	4.70	18.02	15.0
	POCP	kg ethene eq.	4.03	1.42	5.46	4.56
Blockhaus	GWP100	kg CO ₂ eq.	71546.00	24752.00	96298.00	52957.00
	AP	kg SO ₂ eq.	159.59	55.21	214.81	118.13
	EP	kg phosphate eq.	13.59	4.70	18.30	10.06
	POCP	kg ethene eq.	4.12	1.42	5.54	3.05
Massivhaus	GWP100	kg CO ₂ eq.	85277.00	29702.00	114980.00	108400.00
	AP	kg SO ₂ eq.	190.22	66.26	256.48	241.81
	EP	kg phosphate eq.	16.20	5.64	21.844	20.60
	POCP	kg ethene eq.	4.91	1.71	6.616	6.24

eq. = equivalent (äquivalent)

GWP100 = global warming potentials (Treibhauspotential);

AP = acification potential (Versauerung);

EP = eutrophication potential (Überdüngung);

POCP = photochemical ozone creation potential (Photooxidantenbildung)

Quelle: Frühwald et al.: 2003: 154

Produktgruppe Holzfenster

Auch bei Holzfenstern bestehen Vorteile hinsichtlich auf die ökologische Dimension von Nachhaltigkeit (Richter 1996; Richter/Friedrich 2001; Frühwald et al. 2003). So haben Holzfensterrahmen stoffbedingt bessere Wärmedämmeigenschaften als die im Fensterbau konkurrierenden Materialien Kunststoff und Aluminium. Auch minimiert der Einbau von hochwertigen Holzfenstern – neben der Dämmung der Fassade – Energieverluste und damit den Heizenergiebedarf in Gebäuden. Holzfenster sind bei richtiger Pflege und Wartung mit einer Nutzungsdauer von 50-100 Jahren sehr langlebig und lassen sich relativ einfach recyceln und nach Ende ihrer Lebensdauer in Anlagen der 17. BimSchV thermisch verwerten. Aufgrund der Branchenstruktur besitzen Holzfenster eine hohe regionale Wertschöpfung, wenn einheimisches Holz verwendet wird. Laut der Initiative ProHolzfenster (2003a) ist die Herstellung von Holzfenstern arbeitsintensiver (35 Arbeiter für 10.000 Stück) als die von Kunststofffenstern (19 Arbeiter für 10.000 Stück), was durch die Konzentration auf ein anderes Marktsegment allerdings keinen unmittelbaren Wettbewerbsnachteil darstellt.

Es muss aber auch festgehalten werden, dass zur Erhöhung der Witterungsbeständigkeit des Holzes eine Oberflächenbeschichtung mit chemischer Imprägnierung und pigmenthaltigen Lacken zwingend notwendig ist, die etwa alle 5-10 Jahre anfällt. Der Einsatz chemischer Hilfsstoffe bei Holzfenstern bringt ökobilanziell negative Ergebnisse, wenn auch in der Gesamtschadstoffbilanz deren Anteil vergleichsweise gering ist (vgl. Kap. 4).

Es gibt relativ viele Studien zur Ökobilanz von Fenstern, die meist die Umweltwirkungen der drei am häufigsten verwendeten Materialien – Holz, Alu, Kunststoff – miteinander

vergleichen. Die meisten Studien dieser Art können je nach Interessengruppe breit interpretiert werden und kommen zu dem Schluss, dass keines der Rahmenmaterialien einen klaren ökologischen Vorteil bietet, da alle Schwachpunkte und Optimierungspotenziale aufweisen (PE Europe et al. 2004: 111-131, Kreissig et al. 1997, Thompson 2005).

Die bedeutsamste Phase im Lebenszyklus eines Fensters ist die Nutzung. Der Großteil (ca. 60-95 Prozent) der Umweltauswirkungen, unter anderem der Primärenergieverbrauch, werden nicht von der Produktion und Fertigung der Rahmenmaterialien allein, sondern durch die Wärmeverluste während der Nutzungsdauer des Fensters bestimmt (PE Europe et al. 2004: 76; Friedl 2000: 170; Kreissig et al. 1997). Laut Richter (1996) verursachen die Heizenergieverluste z.B. über 75 Prozent der Treibhauswirkungen des Fensters, und überdecken die Unterschiede bei den Rahmenmaterialien. Die Umweltverträglichkeit von Fenstern kann daher vor allem durch eine sehr gute zusätzliche Wärmedämmung, eine 3-fach-Verglasung und eine qualitativ hochwertige Konstruktion (lange Lebensdauer, einfache Wartung) gesichert werden.

Ein Standardholzfensterrahmen enthält 17-20 kg Holz, 1-3 kg Wasserlack und 3-12 Prozent Klebstoffe (vgl. Scharai-Rad/Welling 2002; Richter/Friedrich 2001). So verbraucht laut Thompson (2005: 3) die Fertigung eines Holzfensters achtmal weniger Energie als ein PVC Fensters. Nach Angaben von Scharai-Rad/Welling (2002) liegt das Versäuerungspotenzial von Holzfenstern 40-47 Prozent unter dem von Alu oder PVC-Fenstern; das Eutrophierungs- und photochemische Ozonbildungspotenzial bei nur 67 Prozent. Das Treibhauspotenzial von Holzfensterrahmen während der 30-jährigen Lebensdauer ist ein wenig höher als bei Alu und PVC aufgrund der erforderlichen mindestens dreimaligen Erneuerung des Anstrichs mit lösemittelhaltigen Farben; bei Betrachtung des kompletten Lebenszyklus aber wieder niedriger als bei den anderen beiden Materialien (Tabelle 3).

Tabelle 3: Vergleich der Umweltauswirkungen der verschiedenen Rahmenmaterialien über den kompletten Lebenszyklus des Fensters

Potenzial	Einheit pro Fenster	Aluminium	PVC	Holz
Rohstoffbedarf (fossile, Mineralien, erneuerbare)	kg	49	54	114
Primärenergiebedarf	MJ	1978	1029	181
Treibhauseffekt	g CO ₂	126.000	46.000	9.000
Versauerung	g SO ₂	1.075	464	4
Photochemische Ozonbildung (Sommersmog)	g C ₂ H ₄ (Ethylen)	236	267	88
Eutrophierung	g PO ₄	34	42	5
Toxizität für Menschen	g DCB	+/o	+/o	++
aquatische Toxizität	g DCB	o/--	+/o	++
Abfallaufkommen		-	-	++
Sondermüll		+/-	+/o	o/--
Energieverlust in der Nutzungsphase	MJ	10.733	10.733	10.733
Recycling		85% Material	70% Material	100% thermisch

Bewertung der Umweltwirkung: -- am höchsten - hoch o mittel + niedrig ++ am niedrigsten

Quellen: Richter 1996, FAO 2002 in Thompson 2005: 20, Defra 2001 in Thompson 2005: 21, Zahlenwerte aus TU Wien 1997 in PE Europe et al. 2004: 124

Durch das geringere Gewicht (27 kg, 40 Prozent leichter als PVC, 16,5-33 Prozent als Alu, 17 Prozent als Holz-Alu) und kürzere Wege ist laut Scharai-Rad/Welling (2002) auch die Umweltbeeinträchtigung durch den Transport für Holzfenster am geringsten.

Das bei der Produktion anfallende Restholz und die recycelten Altfenster (ohne Glas und Metall) können als regenerative Energieträger in kleineren, dezentralen Anlagen sinnvoll verfeuert werden und fossile Quellen ersetzen (Scharai-Rad/Welling 2002). Das Altfensteraufkommen lag 1998 bei 14-15 Mio. Fenstereinheiten (FE) oder ca. 350.000 t Altholz in einer sehr heterogenen Mischung. Die 30-100 Jahre alten Fensterrahmen sind häufig noch mit Holzschutzmitteln und schwermetallhaltigen Lacken belastet, was zu Problemen beim Verbrennen führt. Das Entfernen der Beschichtung von Altfenstern vor dem Verbrennen ist zwar möglich, aber laut Richter/Friedrich (2001) nicht wirtschaftlich. Dennoch konnten bereits 1998 95 Prozent der Altfenster mit einem Energiegehalt von 5.250.000 GJ ohne Belastung durch Arsen, Blei, Bor, Chrom oder Kupfer verbrannt werden (Kirmayr/Hansen 1998). Da die Altfenster nicht mit modernen Holzfenstern vergleichbar sind, sollte sich dieses Problem langfristig von selbst lösen. Mittelfristig muss allerdings das Herstellungsdatum der Altfenster zur Einschätzung der Belastungssituation berücksichtigt werden.

Fenster als Teil der Gebäudehülle haben einen großen Anteil an der Heizwärmebilanz eines Gebäudes. Ein Haus verliert 15 Prozent der Wärme durch Lüften und 85 Prozent durch Transmission, davon 50 Prozent durch die Fenster (Kaufmann et al. 2002: 14). Durch die Sanierung von veralteten Fenstern können jährlich bis zu 24 kWh Heizenergie pro m² oder 16,8 Prozent des Heizenergiebedarfs eingespart werden, was immerhin 4 Prozent der CO₂-Emissionen von 2000 oder 36 Mio. Tonnen entspricht (Kaufmann et al. 2002). Dies ist besonders wichtig, denn 35 Prozent des gesamten deutschen und 77 Prozent des Haushalts-Energiebedarfs in Altbauten (die 75 Prozent des deutschen Gebäudebestandes ausmachen) entfällt auf die Wohnraumheizung. Innovative Neubauten hingegen verbrauchen weniger als 10 Prozent ihrer Energie für Heizung und Warmwasser (Erhorn 2004). Da die Gebäudeheizung einen Anteil von 30-33 Prozent am CO₂-Austoß hat, können Fenstersanierungen einen wichtigen Beitrag zur Einhaltung der Kyoto-Protokoll-Verpflichtung leisten (Senkung der Emissionen um 21 Prozent bis 2008/12) (vgl. Erhorn 2004).

4. BEWERTUNG EINZELNER LEBENSWEGSTUFEN

Neben einer ganzheitlichen Bewertung der Forst- und Holzwirtschaft bzw. einzelnen Bauholzprodukten mittels einer Ökobilanz fokussieren diverse Untersuchungen auch auf die Analyse einzelner Lebenswegstufen oder ökologische Problemdimensionen. Im Folgenden werden diesbezüglich beispielhaft die Aspekte Transportketten und die Berücksichtigung von Schadstoffen in Wohngebäuden skizziert.

Transportketten – die vernachlässigte Größe?

Zimmer et al. (2004) haben strukturelle Veränderungen der Holztransportketten analysiert. Vor dem Hintergrund eines zunehmend liberalisierten und sich globalisierenden Marktes findet ein teilweise enormer Zuwachs der Transporte und Transportvolumina statt – dies betrifft auch die Forst- und Holzwirtschaft. Die Autoren fassen derzeitige Trends

folgendermaßen zusammen (ebd. 4ff):

- Verlagerung von arbeitsintensiven Prozessen und Produktionen in östliche Länder aufgrund des Lohngefälles.
- Zunahme der Sortimente, die über den Handel laufen. Während in anderen Branchen (bspw. Automobilwirtschaft) ein deutlicher Trend zur vertikalen Integration zu beobachten ist, zeichnet sich die Holzindustrie durch eine Entwicklung hin zu mehrfach gebrochenen Produktionsketten aus. Gerade im Bereich Handel vermehren neue Zwischen- und Großhändler die Anzahl von Transporten.
- Nachfrage nach zertifizierten Hölzern: Die Nachfrage nach umweltfreundlichen Hölzern, die mit FSC oder PEFC zertifiziert sind, kann im Einzelfall die durch Transporte hervorgerufenen Umweltbelastungen erhöhen.

Die auf einer Befragung von holzbe- und -verarbeitenden Unternehmen beruhenden Ergebnisse der Studie zeigen, dass der LKW das mit Abstand wichtigste Transportmittel in der Holzindustrie ist. Über 88 Prozent der Transporte von Holz und Holzprodukten werden mit dem LKW getätigt. Die mittlere Transportentfernung beträgt 253 km. Die durchschnittliche Entfernung für Holztransporte auf der Schiene liegt mit 275,5 km nur unwesentlich höher (ebd.: 18). Daraus ist zu schließen, dass LKWs auch auf längeren Strecken für Holztransporte eingesetzt werden. Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass die Transportentfernungen im Vergleich zu älteren Untersuchungen teilweise deutlich höher liegen (mit Ausnahme von Brettschichtholz-Produkten). Auffallend sind dabei hohe Transportentfernungen für Produkte mit geringem Warenwert wie bspw. Industrieresthölzer in der Holzwerkstoff- oder der Zellstoffindustrie, welches auf eine verstärkte Konkurrenzsituation hindeutet. Festzuhalten bleibt, dass das in der nachhaltigen Forst- und Holzwirtschaft oftmals proklamierte „Holz des kurzen Weges“ im Massenmarkt kaum realisiert wird – mit negativen Auswirkungen auf die ökologischen Vorteile von Holzprodukten. Allerdings muss auch betont werden, dass die durch Ökobilanzen ermittelten negativen Umweltwirkungen sich nur zu einem sehr geringen Teil auf den Transport zurückführen lassen.

Von der Ressourcen- und Energiebilanz zur Schadstoffbilanz von (Holz-)Häusern

Zur ökobilanziellen Betrachtung von (Holz-)Gebäuden liegt mittlerweile eine Reihe von Studien vor. In der Regel werden dabei Stoff- und Energieumsätze vom System Haus entlang des gesamten Lebensweges und der damit verbundenen ökologischen Wirkungen untersucht. Je nach Untersuchungsperspektive stehen Berechnung und Abschätzung des Ressourcenverbrauchs, des Verbrauchs erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energie oder die Wirkungen von Luftschadstoffemissionen (z.B. CO₂-Emissionen für den Treibhauseffekt) im Mittelpunkt.

Die Berücksichtigung von Schadstoffen, die direkt in einzelnen Bauteilen oder Materialien vorhanden sind, hat dagegen noch kaum Interesse gefunden. Graulich (2000) hat diese Problematik aufgegriffen und schadstoffbezogene Bilanzierungen nachträglich in zwei bereits bestehende Gebäudebilanzierungen (Massivhaus in konventioneller Bauweise und Holzhaus in Holzständerbauweise) integriert. Die Studie bilanziert für fünf ausgewählte Baustoffe – Farben und Lacke, Holzschutzmittel, Klebstoffe, Dichtungsmittel und Zement – die enthaltenen gefährlichen Inhaltsstoffe. Die Ergebnisse der Wirkungsabschätzungen für beide Haustypen sowie unterschiedliche Produktalternativen (Produkte mit geringem gegenüber

Produkte mit hohem Gefahrstoffpotenzial) werden in zwei Szenarien zusammengefasst. Zum einen werden für beide Gebäude nur diejenigen Produkte berücksichtigt, deren Gefahrenpotenzial am niedrigsten ist („Best-Case-Szenario“); zum anderen werden nur jene dem höchsten Gefahrenpotenzial betrachtet (Graulich 2000: 121). Im Best-Case-Szenario beträgt die Gesamtmenge an Schadstoffen im Referenzhaus zwischen 12,0 und 55,8 kg; für das Holzhaus betragen die Schadstoffmengen 10,5-87,8 kg. Ganz anders stellt es sich im Worst-Case-Szenario dar: Die Schadstoffmengen betragen für beide Gebäudetypen zwischen 261,9 und 413,4 kg. Fragt man nach den holzwirtschaftlich zu verantworteten Schadstoffen (Holzschutzmittel), so zeigt sich allerdings, dass deren Anteil am Gesamtschadstoffaufkommen gering ist. Die Hauptverantwortung für die Schadstoffmengen tragen Klebstoffe (insbesondere für Steinzeugplatten) und Dispersions- und Deckfarbe. Während beim Best-Case-Szenario die verwendeten Holzschutzmittel überhaupt keine Schadstoffe emittieren, so liegt deren Anteil beim Worst-Case-Szenario für das Holzhaus zwischen ca. 4,2 und 5,5 Prozent. Daraus ist zu schließen, dass Schadstoffe, hervorgerufen durch die Verwendung des Rohstoffes Holz bzw. dessen Zusatzstoffe, von sehr geringer Bedeutung sind.

5. NACHHALTIGES BAUEN MIT HOLZ - UMSETZUNGSHILFEN

Nachhaltiges Bauen im Marktsegment Neubau oder Bestand steht bereits seit längerem auf der Agenda von Entscheidungsträgern in Politik und Wirtschaft. Zwar gilt die Ökobilanzmethode hinsichtlich ihrer Ergebnisqualität als eine der elaboriertesten und aussagekräftigsten Methoden, für konkrete Umsetzungsmaßnahmen und Entscheidungshilfen gilt sie aber auch als aufwendig und komplex. Vor diesem Hintergrund sind einfacher handhabbare Methoden und Hilfsmittel von größerer Bedeutung für nachhaltiges Planen, Bauen und Bewirtschaften von Bauwerken. Neben ordnungsrechtlichen Vorgaben insbesondere zu energieeffizienten Aspekten (z. B. Energieeinsparverordnung) stehen Strategien und Instrumentarien zur Förderung von Anreizmechanismen und Kompetenzaufbau im Mittelpunkt. Es wurden eine Vielzahl von unterschiedlichen Planungs- und Bewertungstools speziell für eine am Nachhaltigkeitsparadigma orientierten Bau- und Immobilienwirtschaft entwickelt.

Tabelle 3 führt unterschiedliche Instrumente, deren Gegenstandsbereich sowie adäquate Beispiele für die spezifische Realisierung des entsprechenden Instrumentariums auf. Das Spektrum dieser Hilfsmittel und Handlungsanleitungen ist sehr groß. Es reicht von ökologischen Bewertungsinstrumenten (Produktdeklarationen, Qualitäts- und Umweltzeichen, Gebäudepass) über Positiv-/Negativlisten bis hin zu EDV-basierten Planungstools.

Tab. 3: Hilfsmittel und Instrumente für nachhaltiges Planen, Bauen und Bewirtschaften

Instrument	Gegenstand	Beispiele
unbewertete bzw. bewertete Produkt-Deklarationen	<ul style="list-style-type: none"> - Bauprodukte - Bauhilfsstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> - Raster für Produkt-Deklarationen SIA 493 (Schweiz) - Produkt-Deklarationen der Bayerischen Architektenkammer (Deutschland)
Güte- und Umweltzeichen für Produkte	<ul style="list-style-type: none"> - Bauprodukte (z.B. Farben, Spanplatten) - Bauteile (z.B. Fenster) - Systeme (z.B. Heizkessel, Solaranlagen, Wasserspararmaturen) - Technologien/Baumaschinen (z.B. emissionsarme Fahrzeuge) 	<ul style="list-style-type: none"> - Umweltzeichen „Blauer Engel“ (Deutschland) - EU-Umweltzeichen (Europäische Union) - AUB-System

Positiv- und Negativlisten	<ul style="list-style-type: none"> - Bauprodukte - Bauhilfsstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> - Ergebnisse der Fachzeitschrift „Öko-Test“ (Deutschland)
Empfehlungs- und Ausschlusskriterien	<ul style="list-style-type: none"> - Bauprodukte - Bauhilfsstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> - Ökologie im Bau. Entscheidungshilfen zur Beurteilung und Auswahl von Baumaterialien, J. Schwarz, Bern (Verlag Paul Haupt) 1998, 4. Auflage
Element-Katalog	<ul style="list-style-type: none"> - Teile (funktionelle Einheiten) von Bauwerken im eingebauten Zustand (repräsentieren den Aufwand für materielle und energetische Vorstufen, die Herstellung der Bauprodukte, ihren Antransport zur Baustelle sowie den Aufwand für Verarbeitung/Einbau auf der Baustelle = Bauprozesse) 	<ul style="list-style-type: none"> - SIA D0123 Hochbaukonstruktionen nach ökol. Gesichtspunkten (Schweiz) - F 2249 Der Primärenergieinhalt der Baukonstruktionen ... (Deutschland) - Element-Katalog der Edition AUM zu LEGOE (Deutschland) - Element-Katalog der Uni Krems (Österreich)
ökologisch orientierte Ausschreibungshilfen	<ul style="list-style-type: none"> - Leistungsbeschreibungen 	<ul style="list-style-type: none"> - ökologische Submissionsunterlagen (Schweiz)
Energieausweis	<ul style="list-style-type: none"> - Beschreibung (und Bewertung) der energetischen Qualität von Bauwerken - ggf. getrennt für Bauwerkshülle und/oder Heizungstechnik 	<ul style="list-style-type: none"> - Wärmebedarfsausweis nach WSV0'95 (Deutschland) - Energiepass Heizung/Warmwasser (IWU) - EPASS (Hauser; Hausladen) - Energiebedarfsausweis nach EnEV
Gebäudepass (Objekt-Dokumentation)	<ul style="list-style-type: none"> - Bauwerke - Angaben zu Geometrie und Kubatur - Angaben zu Art und Menge von Baustoffen - Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz - Gesundheitsschutz, Umweltschutz - Soll-Werte für Energie- und Wasserverbrauch - Hinweise für Wartung, Pflege, Erneuerung, Abriss 	<ul style="list-style-type: none"> - Gebäudepass im Leitfaden für Nachhaltiges Bauen (BMVBW) - Gebäudepass in der Hausakte (BMVBW)
Objekt-Beispiele (best practice)	<ul style="list-style-type: none"> - Gebäude mit guten/vorbildlichen Lösungen (Fallbeispiele) - technische Einzellösungen mit Demonstrationscharakter 	<ul style="list-style-type: none"> - GBC'98-Beispielgebäude – deutscher Beitrag
Leitlinien	<ul style="list-style-type: none"> - Formulierung von Zielen, Grundsätzen und Leitbildern 	<ul style="list-style-type: none"> - Umwelt-Leitfaden für Architekten – Deutschland - Leitfaden Nachhaltiges Bauen – BMVBW/Deutschland
Checklisten	<ul style="list-style-type: none"> - differenziert nach Verwendungszweck/Anwendungsfall z.B. spezifisch für Gebäudearten - Checkliste Planung von Wohngebäuden; z.B. spezifisch für Kriterien/Ziele - z.B. Checkliste energiesparendes Bauen; z.B. spezifisch für Einzelaktivitäten - z.B. Checkliste Wartung der Heizung, u.a.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Checklisten für energiegerechtes, ökologisches Planen u. Bauen (Schweiz)
Güte- und Umwelt-Zertifikate für Gebäude (assessment)	<ul style="list-style-type: none"> - Gebäude 	<ul style="list-style-type: none"> - total-quality-assessment (Österreich) - BREEAM (UK) - ECO-home (UK) - Umwelt-Index für Bauwerke (Niederlande) Darstellung als Profil - Rating e-top (Schweiz) - GBTool (international)
komplexe Planungs- und Bewertungshilfsmittel (tools)	<ul style="list-style-type: none"> - Komplexe Planungs- und Bewertungshilfsmittel unterstützen unmittelbar die Entscheidungsfindung. Es handelt sich i.d.R. um interaktive Werkzeuge, die sowohl Berechnungs- als auch Bewertungsmethoden umfassen und teilweise direkt oder indirekt mit Datenbanken verknüpft sind. 	<ul style="list-style-type: none"> - GABI – built it (Deutschland) - LEGOE (Deutschland) - OGIP (Schweiz) - ECOTECH (Österreich) - ECOQUANTUM (Niederlande) - ENVEST (UK)

Quelle: zusammengestellt aus Lützkendorf 2002

6. FAZIT

Aus der vorangegangenen Analyse der ökologischen Bewertung der (Bau-)Holzkette lassen sich einige relevante Schlussfolgerungen ziehen, die im Folgenden thesenartig zusammengefasst werden:

Flächendeckende Ökobilanzierung in der Forst- und Holzwirtschaft erst am Anfang

Eine flächendeckende und alle relevanten Holzbe- und -verarbeitungsbranchen umfassende Anwendung von Ökobilanzierungen und deren methodische Anpassung an Branchenspezifika sind derzeit noch nicht vorhanden. Während es zu einer Vielzahl von Produkten in der Papierindustrie vornehmlich von staatlichen Stellen initiierte Ökobilanzergebnisse gibt, die auch bereits Eingang in unterschiedliche instrumentelle Ausgestaltungen haben (z.B. Verpackungsverordnung, Umweltzeichen), liegen Ökobilanzen im Bereich Bauindustrie nur für ausgewählte Bauholzprodukte wie Holzfenster, Fußböden, Holzhäuser oder Holzwerkstoffe (z.B. Spanplatte) vor. Gerade für den Bereich Holzwerkstoffe existieren jedoch noch erhebliche Wissensdefizite insbesondere im Hinblick auf neuere Produktlinien wie Verbundwerkstoffe (z.B. Wood-Plastic-Composites). Für die Möbelbranche hingegen liegen relativ wenige Ökobilanzergebnisse vor. Hier steht eine systematische Durchführung einer ökologischen Bewertung erst am Anfang.

Rohstoff Holz ökologisch sinnvoll – Produktionsprozesse beeinträchtigen jedoch positive Bilanz

Die vorliegenden ökologischen Bewertungen zu unterschiedlichen Holzprodukten weisen tendenziell nach, dass es sich bei dem Rohstoff Holz im Vergleich zu konkurrierenden Materialien um das umweltverträglichste Material handelt. Dieser Startvorteil beruht insbesondere auf zwei grundlegenden Stoffeigenschaften: Speicher- und Senkenfunktion von Holz(-produkten) sowie Holz als nachwachsender Rohstoff. Allerdings wird dieser Vorteil durch verschiedene Be- und Verarbeitungsprozesse entlang des Lebensweges beeinträchtigt. Dies betrifft insbesondere die Verarbeitungsprozesse im Sägewerk mit der sehr energieintensiven Holz Trocknung, die in der Regel über fossile Energieträger abgewickelt wird. Daneben ist das durch strukturelle Veränderungen des Marktes bedingte steigende Transportaufkommen über LKW-Gütertransport als ökologisch nachteilig zu bewerten.

Je nach Verwendung treten ökologische Vorteile in den Hintergrund

Trotz des prinzipiell guten Umweltprofils von (Bau-)Holzprodukten treten diese je nach Verwendung in den Hintergrund. Ein anschauliches Beispiel ist das Holzfenster. Obwohl das Rahmenmaterial Holz Vorteile gegenüber anderen Rahmenmaterialien wie PVC oder Aluminium besitzt, kommt dessen ökologisches Profil – zumindest hinsichtlich der Energiebilanz – nur bedingt zum Tragen. Da die Wärmeschutzfunktion weniger vom Rahmen als von der Glasisolierung abhängt, wird das Umweltprofil der Rahmenmaterialien vernachlässigbar.

Beim komplexen Produkt Holzhaus sieht dies allerdings anders aus. Hier zeigen Ökobilanzergebnisse eindeutig, dass Holzhausbauweisen gegenüber einer konventionellen Massivbauweise ökologisch sinnvoller sind.

Vielzahl von Umsetzungshilfen existent – aber auch marktrelevant?

Ökologisches Bauen unter Verwendung des umweltfreundlichen Rohstoffes Holz steht seit

geraumer Zeit auf der Agenda von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Es wurden mittlerweile eine Vielzahl an Umsetzungshilfen für Planer, Architekten, Bauherren und Beschaffer entwickelt. Allerdings stellt sich die Frage, ob die Vielzahl existierender Umsetzungshilfen auch wirksamen Einfluss auf die Marktentwicklung hat. Der eigenen Einschätzung nach sind die zahlreichen Hilfsmittel zwar existent, für eine umfassende Markttransformation zugunsten des Baustoffes Holz aber kaum relevant. Hier besteht beträchtliches Potenzial, diese Umsetzungshilfen deutlicher bei Entscheidungsträgern im Bau zu verankern, etwa durch Integration in Ausbildungs- und Qualifizierungscurricula. Zum anderen finden andere „Stellschrauben“ wie bspw. die Setzung politischer Rahmenbedingungen und die Förderung wettbewerbsfähiger Produktinnovationen derzeit noch zu wenig Beachtung.

7. LITERATUR

- AXEL SPRINGER VERLAG/STORA ENSO/CANFOR (1998): Bewertung ökologischer Lebensläufe von Zeitungen und Zeitschriften (Kurzfassung der Studie), o. O.
- AXEL SPRINGER VERLAG/UPM-KYMMENE (1999): User-Friendly Environmental Data for Paper Rolls, o.O.
- BARTOLLES, R./FRÜHWALD, A./POHLMANN, C. (2001): Planungsmethoden zur Reduzierung des Gesamtenergiebedarfes von Wohngebäuden mit Hilfe von Ökobilanzen – Abschlussbericht Fachhochschule Bremen, Fachbereich Architektur – Universität Hamburg, Holztechnologie.
- ERHORN, H. (2004): Europäischer Energiepass – Neue Chance für den Fenster- und Fassadenbau. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Bauphysik [Internet: <http://www.frontale.de/main/Fensterforum-Text-Erhorn.pdf?id=pdf-ds8lfjgm&type=lib> – Besuch vom 31.1.06]
- FRIEDL, E. (2000): Entwicklung innovativer, umweltgerechter Konstruktionen und Produktionstechniken für Holzfenster. Rosenheim: Institut für Fenstertechnik
- FRÜHWALD, A. (1995): LCA – a challenge for forestry and forest products industry, in: Frühwald, Arno/Solberg, Birger (1995): LCA – a challenge for forestry and forest products industry – EFI Proceedings No. 8, p. 9-14.
- FRÜHWALD, A. (1997): Ökobilanzen für Möbel – schon heute ein Thema?, In: Holz-Zentralblatt, Jg. 123, Nr. 5, S. 53-54.
- FRÜHWALD, A./POHLMANN, C./WEGENER, G. (2001): Holz: Rohstoff der Zukunft – nachhaltig verfügbar und umweltgerecht (Informationsdienst Holz; Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung und Holzabsatzfonds), München.
- FRÜHWALD, A./POHLMANN, C. M. (2002): Nachhaltiges Bauen mit Holz (Informationsdienst Holz; Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung und Holzabsatzfonds), München, Bonn.
- FRÜHWALD, A./WELLING, J./SCHARAI-RAD, M. (2003): Comparison of wood products and major substitutes with respect to environmental and energy balances, in: Strategies for the sound use of wood - Seminar Proceedings, Poiana Brasov, Romania, 24-27 March 2003; S. 149-160.

- GRAULICH, K. (2000): Vom Niedrig-Energiehaus zum Niedrig-Schadstoffhaus, Werkstattreihe Nr. 128 des Öko-Instituts, Freiburg: eigene Veröffentlichung.
- INITIATIVE PROHOLZFENSTER e.V. (2003): Materialvergleich bei Fenstern – Holz, Holz-Alu, PVC. [Internet: <http://www.taketoolbase.de/proholzfenster.de/fileadmin/2003/materialvergleich.pdf> – Besuch vom 28.06.06]
- KARJALAINEN, T./ZIMMER, B./WELLING, J., SCHWAIGER, H./FINÉR, L./CORTIJO, P. (2001): Energy, Carbon and Other Material Flows in the Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products: Achievements of Working Group 1 of the COST Action E9, Discussion Paper 10 (European Forest Institute), Joensuu.
- KAUFMANN, B./FEIST, W./JOHN, M./NAGEL, M. (2002): Das Passivhaus - Energie-Effizientes-Bauen. In: Holzbau Handbuch. Reihe 1 Teil 3 Folge 10 des Informationsdiensts Holz. München: DGfH und Bonn: Holzabsatzfonds
- KIRMAYR, T./HANSEN, M. (1998): Verwertungskonzepte für Holzfenster. Abschlußbericht. Rosenheim: Institut für Fenstertechnik
- KREISSIG J./BAITZ, M./BETZ, M./STRAUB, W./EYERER, P. (1997): Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden. Forschungsbericht. Stuttgart: Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde (IKP)
- LIPPKE, B./WILSON, J./PEREZ-GARCIA, J./BOWYER, J./MEIL, J. (2004): CORRIM: Life-Cycle Environmental Performance of Renewable Building Materials. In: Forest Products Journal 54(6): 8-19
- LÜTZKENDORF, T. (2002): Nachhaltiges Planen, Bauen und Bewirtschaften von Bauwerken: Ziele, Grundlagen, Stand und Trends Bewertungsmethoden und – hilfsmittel (Kurzstudie für das BMVBW im Auftrage des BBR), Karlsruhe.
- MUYS, B./QUIJANO, J. G. (2002): A new method for Land Use Impact Assessment in LCA based on the ecosystem energy concept, internal report, 2002 (vgl. <http://www.agr.kuleuven.ac.be/lbh/lbni/forecoman/pdf/land%20use%20method4.pdf>)
- NEBEL, B./WEGENER, G./ZIMMER, B. (2002): Ökobilanzierung Holzfußböden. München: HFM, 2. Auflage
- NURMI, A. J. (1995): Disposal of CCA treated waste wood by combustion, in: Frühwald, Arno/Solberg, Birger (1995): LCA – a challenge for forestry and forest products industry – EFI Proceedings No. 8, S. 99-104.
- PE EUROPE GmbH, Institut für Kunststoffkunde und Kunststoffprüfung (IKP), Institut für Produktentwicklung (IPU), DTU, RANDA GROUP (2004): Life Cycle Assessment of PVC and of principal competing materials. Final Report. Brüssel: European Commission. [Internet: http://europa.eu.int/comm/enterprise/chemicals/sustdev/pvc-final_report_lca.pdf – Besuch vom 23.1.06]
- POHLMANN, C. M. (1999): Ökobilanz für den Rohbau eines Holzhauses. Diplomarbeit an der Universität Hamburg. Fachbereich Biologie.
- POHLMANN, C. M. (2002): Ökologische Betrachtung für den Hausbau – Ganzheitliche Energie- und Kohlendioxidbilanzen für zwei verschiedene Holzhauskonstruktionen. Dissertation an der Universität Hamburg. Fachbereich Biologie.

- RAFENBERG, C./MAYER, E. (1998): Life-Cycle Analysis of the Newspaper Le Monde, in: The International Journal of Life Cycle Assessment Vol. 3 Nr. 3 (1998), S. 131-144.
- RICHTER, K. (1995): Life-Cycle Analysis of Wood Products, in: Frühwald, Arno/Solberg, Birger (1995): LCA – a challenge for forestry and forest products industry – EFI Proceedings No. 8, p. 69-77.
- RICHTER, K. (1996): Ökologische Bewertung von Fensterkonstruktionen verschiedener Rahmenmaterialien (ohne Verglasung). Dübendorf: EMPA-SZFF [Internet: <http://www.window.de/szffabs.htm> – Besuch vom 28.06.06]
- RICHTER, K./FRIEDRICH, S. (2001): Fenster aus Holz – Fenster aus PVC. Kurztexte und Gliederung der einführenden Referate. Informationstagung Fenster aus Holz-Fenster aus PVC am 8. Mai 2001 in der Technischen Universität München. [Internet: <http://www.unister.de/Unister/wissen/skripte/download.html> – Besuch vom 23.1.06]
- SCHARAI-RAD, M./WELLING, J. (2002): Environmental and energy balances of wood products and substitutes. Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations [Internet: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/004/Y3609E/y3609e00.htm – Besuch vom 28.06.06]
- SCHUURMANS, A. (1993): An environment paragraph of window-frames. Research of possibilities for environmental criteria in certification. Sittard. Intron report 93017
- SCHWEINLE, J. (ed.) (2000): Assessment of Environmental Impacts caused by Land Use in the Life Cycle Assessment of Forestry and Forest. Products - Final Report Working Group 2 "Land use" of COST Action E9.Hamburg: Max Wiedebusch Komm.-Verlag, 96 S. = Mitteilung Bundesforschungsanstalt Forst- Holzwirtschaft, Hamburg, Nr. 209.
- SCHWEINLE, J. (2000): Methoden zur Integration des Aspektes der Flächennutzung in der Ökobilanzierung. Hamburg: Max Wiedebusch Komm.-Verlag, 121 S. = Mitteilung Bundesforschungsanstalt Forst- Holzwirtschaft, Hamburg, Nr. 202.
- THOMPSON, C. (2005): Window of Opportunity – The environmental and economic benefits of specifying timber window frames. WWF [Internet: http://www.greenspec.co.uk/pdf/windows_0305.pdf – Besuch vom 23.1.06]
- UBA (Umweltbundesamt) (2000): Ökobilanzen für graphische Papiere: Vergleich von Verwertungs- und Beseitigungsverfahren für graphische Altpapiere sowie Produktvergleiche für Zeitungsdruck-, Zeitschriften- und Kopierpapiere unter Umweltgesichtspunkten, Berlin (UBA-Text 00/22).
- UBA (Umweltbundesamt) (Hg.) (2001): Ökobilanz Getränkeverpackungen für alkoholfreie Getränke und Wein. Berlin.
- WERNER, F./ RICHTER, K. (1997): Ökobilanzen von Holzparkettböden. Dübendorf: Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA).
- ZIMMER, B. (2004): Analyse der Transportketten von Holz, Holzwerkstoffen und Restholzsortimenten als Grundlage für produktbezogene Ökobilanzen. München/Kuchl: Studie im Auftrag der DGfH Innovations- und Service GmbH.

Der vorliegende Text ist ein Arbeitsbericht aus dem ZUFO-Verbundvorhaben. Alle weiteren Berichte stehen Ihnen auf der Projekthomepage www.zufo.de kostenlos zum Download zur Verfügung:

Arbeitsbericht 1
Arbeitsbericht 2
Arbeitsbericht 3

Download: www.zufo.de/xxx

Beteiligte Institute

Institut für Forstökonomie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg:

"Ökonomisches Handeln in der Forstwirtschaft" ist der Gegenstand unseres wissenschaftlichen Arbeitens in Forschung, Lehre, Weiterbildung und wissenschaftliche Praxisberatung. „Ökonomisches Handeln in der Forstwirtschaft“ wird von uns dabei in einem umfassenden Sinne verstanden: Im Rahmen eines sozio-ökonomischen Ansatzes begreifen wir unsere Forschung als problemorientiert und angewandt. Forstbetriebe betrachten wir hierbei als Teilsysteme eines durch Interdependenzen gekennzeichneten gesellschaftlichen Gesamtsystems, dessen Dynamik und Komplexität als Hintergrund forstlichen Handelns abgebildet werden soll. In unserer Forschung spielt daher auch die interdisziplinäre Arbeit im Team eine zentrale Rolle.

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung:

Als eine der führenden Einrichtungen auf dem Gebiet der anwendungsorientierten Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung erarbeitet und begutachtet es wissenschaftliche Konzepte für politische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Akteure. Das zentrale Anliegen des Instituts ist es, die Wirtschaftswissenschaften für ökologische Fragestellungen zu öffnen. Seit seiner Gründung im Jahr 1985 entwickelt das IÖW Methoden und Instrumente, um politische Rahmenbedingungen und wirtschaftliches Handeln umweltverträglicher zu gestalten. Schwerpunkte unserer Arbeit sind innovatives Umweltmanagement in Unternehmen, die Erweiterung der Ansätze zur ökologisch-ökonomischen Bewertung, ökologisch wie ökonomisch tragfähige Stadtentwicklungs- und Verkehrskonzepte, nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung, die Entwicklung von neuen Methoden und Instrumenten einer ökologischen Produktpolitik, umweltorientierte Konsumforschung sowie nachhaltige Energiewirtschaft und Klimaschutz.

Landesinstitut Sozialforschungsstelle Dortmund (sfs):

Dem Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen zugeordnet, forscht, berät und evaluiert ein interdisziplinäres Team von Arbeits- und SozialwissenschaftlerInnen, ÖkonomInnen, PädagogInnen, StatistikerInnen, IngenieurInnen und InformatikerInnen zu aktuellen Fragen in der Arbeitswelt. Einen wichtigen Anteil nehmen dabei Verbund- sowie netzwerkartig organisierte Forschungs- und Beratungsprojekte ein. Neben anwendungsorientierter Grundlagenforschung, beispielsweise zur Arbeitsgestaltung und zum Arbeitsschutz, berät die Sozialforschungsstelle u.a. zu neuen Produktionskonzepten oder im Weiterbildungsbereich, evaluiert die Einführung von Öko-Audits, untersucht die Auswirkungen der Multimedia-Technologie und beschäftigt sich mit frauenspezifischer Arbeitsmarktpolitik, mit Gesundheitspolitik oder der Zukunft der Mitbestimmung.

Holzforum Allgäu:

In dieser Regional-Organisation der Holzwirtschaft waren von Anfang an ALLE Mitglieder der Wertschöpfungskette vertreten: vom Staatsforst und Privatwaldbesitzer über Säger, Zimmerer, Holzbauunternehmer und Schreiner bis hin zum Architekten. Grundgedanke des e. V. ist es, das heimische Holz und die daraus entstehenden Produkte – vom Baum bis zum fertigen Möbel oder Haus – zu fördern und durch die Kontakte zwischen den einzelnen Branchen neue Absatzmöglichkeiten herzustellen. Eine optimale Zusammenarbeit bedeutet, dass kostensparend und sinnvoll produziert werden kann. Darüber freut sich nicht nur der Verbraucher, sondern auch die vielen tausend Menschen, die im Allgäu von der Holzwirtschaft leben. Durch den Zusammenschluss des Holzforum Allgäu ist es möglich, Die Qualität von Allgäuer Holz noch zu steigern und dabei den Aufwand zu reduzieren - so erhalten unsere Kunden nicht nur ein ungewöhnlich hochwertiges und langlebiges Produkt, sondern handeln im Sinne der Umwelt und stärken unsere Allgäuer Betriebe.

