

# Rohstoffverwendung in Nutzungskaskaden

Hochwertige Wiederverwendung statt thermischer Verwertung

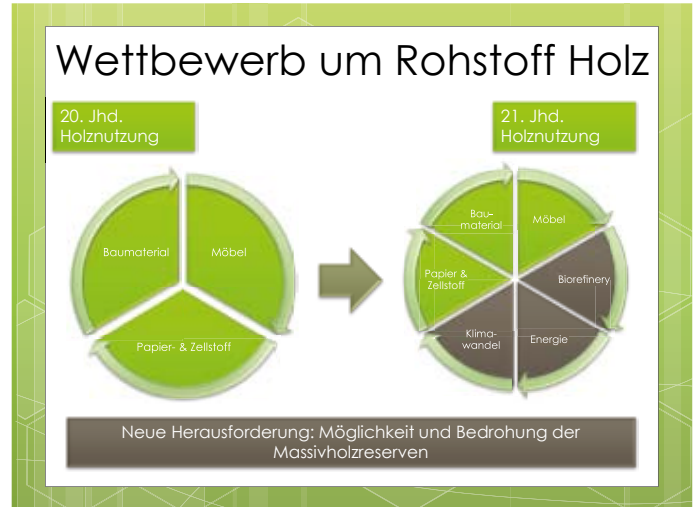
Steigende Rohstoffpreise beim Holz aber auch die Thematik der möglichst langfristigen und ressourceneffizienten Nutzung von hochwertigen Werkstoffen und Bauteilen aus Massivholz (Träger aus Brettschichtholz, Tafeln aus Brettsperrholz, Holzrahmenbauelemente) sind wichtige Zukunftsfragen des nachhaltigen Bauens mit Holz. Um nachhaltige Produkte mit geringen Umweltwirkungen zu produzieren, muss ihr Lebenszyklus vorausschauend auf Nutzung und Unterhalt und gleichzeitig vom Lebensende aus rückwärts gedacht und geplant werden. Die Betrachtung des Lebenszyklus von Holzprodukten und Holzbauten umfasst damit automatisch deren Abbruch, Abtransport, Bewirtschaftung und Deponierung am Lebensende. Momentan wird am Lebensende ausschließlich thermisch verwertet. Das darf aus gesellschaftlichen, ökonomischen und insbesondere ökologischen Erwägungen nicht so bleiben, denn die Frage nach der Ressourceneffizienz verlangt breitere Lösungsansätze.

**Autoren:**  
Annette Hafner,  
Stephan Ott,  
Stefan Winter,  
TU München, Lehrstuhl für Holzbau  
und Baukonstruktion

## Problem und Herausforderung Recycling und Ressourcenverwendung von Holz

Die möglichst verlustarme Nutzung erneuerbarer stofflicher Ressourcen über den Lebenszyklus, insbesondere des Holzes, muss auf europäischer und nationaler Ebene verstärkt werden. Um die Holznutzung wird inzwischen auf vielen Ebenen gerungen. Neben den traditionellen Anwendungsgebieten der Papierindustrie und bei den Holzprodukten für Bau und Ausbau kommen Rohstoffansprüche durch die energetische Nutzung von Holz sowie den biochemischen Verwertungswegen, die auch als „biorefinery“ bezeichnet wird. Die beiden

noch recht jungen Konkurrenten um die Rohstoffbasis blicken auf eine steigende Nachfrage, die sich beispielsweise im Bereich der energetischen Nutzung nicht mehr nur aus der Verwertung von Alt- und Restholz befriedigen lässt. Die biorefinery beschränkt sich nicht mehr nur auf die Verwertung der Reststoffe der Zellstoffproduktion sondern frägt mehr und mehr reine Rohstoffe nach. Deshalb müssen in allen Teilbereichen des holzverarbeitenden Sektors neue Wege zur Sicherung einer möglichst breiten Rohstoffbasis und damit zu langfristig stabilen Rohstoffpreisen beschrritten werden. Gerade die Bereiche der energetischen Nutzung von Holz und „biorefinery“ haben vordergründig den Vorteil von größeren Gewinnmargen und weniger langfristigen Schwierigkeiten als der Sektor des Bauens mit Holz.



Das Erschließen neuer Rohstoffvorräte auf Basis einer effizienteren Forstwirtschaft ist in Mitteleuropa begrenzt und durch das Prinzip der Nachhaltigkeit auch in anderen Teilen der Erde nicht beliebig steigerbar. Eine nicht dem Prinzip der Nachhaltigkeit unterliegende Holzerschließung muss grundsätzlich abgelehnt werden. Darum muss das Ende der Produktkette im Holzbau genauer betrachtet werden. Durch eine gezielte Verlängerung des Materiallebenszyklus, insbesondere für Produkte aus Massivholz, und eine konsequente Kaskadennutzung werden zusätzliche Rohstoffquellen für neue Produkte erschlossen. Sorgsame Planung und Vermeidung von Schadstoffen sowie intelligente Konzepte zur Wiederverwendung oder Recycling von wertvollen Materialien am Ende eines Produktlebens

Abb. 1: Veränderung der Wettbewerbssituation um Rohstoffnutzung im Sektor Holz

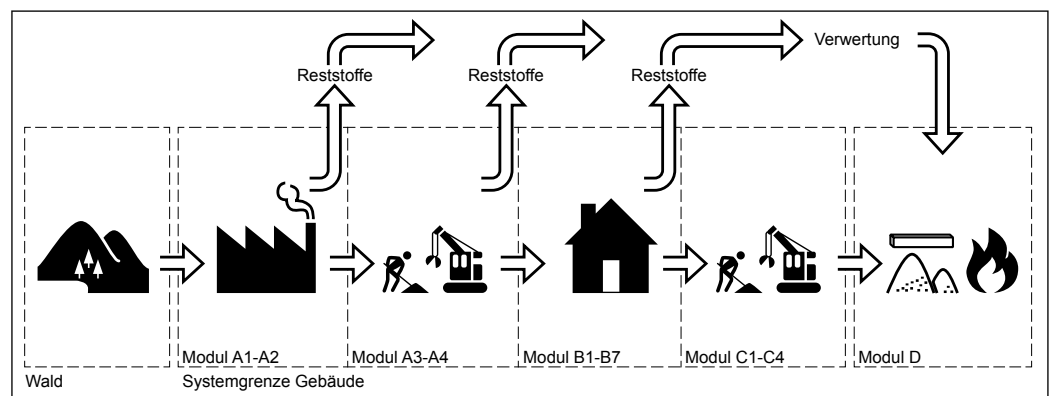


Abb. 2: Reststoffe oder Residuen in den unterschiedlichen Phasen des Produktlebenszyklus

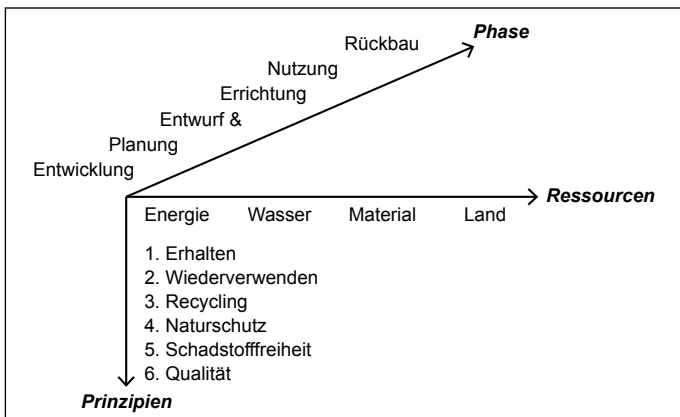


Abb.3: Frühes Modell zur Nachhaltigkeit im Bauwesen in Anlehnung an Kibert.

können die Menge der thermisch verwerteten Reststoffe stark verringern. Im Holzverarbeitenden Sektor sind die Potenziale einer effizienten Kaskadennutzung nur in den horizontalen Verwertungswegen ausgeprägt und bleiben daher weitgehend ungenutzt. Die vertikale Integration über den gesamten Lebenszyklus von Materialien ist hingegen stark entwicklungsfähig. Ein zentrales Augenmerk muss auf einer stufenweisen Desintegration der Qualität des Ausgangsrohstoffes Massivholz liegen. Die parallel zu den Produktlebenszyklen stattfindende Desintegration vom Massivholz zu Spänen und Fasern sollte vor jedem neuen Verarbeitungsprozess im Lebenszyklus geprüft werden, da mit jedem Desintegrationsschritt natürliche Materialeigenschaften verloren gehen und durch Substitute (Binder, Füll- und Klebstoffe) aufwändig ersetzt werden müssen. Um die hohen normativen Qualitätsanforderungen an unsere heutigen und zukünftigen Holzprodukte

zu erfüllen, sind sowohl Industrie als auch die Forschung dazu aufgerufen die Wiederverwertbarkeit von Produkten zu verbessern.

Alle beschriebenen Konzepte und Maßnahmen, sowie vertieftes Wissen in den vorher genannten Bereichen sind notwendig, um die Werkstoff- oder Ressourcenbasis zu vergrößern und die Wirtschaftlichkeit der Verwertungsschritte zu gewährleisten bzw. marktfähige Recyclingprodukte aus dem Material zu entwickeln.

### Rückbau- und Verwertungskonzepte in der Theorie

Noch gibt es viel mehr offene Fragen im Bereich des Rückbaus und der Verwertung der stofflichen Ressource Holz, als konkrete und praktizierte Lösungen. Im Baubereich findet die stoffliche Wiederverwertung von Holz in bescheidenem Rahmen im Bereich der Denkmalpflege statt; bei der Sanierung mit (Teil-) Austausch geschädigter Konstruktionen.

In der Praxis der Neubauplanung spielt der zukünftige End-of-Life keine Rolle. Selbst der Bauwerksunterhalt mit seinen Wartungszyklen spielt eine nachgeordnete Rolle, obwohl noch während der Nutzung des Bauwerks bereits Bauteile rückgebaut und ersetzt werden müssen. Die Planung des Rückbaus (Design for Deconstruction = DfD) begleitet von der Zerlegung (Design for Disassembly = DfD) oder der Wiederverwendung (Design for Redesign = DfR) befinden sich deshalb noch in den Anfängen und bewegen sich lediglich auf der konzeptionellen und theoretischen Ebene. Darum sollen in diesem Rahmen zwei konzeptionelle aber fundamentale Modelle kurz vorgestellt werden. [Crowther 2001]

Das konzeptionelle Modell lieferte 1994 Charles J. Kibert, das sich auch in leicht abgewandelter Weise in der Struktur zur Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden in

der EN 15643 Teil 1 wiederfindet. [Kibert 1994], [DIN EN 15978:2011] In Kiberts Modell in Abbildung 3 wird, ausgehend vom status quo der Bauphasen aber auch darüber hinaus, das Bauwerk mit einem eigenen Lebenszyklus wahrgenommen, dessen Zyklus aus Werden und Vergehen verschiedene Wirkungen beinhaltet. Die zweite Richtung definiert das Gesamtsystem, aus dem die Ressourcen entnommen werden und für das die Schutzziele abgeleitet werden müssen. Sie fordern die Rücksicht der gebauten Umwelt auf die natürliche Umwelt und sind im Kontext der damaligen Zeit stark auf den Umweltschutz bezogen. Die dritte Richtung bezieht sich auf die Umsetzungsstrategien und Handlungsfelder zur Erreichung der Schutzziele. Das Gesamtmodell fordert somit die Anwendung der Strategien in allen Bereichen des Lebenszyklus um die grundlegenden Schutzziele zu erfüllen.

Das zweite Modell, das im Prinzip das planerische Vorgehen seit der Neuzeit dominiert, geht zurück auf Schichtungen von technischen und funktionalen Ebenen im Bauwerk. Diese Theorie der Unterteilung der materiellen Struktur eines Bauwerks wurde im Wesentlichen im 20. Jahrhundert von mehreren Forschern erarbeitet und weiterentwickelt und von Crowther zusammengefasst. [Crowther 2001]

Das Schichtenmodell eines Bauwerks unterscheidet sich danach in den technischen und funktionalen Schichten, vergleiche Abbildung.

1. Technisch/Konstruktive Schichten
  - a. übernehmen die Tragfunktion/Standsicherheit
  - b. bestimmen den Ressourcenverbrauch durch Materialwahl und Bauweise
  - c. sind relevant für die Lebensdauer des Bauteils
  - d. sind vorwiegend langlebiger und immobil
  - e. können robust und schwer gebaut werden.

Anzeige

**Lohnabbund und Massiv-Holz-Mauer**  
aus Sachsen

**Abbundzentrum Dahlen GmbH & Co. KG**

Gewerbestrasse 3  
04774 Dahlen  
Tel.: +49 (0) 34361 - 532 52  
Fax: +49 (0) 34361 - 532 53



- Massiv
- Ökologisch, ohne Leim
- Gesund und behaglich
- Schnell
- Direkt vom Hersteller
- Freies Bauen

**Internet: [www.abbund-dahlen.de](http://www.abbund-dahlen.de); E-Mail: [info@abbund-dahlen.de](mailto:info@abbund-dahlen.de)**

## 2. Funktionale Schichten

- sind Nutzungsbezogen / Nutzerabhängig
- bestimmen Ressourcenverbrauch durch Wiederverwendung oder Recycling
- sind vorwiegend kurzlebig und mobil
- müssen materialsparend und leicht gebaut sein

Diese Aufteilung der Schichten und ihre Abfolgen bilden unmittelbar die Lebensdauer ab und müssen in der Planung aus dementsprechenden Wartungs-, Instandhaltungs- und Rückbauszenarien konzipiert werden und mit den schonendsten Verwertungsszenarien kombiniert und optimiert werden. Durch das geplante Zusammenwirken von Schichten lassen sich Bauteile und Komponenten besser gegeneinander abgrenzen und Verbindungen für den Rückbau planen, vgl. Abbildung 3.

Die Frage, wie viel Treibhauspotenzial mit welcher Konstruktionsschicht verursacht werden darf, kommt damit ebenfalls zum Tragen. Die häufig zu tauschenden, äußeren Schichten können in ihrem Lebensweg ein höheres GWP-Potenzial pro kg Stoffmasse im Verhältnis zur langlebigen Schicht aufweisen. Dann sollten sie aber im Modul D der DIN EN 15978 positive Vermeidungsszenarien geltend machen können. Andernfalls führen hohe Umweltwirkungen und geringe Nutzungsdauern zu beträchtlichen Belastungen.

Beispielsweise darf Holz als Tragschicht sehr lange im Bauwerk bleiben, weil es ein CO<sub>2</sub> Speicher ist und dieser möglichst groß sein sollte. Dann muss sehr genau auf die Dauerhaftigkeit der Bauteile und Konstruktionen geachtet werden. Wodurch der konstruktive Holzschutz an Bedeutung gewinnt, da die Alterung trockenen und geschützten Materials sehr gut sein kann, wie man an unzähligen mittelalterlichen Dachstühlen bestens feststellen kann.

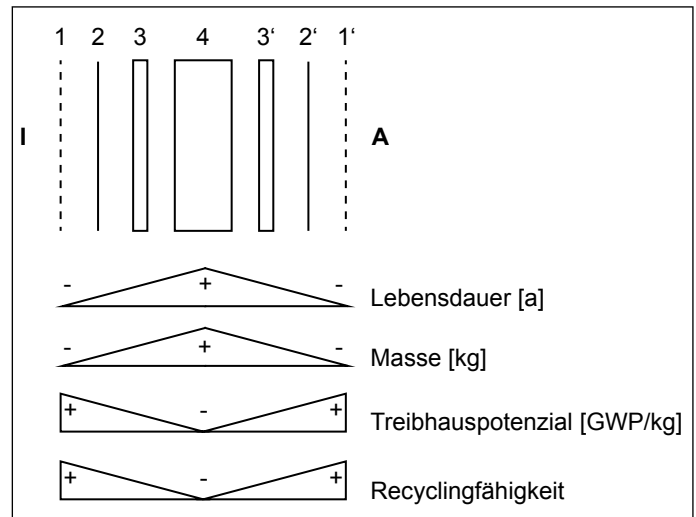
Bei Bauteilen aus Stahl oder Stahlbeton muss eine Tragschicht ebenfalls lange in Gebrauch bleiben, weil weniger Treibhauspotenzial bei der ansonsten nötigen Neuproduktion von mineralischen Baustoffen entsteht würde. Damit wenig Material verbraucht wird und deshalb auch weniger Treibhauspotenzial entsteht, müsste die materialreduzierte Bauweise im Massivbau wieder mehr an Bedeutung gewinnen.

Das (Alters-)Schichtenmodell ist nur ein exemplarischer methodischer Ansatz für die Planungspraxis. Die weiteren Ansätze werden von den Autoren momentan untersucht, sowie die Fragestellungen zu Lebensdauer, Wartungs- und Wechselintervallen etc.

### Produkt- und Materiallebenszyklen aus Sicht des End-of-Life

Die verschiedenen Möglichkeiten zur Verlängerung des Produkt- und Materiallebenszyklus und der folgenden Weiterverwertung:

- Verlängerung der Lebensdauer und Dauerhaftigkeit (Gebäude)
- Bestandsinformation durch Gebäudepass etc.
- Wartungsfähigkeit, Instandhaltbarkeit, Reparaturfähigkeit, Ersetzbarkeit (Oberflächen außen und innen)
- Modularität (Tragwerkskonzepte, Bauteil-/Komponentenaufbau und Fertigungsmöglichkeiten)
- Demontierbarkeit auf Gebäudeebene (Verbindungs-mittel)
- Recyclingorientierte Rückbauweisen (Bestandsaufnahme, Mengenerfassung, Vorqualifizierung der Stoffe)
- Trennbarkeit auf Modulebene durch Wahl des Verbindungsmittels (Schrauben, Nägel, Klammern)
- Sortierbarkeit in Stofffraktionen (Vermeidung von Verbundwerkstoffen)
- Vereinfachte Reststoffbewirtschaftung (Schadstofffreiheit)



- Vorwiegende Altholzfraktion Klasse A1 (unbehandelt und unbelastet) und A2 (verleimt, beschichtet aber ohne Holzschutzmittel)
- Materialeigenschaften (Festigkeit, etc.),

Abb. 4: Prinzip eines theoretischen Schichtenmodells anhand einer Wandkonstruktion von innen nach außen, mit Stoffmassen und Treibhauspotenzialen.

Die aufgeführten Punkte sind nicht holzbauspezifisch, vielmehr sind sie allgemeingültig für alle Bauweisen. Der Holzbau hat jedoch einige Vorteile wenn es um die Realisierung der Prinzipien geht. Er wird weitgehend vorgefertigt hergestellt und ist dadurch modular aufgebaut. Die Trennung von einzelnen Schichten oder der Austausch von Bauteilen ist durch definierte Bauteilfugen einfach möglich. Das Bauteil am Beispiel einer Außenwand ist selbst aus Schichten aufgebaut, die in der Regel nicht verklebt sind und damit prinzipiell trennbar. Wenn dies konsequent weiter gedacht wird ist die Erstellung von Recyclingkonzepten viel ein-

HECO-Schrauben NEU

facher umzusetzen. Trotzdem sollte den Themen Sortenreinheit und Lösbarkeit von Verbindungen in Zukunft eine größere Bedeutung zugemessen werden.

### Rahmenbedingungen durch die Normung auf Gebäudeebene

Die Akzeptanz des Lebenszyklusmodells nach DIN EN 15804 und DIN EN 15978 mit Herstellungsphase, Errichtungsphase, Nutzungsphase und Entsorgungsphase ist die Grundbedingung um eine Basis für sinnvolle Verwertungs- oder Recyclingkonzepte zu erstellen. [DIN EN 15804:2012], [DIN EN 15978:2011] Bereits die Materialwahl und die Herstellungsprozesse beeinflussen am Lebensende den Grad der Wiederverwendbarkeit, der abhängig ist von Fügung, Trennbarkeit, Sortierfähigkeit etc.

Die Systemgrenze ist bei Neubauten der vollständige Lebenszyklus des Bauwerks. Der Betrachtungszeitraum liegt momentan bei 50 Jahre nach den Zertifizierungssystemen DGNB oder BNB in Deutschland.

Die zeitlichen Definitionen für den Lebenszyklus in der DIN EN 15978 umfassen die voraussichtliche Nutzungsdauer des Produktes ESL(j) (= Estimated Service Life) und die geforderten Nutzungsdauer ReqSL (= Requested Service Life) sowie die erforderlichen Austauschzyklen. Der für die Berechnung wichtige Betrachtungszeitraum wird mit RSP (= Reference Service Period) abgekürzt. [DIN EN 15978:2011]

Die Lebensdauer der wenigsten Gebäude entspricht dem Betrachtungszeitraum (RSP). Entweder haben Bauwerke eine längere tatsächliche Lebensdauer oder eine kürzere geplante Nutzungsdauer (ReqSL). Die DIN EN 15978 sieht eine Skalierung der Umweltwirkungen aus dem Betrachtungszeitraum vor, wenn die erwartete Lebensdauer davon abweicht.

Das Skalar berechnet sich aus dem Quotient aus Betrachtungszeitraum (RSP) zur erwarteten Nutzungsdauer (ReqSL). Ebenso wie in der Nutzungsphase werden auch die Belastungen und Vorteile in Modul D skaliert. Konkreter gibt es auf stofflicher Ebene die Definition von Mindest-Dauerhaftigkeiten nach DIN 68800-2, basierend auf der natürlichen Dauerhaftigkeit. Diese genaueren Annahmen entsprechen der zu erwartenden Nutzungsdauer (ReqSL). [DIN 68800-2:2012] Was wiederum Auswirkungen auf die Auswahl der Holzart sowie die vorzusehenden Schutzmaßnahmen hat. Weiterhin ist es wichtig nach wirtschaftlich vernünftiger Gebrauchsdauer und tatsächlicher Gebrauchsdauer zu unterscheiden, um eine nachhaltige in ganzheitlichem Sinne zu ermöglichen.

Die Gebrauchsdauer ist dabei eine Funktion der:

- Ausführung,
- Einbaulage,
- Einbaubedingungen,
- Verwendung,
- Wartung.

Das Zusammenwirken der genannten Parameter ist von elementarer Bedeutung für die Dauerhaftigkeit und damit auf die zu erwartende Nutzungsdauer (ReqSL).

Im Rahmen der Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden wird die Phase des Produktlebensendes, wie auch die vorausgehende Herstellungs- und Betriebsphase, als eigenes und abgeschlossenes Modul betrachtet (C1-C4 nach DIN EN 15978). Die Untermodule gliedern sich in:

**Modul C1** Abbruch / Rückbau (Szenario),

**Modul C2** Transport (Szenario),

**Modul C3** Abfallbewirtschaftung (Szenario),

**Modul C4** Deponierung (Szenario).

### Nachhaltigkeitsbewertung und Potenzial im Modul D

Die Kaskadennutzung von Altholz muss sich im Gegensatz zu den Stoffrecyclingkonzepten bei Metallen oder Beton erst noch etablieren. Durch die oben aufgeführten Ziele, Prinzipien und Methoden lassen sich Recyclingkonzepte für die Nachhaltigkeitsbewertung besser erstellen. Dazu kommt noch, dass die stoffliche Seite besser beim Treibhauspotenzial bewertet wird, wenn weniger Altholz thermisch verwertet wird.

Momentan steht die thermische Verwertung von Holz als einziger Verwertungsweg nach den Bilanzierungsregeln der deutschen Nachhaltigkeitssysteme zur Verfügung und bildet damit nicht die Realität ab. Um die divergierenden Konzepte verschiedener Baustoff bei der Rohstoffverwertung und der End-of-Life-Definition, mit der daraus resultierenden Ungleichbehandlung auszugleichen, müssen die Berechnungsregeln wieder auf die verbindlichen Standards der Ökobilanzierung zurückgeführt werden. Dadurch werden die Vergleichbarkeit der Baumaterialien und ihre Anwendung in Bauwerken ermöglicht. Somit ist ein zukünftige Aufgabe der Forschung, im Verbund mit der Praxis, die End-of-Life-Szenarien für Holz zu diversifizieren, dazu die Recyclinganteile zu erhöhen und letztlich die Ergebnisse in die Produktökobilanzen einzustellen, um die Vorteile durch Gut-schriften vor allem von Primärenergieaufwand für die Herstellung aufgrund des Recyclings im Modul D nach DIN EN 15804 wirksam werden zu lassen. [König 2012]

Das bedeutet einen wesentlichen Vorteil für Holzprodukte und ist als besonderes Argument in der Ökologiediskussion bzw. beim Vergleich mit anderen Baustoffen zu werten: Verbesserte Produktökobilanzen (EPD mit Anhang Modul „D“ Recyclingpotenzial).

### Altholzbasis: Verfügbarkeit und Qualität

Ein weiterer Punkt ist, dass die Bewertung der Nachhaltigkeit im Bauwesen stetig zunimmt und alle einschlägigen Zertifizierungssysteme die Recyclingfähigkeit der Bauwerke in den Nachweisbewertungssystemen Punkte zu erlangen, sind vorerst nur Nachweise von sehr allgemein gehaltenen Recyclingkonzepten verlangt. Die Entwicklung wird aber verbindlichere Regelungen und messbare Benchmarks bringen, wie die REAP-Studie des Österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft auch mit Verweis auf die europäische Ressourceneffizienzpolitik in Aussicht gestellt hat. [Manstein 2012]

Eine Fallstudie zu Hallen-Tagwerken aus Holz, die die Autoren erstellt haben, zeigt deutlich eine Zunahme der Holzbauaktivität wie auch der großflächigen Tragwerke großer Spannweiten, vgl. Abbildung 5. Ganz eindeutig zu beobachten ist ein Anstieg der verbauten Holzmengen in den letzten Jahrzehnten mit der Folgen von:

- Mehr Bauwerken in größeren Spannweitenbereichen,
- Relevanten Mengen an definierten Holzqualitäten im Stofflager „Bauwerk“,
- Geringeren durchschnittlichen Nutzungs- und Lebensdauern der funktionalen Einheit (20 – 30 Jahre),
- Einer guten Rückbaubarkeit, Trennung, Sortierbarkeit aufgrund großer Bauteile.

Aus ökonomischer Sicht benötigt die Ausstoßseite gezieltere Untersuchungen um Angebot und Nachfrage nach Recyclingprodukten aus Massivholz und die Auswirkungen auf den Markt bei nennenswerter Versorgung mit diesen Produkten zu verstehen. Daraus können neue Business Modelle und Unternehmungen entstehen, die in die stoffliche Verwer-



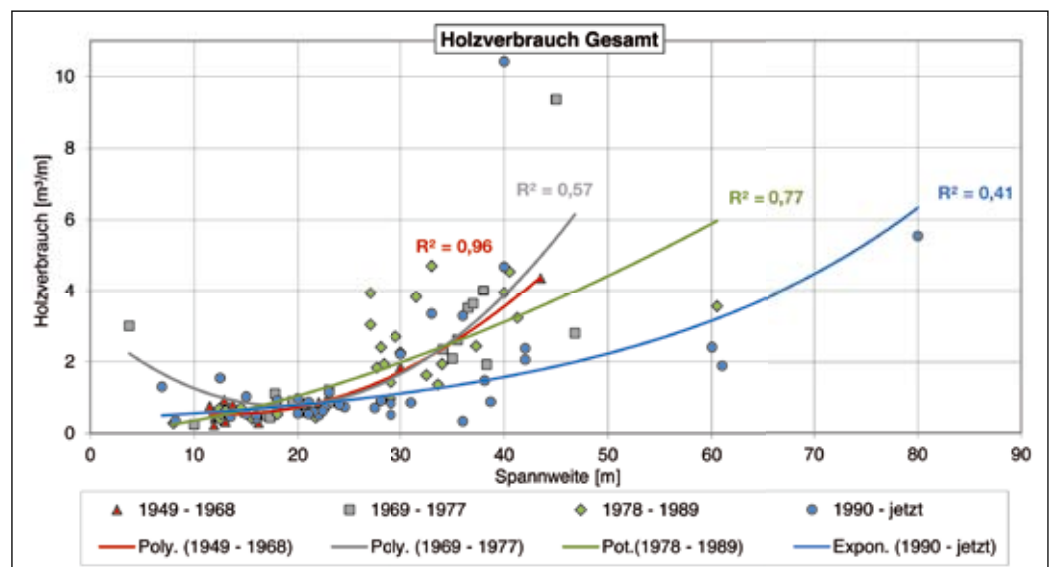
tion von Altholz einsteigen.

Für die zukünftige (Weiter-) Verwertung von Holzprodukten ist bereits im Planungsprozess darauf zu achten, dass

- eine zerstörungsfreie Demontage und Trennbarkeit der verschiedenen Materialien ohne großen energetischen und zeitlichen Aufwand möglich ist. Ein einfacher Schichtaufbau ist hierbei von Vorteil.
- möglichst keine chemischen Behandlungen des Holzes vorhanden sind, die eine Verwertung ausschließen, d.h. vor allem die Ausschöpfung des konstruktiven Holzschutzes zur Vermeidung vorbeugend, chemischen Holzschutzes,
- möglichst großteilige Elemente verfügbar sind, die komplett demontiert und in geeigneten Werken zerlegt werden können,
- eine Trennung, Sortierung und Verwertung auf hohem technischen Niveau mit optimierter Wertschöpfung entsprechend den regionalen Gegebenheiten erfolgen kann,
- das thermisch nutzbare Potenzial über den Zeitraum der natürlichen Dauerhaftigkeit erhalten bleibt und abschließend im Lebenszyklus ausgeschöpft werden kann. [Merl 2006]

### Behandeltes Holz und seine Wiederverwertung

Die bestehende Altholzverordnung teilt die zu verwertenden Hölzer in vier verschiedene Klassen ein. Zur stofflichen Verwertung eignen sich im Wesentlichen die beiden Klassen A1 und A2. Unbehandelte Bauteile fallen unter die Abfallklasse A1 und so müssen keine Reststoffe aufwändig entsorgt werden. Bei beschichteten und anderweitig behandelten Bauteilen können diejenigen, ohne Bestandteile an halogenorganische Verbindungen wie PCB, und ohne Holzschutzmittel in die Klasse A2 eingestuft werden. Dazu gehören auch die verleimten Hölzer und Holz-



werkstoffe. Bei Klasse A2 Altholz ist die Verwertung aufwändiger, da Beschichtungen in der Regel entfernt werden müssen. In Klasse A3 fallen die Hölzer, die halogenartige Verbindungen enthalten. Mit Holzschutzmitteln behandelte Althölzer nach Klasse A4 sind wie A3 Hölzer thermisch zu verwerten. PCB-Altholz ist auf geeigneten Sondermülldeponien zu entsorgen.

Die Klassifizierung für Altholz nach Abfallklasse A1 bedingt die konsequente Vermeidung von chemischem Holzschutz. Dies ermöglicht die neue Fassung der Holzschutznorm DIN 68800 Teil 2. Sie sieht vor, dass praktisch alle tragenden Holzbauteile in Gebrauchsklasse 1 eingestuft sind und damit keine Holzschutzmaßnahmen erfordern und folglich im End-of-Life einfacher zu verwerten sind. [DIN 68800-2:2012]

### Methodisches Vorgehen im Baustoffrecycling

Die Bedingung für eine Verwertung großer Teile eines Bauwerks ist ein grundsätzliches Denken im Lebenszyklus sowie die Akzeptanz der Abfolge der Phasen der DIN 15804 bzw. DIN 15978 mit einer phasenübergreifenden Wirkung bzw. Interaktion zum Nutzen der Entsorgungsphase.

Das bedeutet, um ein End-of-Life-Szenario mit wenig Umweltwirkung zu erreichen, muss in Phase A voraus-

schauend auf die Phasen B (Nutzung mit Unterhalt) und C (Rückbau mit Entsorgung) geplant werden. Zu den Hauptzielen der ökologischen Nachhaltigkeit gehören die Ressourcenschonung sowie die Vermeidung/Reduzierung von Umweltwirkungen. Das führt zu dem konzeptionellen Modell bzw. bestimmt das methodische Vorgehen; am Lebensende muss die stoffliche Verwertung eine mindestens so wichtige Rolle einnehmen wie die thermische Verwertung. Das heißt praktisch, dass möglichst viel der Stoffmasse möglichst hochwertig wiederverwendet wird, weniger recycelt und ganz wenig downgecycelt wird. ■

### Literaturverweise

[AltholzV 2012] Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung - AltholzV). 2012.

[Crowther 2001] Crowther, P.: Developing an Inclusive Model for Design for Deconstruction, in: Abdol R. Chini (Hrsg.), Deconstruction and Materials Reuse; Technology, Economic and Policy, CIB Publication 266, CIB Task Group 39 meeting, Wellington, New Zealand, 2001.

[DIN EN 15978:2011] Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode; Beuth Verlag; Berlin; 2011.

[DIN EN 15804:2012] Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltdeklarationen für Produkte - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Beuth Verlag; Berlin; 2012.

Abb.5: Hallentragwerke nach Baualtersklassen gruppiert und der Holzverbrauch in Abhängigkeit von der Spannweite

[DIN 68800-2:2012] Holzschutz - Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau. 2012.

[Kibert 1994] Kibert, C. J.: Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction, in: Sustainable Construction - Proceedings of the First International Conference of CIB TG 16, November 6-9, 1994, p. 7.

[König 2012] König, H.: Bauen mit Holz ist aktiver Klimaschutz - Holzgebäude im Vergleich und das Nachwuchspotenzial, in: Holzbau - Die neue Quadriga, Im Blickpunkt 03/2012.

[Manstein 2012] Manstein C. et al.: Ressourceneffizienz Aktionsplan (REAP), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion II Nachhaltigkeit und ländlicher Raum Stubenring 12, 1010 Wien: 2012

[Merl 2006] Merl, A.D.: Langzeitbindung - Wiederverwendung, Weiterverwendung, Recycling, thermische Nutzung. Zuschnitt 24 - vorläufig nachhaltig, Seite 18f. Wien: 2006