



Kurzversion der Vorstudie

„Nachhaltiges Bauen mit Stahl“

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

Univ. Dr.-Ing. Christina Radlbeck

Univ. Dr.-Ing. Joseph Ndogmo

cand.-Ing. Ralf Zschokke

Inhaltsverzeichnis

1. Motivation und Zielsetzung	4
2. Ergebnisse der einzelnen Arbeitsbereiche der Vorstudie	5
2.1 Rahmenbedingungen für nachhaltiges Bauen	5
2.2 Bewertungsmethoden	6
2.3 Nachhaltige Potenziale von Stahlprodukten und -konstruktionen	9
2.4 Aktueller Stand bei Datengrundlagen und vorhandenen Studien	11
2.5 Bilanzierung eines Beispielobjekts	15
2.6 Handlungsbedarf seitens Forschung und Industrie	20
3. Handlungsvorschläge für das SZS	22
4. Zusammenfassung	25
5. Literatur	26
6. Glossar	27
7. Anhang	29

Vorwort der Autoren

Die dieser Kurzversion zugrunde liegenden Vorstudie (unveröffentlichte Version 1 vom 9.10.2008) wurde mit knappem, zeitlichem Budget (6 Monate) durchgeführt. Oberstes Ziel war es, den Auftraggebern DAST, FOSTA und SZS das Thema „Nachhaltiges Bauen“ zu erläutern sowie die Relevanz und den aktuellen Stand im Bereich des Stahlbaus aufzuzeigen.

Der Begriff Nachhaltigkeit ist äußerst weitläufig und umschließt für den Bausektor unzählige Aspekte. Dementsprechend zahlreich und vielfältig sind die in den letzten Jahren entwickelten Bewertungsmethoden, Werkzeuge und Datengrundlagen. Die Darstellung aller national und international vorhandenen Hilfsmittel und Literaturquellen sprengt somit verständlicherweise den Rahmen dieser Vorstudie. Die Strukturierung und die dargestellten Ansätze wurden seitens der Autoren auf Grundlage der 7jährigen Erfahrung mit nachhaltigem Bauen, den Aktivitäten in einschlägigen Gremien und der langjährigen Erfahrung in der Stahlbauforschung und –Industrie ausgewählt.

Die stark ökologische Ausrichtung des Inhalts kommt schlichtweg durch die Fülle des in diesem Bereich vorhandenen Materials zustande. Die Entwicklung ist hier im Vergleich zu den ökonomischen und sozialen Aspekten deutlich weiter fortgeschritten. Zudem kann die genormte Bewertungsmethode für Umweltauswirkungen als allgemein anerkannt bezeichnet werden.

Die Vorstudie erhebt aus oben genannten Gründen keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie leistet hinsichtlich der Zielsetzung vielmehr Pionierarbeit und soll als (Diskussions-) Grundlage für weiterführende Projekte seitens Forschung und Industrie dienen.

Die Autoren möchten außerdem darauf hinweisen, dass sich im Bereich nachhaltiges Bauen und nachhaltiger Stahlbau in den letzten Monaten viel getan hat. Folgende Beispiele seien genannt: In Deutschland wurden die ersten Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen verliehen. Speziell für Stahl entsteht derzeit in Deutschland das AiF/DFG-Forschungscluster GruNaStahl (Grundlagen und Nachweise zum nachhaltigen Einsatz von Stahl im Bauwesen) gebildet. In der Schweiz wurde gleichzeitig ein erhöhter Anteil von Elektrostahl bei Stahlprofilen (98%) und Stahlblechen (37%) von den entsprechenden Stellen (ecoinvent, KBOB 2007, Eco-bau, Eco-Devis, Bauteilkatalog) anerkannt. Letzteres kam durch das Engagement des SZS zustande, wobei die Zwischenergebnissen der Vorstudie stets als wissenschaftliche Untermauerung dienen.

Kurz: Die richtige Lösung für einen nachhaltigen Stahlbau unterliegt einem iterativ-dynamischen Prozess mit vielen Einflussfaktoren und soll/kann nicht durch die durchgeführte Vorstudie allein abgedeckt werden.

München, 17. März 2009

1. Motivation und Zielsetzung

Seit dem Brundtland-Bericht 1987¹ und dem Weltgipfel für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro 1992 ist die Forderung nach mehr Nachhaltigkeit allgegenwärtig. Die aktuelle Klimadebatte und die Wirtschaftskrise haben der Nachhaltigkeitsdiskussion nun zusätzliche Brisanz verliehen.

Das Prinzip der Nachhaltigkeit bedeutet gemäß Brundtland „eine Entwicklung, welche die heutigen Bedürfnisse zu decken vermag, ohne für künftige Generationen die Möglichkeiten zu schmälern, ihre eigenen Bedürfnisse zu decken“. Grundlagen für diese Ziele sind langfristiger sozialer und wirtschaftlicher Fortschritt in Verbindung mit einem dauerhaften Schutz von Umwelt und Ressourcen. Somit werden Ökologie, Ökonomie und Soziales bzw. gesellschaftliche Belange als drei gleichwertige Bereiche definiert (vgl. Bild 1).

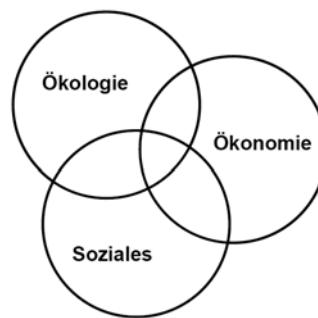


Bild 1: Die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit nach Agenda 21

Der Bausektor spielt eine wichtige Rolle bei der Forderung nach mehr Nachhaltigkeit. Er liefert einen großen Beitrag zur Standortqualität, zur Gebauten Kultur und zur Gesamtwirtschaft und ist gleichzeitig ein Grundpfeiler des Umweltschutzes. Zudem hat die gebaute Umwelt maßgeblichen Einfluss auf Lebensqualität, Behaglichkeit, Sicherheit, Gesundheit und Wohlbefinden einer Gesellschaft. Zukünftig sind daher Bauwerke und Bauweisen ganzheitlich zu betrachten. Demnach sind ökologische, wirtschaftliche sowie soziale Gesichtspunkte gleichwertig und während des gesamten Lebenszyklus zu berücksichtigen.

Die Stahlbaubranche als Teil des Bausektors ist ebenfalls gefordert ihren Beitrag im Sinne der Nachhaltigkeit zu leisten. Aus diesem Grund wurde im Rahmen einer Vorstudie der aktuelle Stand des Stahlbaus in Deutschland und der Schweiz angesichts der neuen Rahmenbedingungen analysiert. Ziel war es, eine erste Basis für Diskussionen, weiterführende Arbeiten und Handlungsstrategien seitens der Stahlforschung und -Industrie zu legen.

¹ Der Brundtland-Bericht "Our common future" wurde von der WCED (World Commission on Environment and Development) veröffentlicht.

Zu diesem Zweck wurden mehrere Arbeitsbereiche identifiziert:

- Rahmenbedingungen für nachhaltiges Bauen
- Bewertungsmöglichkeiten
- Nachhaltige Potenziale von Stahlprodukten und -konstruktionen
- Aktueller Stand von Datengrundlagen und vorhandenen Studien für den Stahlbau
- Verifizierung der Ergebnisse durch Bilanzierung eines Beispielobjekts
- Handlungsbedarf seitens Forschung und Industrie

Nachstehend werden die jeweiligen Ergebnisse für die Schweiz zusammengefasst wiedergegeben:

2. Ergebnisse der einzelnen Arbeitsbereiche der Vorstudie

2.1 Rahmenbedingungen für nachhaltiges Bauen

In Europa enthalten bereits viele bestehende **Gesetze** für die Bereiche Umwelt und Bau klare Grundsätze, die eine nachhaltige Entwicklung im Bauwesen unterstützen. Beispielhaft sei hierfür die Bauproduktenrichtlinie (BPR) genannt. Sie fungiert als Grundlage für die europäisch, technische Zulassung von Bauprodukten. Diese dürfen demnach nur für ein Bauwerk verwendet werden, wenn mit ihnen folgende ganzheitliche Anforderungen erfüllt werden können:

- Mechanische Festigkeit und Standsicherheit
- Brandschutz
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
- Nutzungssicherheit
- Schallschutz
- Energieeinsparung und Wärmeschutz

Die oben genannten rechtlichen Grundsätze werden in der internationalen **Normung** für die Baupraxis konkretisiert. Richtungsweisend für die internationale Baubranche ist hierbei die Arbeit des Gremiums *ISO TC 59 SC17: „Nachhaltiges Bauen“* zu folgenden Themen:

- Allgemeine Grundsätze und Begrifflichkeiten (WG 1)
- Nachhaltigkeitsindikatoren (WG 2)
- Umweltdeklaration von Bauprodukten (WG 3)
- Umweltverhalten von Gebäuden (WG 4)
- Ingenieurbauwerke (WG 5)

Diese internationalen Normenentwürfe werden speziell für Europa im Ausschuss „*CEN TC350: Nachhaltigkeit von Bauwerken*“ bearbeitet. Die Arbeitsgruppen gliedern sich wie folgt:

- Umweltleistung von Gebäuden (AG 1)
- Lebenszyklus von Gebäuden – Beschreibung (AG 2)
- Produktebene (AG 3)
- Bewertung der ökonomischen Leistung von Gebäuden (AG 4)
- Bewertung der sozialen Leistung von Gebäuden (AG 5)

In der **Schweiz** wird das «nachhaltige Bauen» seit 2004 von Bund, Bauherrschaften, Hochschulen, Planern und der Bauwirtschaft verstärkt thematisiert. Den Anfang bildeten Definitionen sowie allgemeine Kriterien und Zielvereinbarungen. Mittlerweile stellen die Bauherrschaften von Bund, Kantonen und Städten (KBOB, Verein eco-bau, IPB²) folgende gemeinsamen Empfehlungen und Planungswerkzeuge für nachhaltiges Bauen zur Verfügung (siehe „Handlungsvorschläge für das SZS“ auf Seite 21).

Grundsätzlich werden seitens des Bundes Bauleistungen und Bauwerke gefördert, die über ihren gesamten Lebensweg hohen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Anforderungen genügen. Ziel ist es, das Bauwesen durch baurelevante Programme, durch die Mitgestaltung von Vorschriften, Normen und Standards (z. B. MINERGIE, SIA 112/1, SIA 2032³) oder durch die Stärkung von Netzwerken (z. B. Baustoffmanagement21⁴) zu beeinflussen (siehe UVEK, ARE (2008)).

2.2 Bewertungsmethoden

Die Begriffe „Nachhaltigkeit“ oder „Nachhaltiges Bauen“ sind sehr vieldeutig und können äußerst weitläufig interpretiert werden. Für eine Bewertung ist es daher zunächst erforderlich, deutlich abgrenzbare Kategorien mit messbaren Indikatoren zu definieren. Hierzu gibt es derzeit noch unterschiedliche Ansätze, die zumeist in ökologische, ökonomische und soziale Aspekte aufgeteilt sind und den gesamten Lebenszyklus von Bauprodukten/-konstruktionen berücksichtigen. Während sich in der Schweiz bisher noch kein einheitlicher Bewertungsansatz durchgesetzt hat, wird in Deutschland von politischer Seite ein Zertifizierungssystem mit 63 Kriterien forciert (siehe Anhang). Um das sogenannte „Gütesiegel für nachhaltiges Bauen“ (DGNB) zu erhalten, muss ein Bauwerk während seiner Lebensdauer Anforderungen zu folgenden Bereichen erfüllen:

² KBOB: www.bbl.admin.ch/kbob; eco-bau: www.eco-bau.ch; IPB: www.ipb-news.ch

³ MINERGIE: www.minergie.ch; SIA: www.sia.ch

⁴ Baustoffmanagement21: www.baustoffmanagement21.ch

- Ökologische Qualität
- Ökonomische Qualität
- Soziokulturelle und funktionale Qualität
- Technische Qualität
- Prozessqualität
- Standortqualität

Oben genannte Anforderungen macht die Anwendung von lebenszyklusorientierten Bewertungsmethoden notwendig. Diese sind beispielsweise die Ökobilanz (Life-Cycle-Assessment (LCA)) und die Lebenszykluskostenanalyse (Life-Cycle-Cost-Analysis (LCCA)). Die Entwicklung ist im Bereich Ökologie deutlich am weitesten fortgeschritten. Normativ abgesichert ist - neben dem technischen Bereich – lediglich die Ökobilanz (LCA) zur Bewertung von Umweltwirkungen:

Ökobilanz (LCA)

Das Verfahren der Ökobilanzierung ist in den Normen DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044 festgelegt. Neben der anfänglichen Zieldefinition ist eine (a) *Sachbilanz* zu erstellen und eine (b) *Wirkungsabschätzung* durchzuführen. Erst dann kann eine (c) *Bewertung* vorgenommen werden.

(a) Bei der *Sachbilanz* sind sämtliche Stoff- und Energieströme eines Produkts während dessen gesamter Lebensdauer zu erfassen. Konkret geht es dabei um die Zusammenstellung und Quantifizierung aller Inputs und Outputs (siehe Bild 2). Durch die Betrachtung der gesamten Lebensdauer soll vermieden werden, dass Umweltlasten in vorherige oder nachfolgende Lebenszyklen verlagert werden.

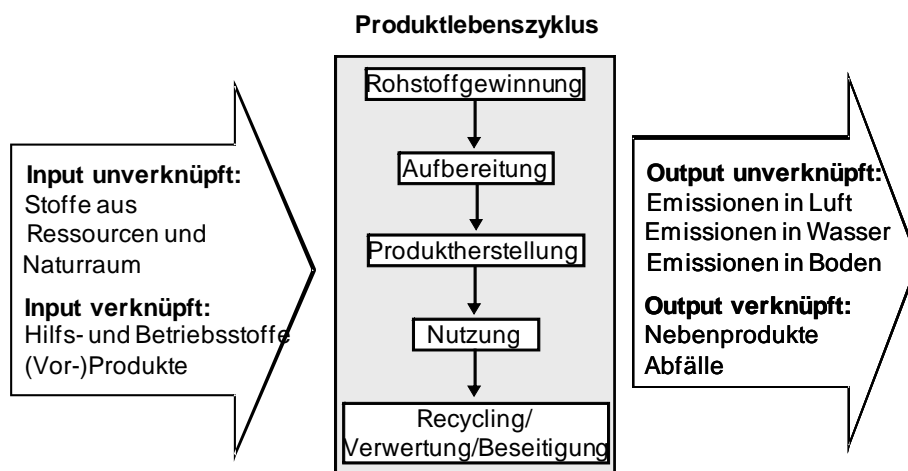


Bild 2: Input- und Outputströme eines Produktlebenszyklus (Kümmel, 2000)

(b) Bei der *Wirkungsabschätzung* werden Sachbilanzdaten mit gleicher Umweltwirkung so genannten *Wirkkategorien* zugeordnet. Jede Wirkkategorie repräsentiert ein gewisses Umweltthema. Fest etabliert sind dabei die Emissionen und der Primärenergiebedarf mit den entsprechenden Referenzgrößen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Wirkkategorien mit festen Referenzgrößen

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

(c) Die *Bewertung* im Rahmen der Ökobilanz umfasst gemäß DIN EN ISO 14044 schließlich die Identifikation der signifikanten Parameter, z. B. der aussagekräftigsten Wirkkategorien und der maßgebenden Lebensphase des betrachteten Produkts. Im Zuge der anschließenden Ergebnisbeurteilung ist eine Prüfung auf Vollständigkeit, auf Sensitivität und auf Konsistenz mit der Zieldefinition und des Untersuchungsrahmens durchzuführen. Auf dieser Basis werden Schlussfolgerungen, Empfehlungen sowie Einschränkungen abgeleitet.

Hilfsmittel für die Wirkungsabschätzung (b) einer Ökobilanz

Da der Aufwand für die Ermittlung der benötigten Wirkkategorien sehr hoch ist, stehen mittlerweile einschlägige Software und Datenbanken für die Berechnung zur Verfügung (z. B. Simapro, Umberto, Nire-LCA, LCAIT etc., siehe hierzu Öbu (2005)). In Deutschland und der Schweiz werden für Bauanwendungen häufig die Software-Tools ecoinvent⁵ und GaBi⁶ verwendet.

⁵ ecoinvent: www.ecoinvent.org

⁶ GaBi: www.gabi-software.com

Gleichzeitig werden europaweit Bestrebungen unternommen, um eine Harmonisierung der Datenlage zu erreichen. Ziel ist es für alle europäischen Bauprodukte fertige Wirkkategorien bzw. eine Datengrundlage zur Darstellung von Umwelteigenschaften im Marketing oder Verkauf geschaffen werden. Dies soll mit Hilfe von *Umweltproduktdeklarationen* (EPDs, Environmental Product Declaration) nach ISO 14025 bzw. ISO 21930 geschehen. Jede Firma im deutschsprachigen Raum kann eine EPD erstellen und über das Institut für Bauen und Umwelt e.V. (IBU)⁷ verifizieren und publizieren lassen. Voraussetzung ist, dass Wirkkategorien mit Hilfe den Datenbanken GaBi oder ecoinvent gerechnet werden. Für Stahlprodukte wurden bisher nur in Norwegen EPDs erstellt.

In diesem Zusammenhang ist die in Deutschland gerade entstehende und politisch geförderte Datenbank „Ökobau.dat“ zu erwähnen. Sie ist speziell für Baustoffe und Komponenten ausgelegt und orientiert sich im Bezug auf Methodik und Allokation an den europäischen Umweltproduktdeklarationen (EPDs).

Hilfsmittel für die Bewertung (c) einer Ökobilanz

In der Schweiz erfolgt die Ökobilanzbewertung vielerorts mit der Methode der ökologischen Knappheit (siehe Frischknecht, 2006). Hierbei werden die einzelnen Wirkkategorien nicht getrennt voneinander betrachtet, sondern mit Gewichtungsfaktoren multipliziert. Dadurch ergeben sich Umweltbelastungspunkte (UBPs), die durch Aufsummieren auf eine quasi monetäre, einzelne Kennzahl reduziert werden. Dieses Vorgehen ist allerdings nicht konform mit der Norm DIN EN ISO 14044⁸.

2.3 Nachhaltige Potenziale von Stahlprodukten und -konstruktionen

Stahlproduktion

Der weltweit gehandelte und verwendete Stahl besteht zu ca. 55% aus Primärstahl und zu ca. 45% aus Sekundärstahl (Gastl, 2005).

Für die Produktion von *Primärstahl* (bzw. Oxygenstahl) wird Eisenerz in Hochöfen zu Roheisen verhüttet und anschließend in Stahlkonvertern zu Rohstahl gefrischt (Hochofen-Oxygenstahlroute). Die benötigten Rohstoffe, d.h. Eisenerze, Legierungselemente, kalkhaltige

⁷ IBU: www.bau-umwelt.de

⁸ DIN EN ISO 14044 4.1 „Es sollte beachtet werden, dass es keine wissenschaftliche Grundlage gibt, Ergebnisse von Ökobilanzen übergreifend zu einer numerischen Rangfolge oder zu einem Einzelwert (EinpunktBewertung) zusammenzufassen“. Siehe auch DIN EN ISO 14044 4.4.3.4.2 und 4.4.5

Zuschlagstoffe und Kohlenstoffträger (Koks, Kohle, Öl und Gas) werden aus der ganzen Welt importiert. Die Stoffströme sind somit weltweit verflochten.

Sekundärstahl (bzw. Elektrostahl) wird durch Umschmelzen von Schrott gewonnen (Elektrostahlroute). Dieses sogenannte Elektrostahlverfahren ist als Ergänzung zur rohstoff- und energieintensiveren Primärproduktion seit langem fester Bestandteil der Stahlerzeugung. Die Produktion von Sekundärstahl benötigt immerhin rund zwei Drittel weniger Energie (Volkshausen, 2003) und produziert drei Viertel weniger CO₂-Emissionen (Wuppertal-Institut 2008) als der Hochofenprozess.⁹

Stahl im Bauwesen

Die charakteristischen Eigenschaften von Stahl machen ihn für das Bauwesen zu einem flexiblen und attraktiven Werkstoff. In der Schweiz haben die Mitgliedsunternehmen des Stahlbau Zentrums (SZS) im Jahr 2007 rund 0,063 Mio. Tonnen Stahl verarbeitet und davon rund 0,09 Mio. Tonnen Stahl im Bau verwendet (SZS, 2007). Den Ein- und Ausfuhrstatistiken des Zollamtes in der Schweiz zufolge verblieben im Jahr 2007 doppelt soviel, also 0,119 Mio. Tonnen Stahlbauerzeugnisse (d.h. Winkel, Walzstahl-Profile, Z-Stahl-Profile, kaltgerollte Profile, Hohlprofile), in der Schweiz. Die Anwendungsbereiche sind in Bild 3 dargestellt.

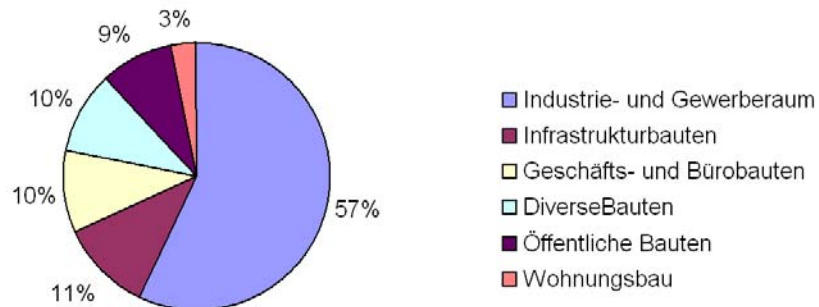


Bild 3: Anwendungsbereiche des Stahls im Bau in der Schweiz (SZS, 2007)

⁹ Die Angaben zu Energieverbrauch und Emissionen bei der Herstellung von Sekundärstahl im Vergleich zu Primärstahl sind unterschiedlich. Gemäß ecoinvent v.2.01 werden beispielsweise für Sekundärstahl 47% weniger Energie verbraucht und 58% weniger CO₂-Emissionen erzeugt.

Nachhaltige Potenziale

Stahlprodukte und Stahlkonstruktionen können aufgrund ihrer charakteristischen Eigenschaften einen wesentlichen Beitrag zum nachhaltigen Bauen leisten (siehe hierzu Bauen mit Stahl e.V. (2009)):

Aufgrund der hohen Festigkeiten lassen sich mit Stahlbauteilen große spezifische Steifigkeiten und entsprechend hohe Tragfähigkeiten verwirklichen. Auf den m² Nutzfläche bezogen bleibt die Eigenmasse dennoch gering.

Der Elastizitätsmodul und die daraus folgende Verformbarkeit bieten die Möglichkeit vielfältiger Querschnittsgestaltung und damit ein hohes Maß an Anpassungsfähigkeit. Die leichte De-/Montierbarkeit, das hohe Potenzial für schnelles Bauen sowie die modulare Baukonzepte bieten zudem Flexibilität und variable Nutzungsmöglichkeiten.

Weitere Vorteile des Werkstoffs Stahl sind die Langlebigkeit – Korrosionsschutz vorausgesetzt – und die vielfältigen Verbindungsmöglichkeiten – auch Schweißen ist kein Problem. Zudem sind Stahlbauteile nicht toxisch und haben während der Nutzungsdauer keinerlei Einfluss auf Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen.

Wie oben bereits erwähnt, bietet Stahl außerdem exzellente Recyclingeigenschaften. Manche Bauteile können sogar komplett wiederverwertet werden. Zudem bestehen viele Stahlbauteile bereits zu einem erheblichen Anteil aus Sekundärmaterial. Europaweit stammen beispielsweise 98% der Stahlprofile und 37%¹⁰ der Stahlbleche aus dem Elektroofen.

Ein weiteres nachhaltiges Potenzial beinhalten Hybrid-Bauweisen, z. B. die Kombination von Stahl mit Holz und/oder Glas.

2.4 Aktueller Stand bei Datengrundlagen und vorhandenen Studien

Die vorhandenen Datenbanken und Studien über Stahlbauteile/-konstruktionen hinsichtlich Nachhaltigkeit behandeln ausschließlich ökologische Aspekte. Dabei sind die Stoff- und Energieströme Kernpunkt der Untersuchungen. Ökonomische und soziale Belange wurden hingegen von keiner Seite untersucht.

Die Analyse des vorhandenen - ökologischen - Materials ergibt folgende Ergebnisse für den Stahlbau:

¹⁰ Wurde nach fachlicher Diskussion mit SZS und TU München in der Datenbank ecoinvent v2.0 entsprechend anerkannt.

Datenqualität

Die Bewertung von Stahlprodukten und -konstruktionen im Sinne der Nachhaltigkeit ist umfangreich und benötigt eine Vielzahl von Daten. Die Datenerfassung für eine Ökobilanz ist aufgrund der vielschichtigen Stoff- und Energieflüsse eine schwierige und naturgemäß mit erheblichen Ungenauigkeiten behaftete Aufgabe. Schließlich handelt es sich nicht um konstante sondern um sich ständig verändernde Größen, die von Marktgegebenheiten, Importsituation, Stand der Technik etc. abhäng sind.

Die Qualität der Datenbanken ist gleichzeitig von entscheidender Bedeutung bei Bewertungen und hat unmittelbaren Einfluss auf die Ergebnisse. Je nach Quelle ergeben sich dabei oftmals Unterschiede.

Zur Verdeutlichung werden in Tabelle 2 der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen je Kilo Stahlprofil (blank) einer norwegischen Umweltproduktdeklaration sowie der Datenbanken ecoinvent und GaBi miteinander verglichen. Die Systemgrenzen beziehen sich dabei auf die Herstellung („cradle to gate“).

Tabelle 2: Vergleich der Werte der norwegischen Umweltproduktdeklaration (NEPD no.: 054) mit den Werten aus ecoinvent v2.01 und GaBi 4 für die Herstellung von 1 kg blankem Stahlprofil

Quelle	Bezeichnung	Ergebnisse	
		MJ	GWP 100
NEPD no.: 054	Stahlprofil, blank, 96% Sekundärmaterial	14,3	0,9
ecoinvent v2.01	Stahlprofil, blank, 100% Sekundärmaterial	16,3	0,879
ecoinvent v2.01	Stahlprofil, blank, (Re2000) 37% Sekundärmaterial*	25,4	1,66
ecoinvent v2.01	Stahlprofil, blank, 0% Sekundärmaterial*	30,8	2,11
GaBi 4	Steelbillet (electric furnace), (Elektrostahl ungewalzt)	11,5	0,61

* Heute stammen nahezu 100% der in Europa produzierten Stahlträger aus Sekundärstahl. Die Datensätze aus ecoinvent v2.01 treffen also nicht auf Europäische Stahlträger zu.

Unterschiede bei ökologischen Ergebnissen, bzw. bei Wirkkategorien, lassen sich auf folgenden Ungereimtheiten bei den Datensätzen zurückführen:

- Aktualität, Qualität und Nachvollziehbarkeit der Daten
- Bezugsraum des Stahlstoffstroms: z. B. national, Europa oder weltweit
- Bezeichnung der Bauprodukte
- Umfang der vorhandenen Daten und Prozesse: Vielerorts fehlen Daten für die Verarbeitung von Stahlträgern in der Werkstatt, die Beschichtung, die Montage, die Nutzung und den Rückbau. Tatsächlich ist eine komplette Modellierung des Lebenszyklus aktuell nicht

möglich. Datentechnisch werden derzeit nur Teilbereiche abgedeckt. Auch die Modellierung von Verbundprodukten aus Stahl, wie z. B. Sandwichpaneele, gestaltet sich schwierig.

- Systemgrenzen: Oftmals ist nicht klar, welche Phasen des Lebenszyklus bewertet werden.
- Methodik der Datenerfassung und Abschneidekriterien: Ab welchem Grenzwert wird z. B. Dixion nicht mehr erfasst?
- Strommix für die Stahlproduktion: Dieser ist stark abhängig von den Bezugsländern. Siehe Unterschiede von Deutschland und Norwegen hinsichtlich Wasserkraftanteil.
- Berücksichtigung des Recyclings: Der Anteil des Sekundärmaterials hat maßgeblichen Einfluss auf die Ergebnisse (siehe unten).

Recyclingmodell und Recyclingraten

Die Kreislauffähigkeit von Stahl wirkt sich äußerst positiv auf die Ergebnisse der Ökobilanzierung aus. Bei der Frage wie das Recycling von Metallen gemäß DIN EN ISO 14044 korrekt berücksichtigt werden soll, gibt es allerdings noch widersprüchliche Positionen:

Modell 1 ist die Vergabe von Materialgutschriften auf der Input-Seite. Dabei ist die Menge des enthaltenen Sekundärmaterials im Produkt ausschlaggebend (Cut-Off-Ansatz). Zu diesem Zweck wird das genaue Verhältnis von Primär- zu Sekundärmaterial innerhalb eines Produkts benötigt. Bei komplexen Herstellungsverfahren mit globalen Stoffflüssen ist es allerdings nur bedingt möglich, dieses Verhältnis anzugeben.

Modell 2 ist die Vergabe von Gutschriften auf der Outputseite. Maßgebend ist dabei, was mit dem Produkt am Ende des Lebenszyklus geschieht (wertbereinigte Substitution). Die heutigen Umweltbelastungen werden dabei rechnerisch in die Zukunft verlagert.

Bei Stahlbauteile ist der Anteil von Sekundärmaterial bekannt (98% bei Profilen und 37% bei Blechen (siehe Fußnote 10)). Zudem lässt sich die Recyclingrate nach der Nutzung gut abschätzen. Folglich sind beide Modelle anwendbar und liefern aufgrund der hohen Recyclingrate auch annähernd die gleichen Bewertungsergebnisse.

Bewertung von ökologischen Vergleichen/bisherigen Studien

Aufgrund der inhomogenen Datenlage und den in der Vergangenheit herrschenden Unstimmigkeiten bei den Recyclingraten von Stahl können zum derzeitigen Zeitpunkt keine konkreten Aussagen über mehr oder weniger nachhaltige Baustoffe/Bauwerke abgeleitet werden. Speziell in der Schweiz basieren die einschlägigen Instrumente KBOB 2007, Eco-bau, Eco-Devis¹¹, Bauteilkatalog¹² alle auf der Datenbank ecoinvent (siehe Bild 11). Erst kürzlich wurden hier die Recyclingraten von Stahl an die realen Gegebenheiten angepasst. Die Ergebnisse haben sich entsprechend positiv für Stahl verändert und setzen alle alten Werte und Empfehlungen ausser Kraft.

Schlussfolgerung

Der aktuelle Stand von Stahlbauteilen bzgl. Nachhaltigkeit lässt sich somit folgendermaßen zusammenfassen:

1. Bisher wurden lediglich die Umweltwirkungen von Stahlbauteilen analysiert. Ökonomische und soziale Aspekte wurden/werden noch nicht behandelt.
2. Im Bereich Ökologie gibt es bei den Datenbanken noch große Lücken (Umfang der vorhandenen Daten und Prozesse etc.). Zudem herrscht bei der Modellierung des Lebenszyklus (z. B. bei den Recyclingmodellen) noch kein Konsens.
3. Eine Harmonisierung und Ausweitung der Datenbanken zur Ökobilanzierung ist europaweit dringend erforderlich. Eine Lösung hierfür könnte die Forcierung von Europäischen Umweltproduktdeklarationen für alle (Stahl-)Bauteile ein. Die einheitliche Erfassung und Darstellung der Daten würde alle bisher vorhandenen Unterschiede (siehe „Datenqualität“ auf S. 12) wirksam eliminieren. Dabei wäre es zudem wünschenswert, nicht nur mit absoluten Werten, sondern mit Mittelwerten, Streuungen sowie gegebenenfalls Fraktilwerten zu arbeiten.
4. Potenziale des Stahlbaus im Sinne von Massenoptimierung, effizienter Nutzungsphase, leichte De-/Montierbarkeit, Flexibilität etc. wurden bisher noch nicht näher untersucht.
5. Vergleiche und Studien, die auf alten Datensätzen beruhen, sind nur bedingt aussagekräftig.

¹¹ Ecodevis: www.eco-bau.ch

¹² Bauteilkatalog: www.bauteilkatalog.ch

2.5 Bilanzierung eines Beispielobjekts

Bei den vorhandenen Studien stehen der Vergleich und die Bewertung von Umweltwirkungen im Vordergrund. Zu diesem Zweck wurde die Methodik der Ökobilanzierung angewandt. In der Baupraxis ist diese Methode allerdings noch nicht gängig.

Im Folgenden wird daher der ökologische Vergleich von drei Einfamilienhäusern samt Ergebnissen erläutert. Ziel war es, die Anwendbarkeit der Methode einzuschätzen und die Empfehlungen vorhandener Studien zu verifizieren. Die Bewertung der Stahlstruktur stand somit nicht an oberster Stelle.

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

Bauobjekte

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



Bild 4: Einfamilienhaus in Stahlbauweise gemäß <http://www.rsb-stahlbau.de/>



Bild 5: Einfamilienhaus in Holzbauweise gemäß <http://www.plan-contor.de/>



Bild 6: Einfamilienhaus in Massivbauweise gemäß <http://www.schmies-rieste.de/>

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

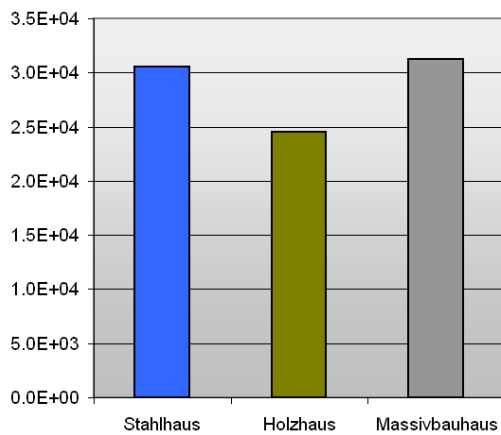
- Keines der Häuser ist unterkellert. Als Gründung wurde eine 20 cm dicke, oberseitig gedämmte Betonplatte angesetzt.
- Für das Dach wurde eine klassische Holz Ausführung gewählt.
- Die Fensterfläche beträgt bei allen drei Bauweisen 16 m². Es werden Holzfenster (U-Wert= 1,2 W/m²K) und eine Haustür aus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

Grundlagen für die Bilanzierung

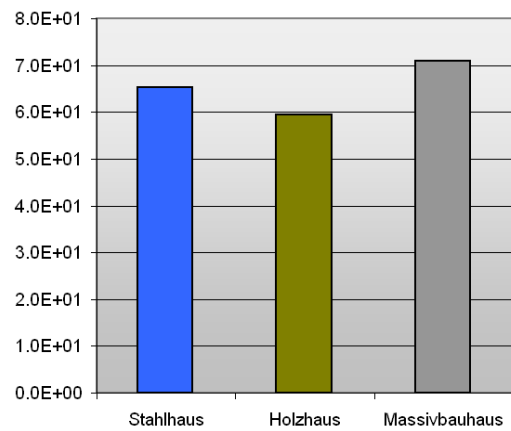
Für den Vergleich wurden die Basisdatenbank GaBi sowie die Zusatzdatenbank für Bauwerkstoffe genutzt. GaBi ist in Deutschland die Referenzdatenbank für Europäische Produktdeklarationen. Es war somit naheliegend, diese für die an der TU München ausgeführten Berechnungen anzuwenden.

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

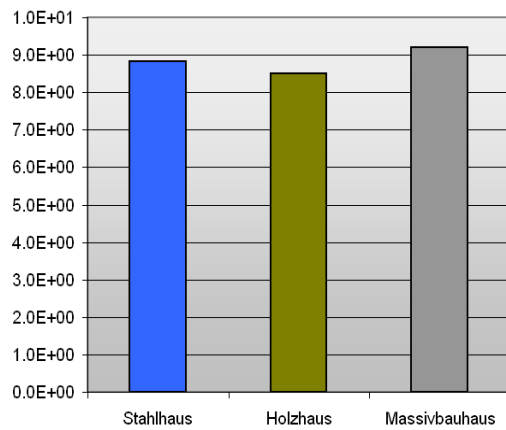
Ergebnisse des Vergleichs



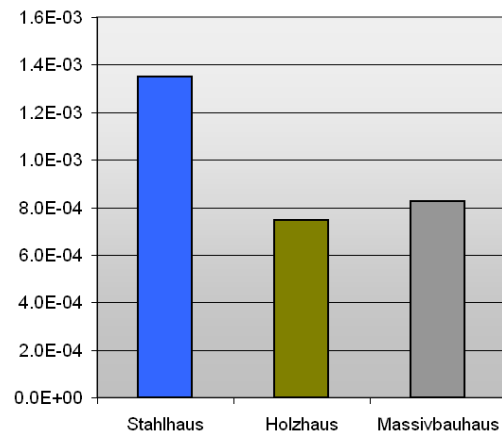
Treibhauspotenzial GWP 100 in [kg CO₂-Äq]



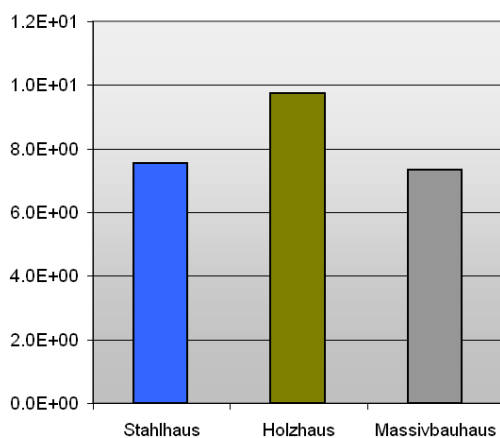
Versauerungspotenzial AP in [kg SO₂-Äq]



Überdüngungspotenzial EUT in [kg PO₄³⁻-Äq]



Ozonzerstörungspotenzial ODP in kg [R11-Äq]



Ozonbildungspotenzial POCP in [kg C₂H₄-Äq]

Bild 7: Emissionen der einzelnen Einfamilienhäuser

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

Die Ergebnisse der Häuser in Stahl- und Massivbauweise liegen bei den Kategorien Treibhauspotenzial (GWP) und bei der Ozonbildung (POCP) in etwa im gleichen Bereich. Bei der Versauerung (AP) und der Überdüngung (EUT) liefert das Stahlhaus um ca. 8% die besseren Werte. Gleichzeitig sind bei der Ozonzerstörung (ODP) die Umweltbelastungen des Stahlbeispiels um rund 40% größer als bei den anderen Häusern. Grund hierfür ist der PU-Schaum in den Sandwichpaneelen.¹³

Betrachtet man die CO₂-Emissionen des Stahlhauses je nach Bauteil (siehe Bild 8), so wird erkennbar, dass die Stahlprofile in der Tragstruktur tatsächlich nur einen sehr kleinen Teil (rund 10%) der CO₂-Belastung verursachen. Die Bodenplatte mit Sauberkeitsschicht, Beton, Bewehrung, Wärmedämmung und Estrich verursachen den deutlich größten CO₂-Ausstoss, gefolgt von den Sandwichpaneelen und der Verbunddecke.

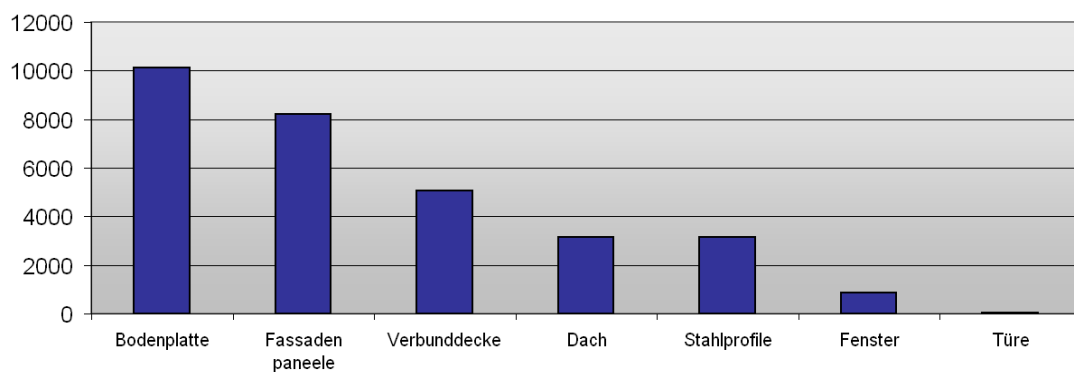


Bild 8: Anteil der einzelnen Bauteile an der CO₂-Belastung in [kg CO₂-Äq] des Stahlhauses¹³

Die Resultate des Energieverbrauch (siehe Bild 9) sind erneut günstig für den Holzbau – die Bilanzwerte sind deutlich geringer als bei der Stahl- und Massivbauweise. Hier macht sich die beim Holz automatisch integrierte Wärmedämmung bemerkbar. Die höheren Werte für die Stahlvariante lassen sich teils mit der nicht wirklichkeitsgetreuen Abbildung des Recyclingverhaltens, d.h. die Recyclingraten werden zu niedrig angesetzt, in der Datenbank GaBi erklären.

¹³ Für PU-Schaum erhält man mit GaBi 8,28 kg CO₂-Äq. /kg. Die Datenbank ecoinvent (v2.01) liefert hingegen den Wert 4,12 kg CO₂-Äq. /kg. Der Unterschied beträgt nahezu 100%. Mit den ecoinvent-Daten würden die Ergebnisse daher wahrscheinlich deutlich anders ausfallen.

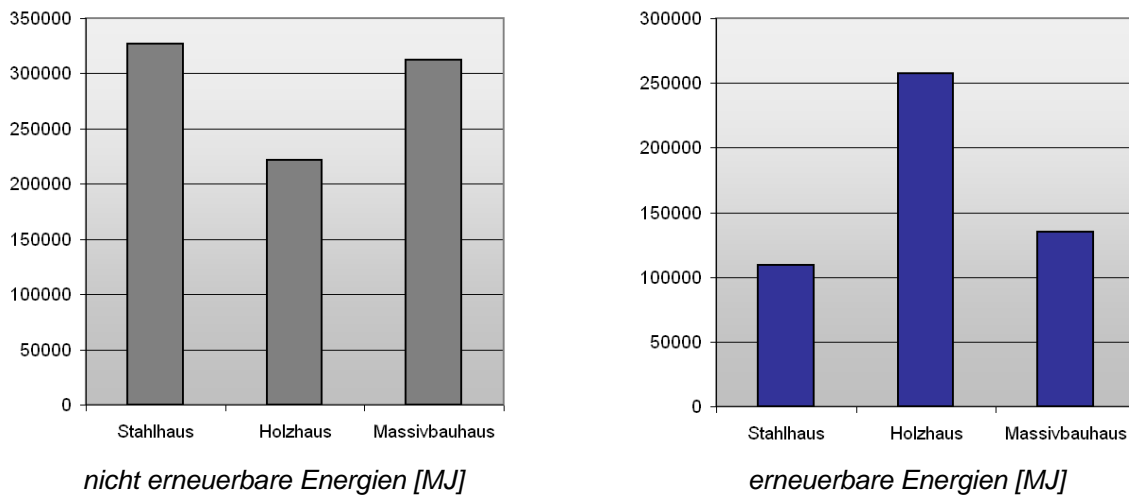


Bild 9: Energieverbrauch (ohne Betriebsenergie) der drei Hausvarianten

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

Schlussfolgerung

Auf Basis des oben durchgeführten Vergleichs können keine konkreten Empfehlungen für oder gegen eine Variante gegeben werden. Hierzu reichen zum aktuellen Zeitpunkt weder Umfang noch Qualität der verwendeten Daten aus. Zudem wird die Bewertungsmethodik durch die Anwendung des GaBi-Programms sehr intransparent und ähnelt einer „Black-Box“. Ergebnisstreuungen sind beispielsweise nicht beurteilbar.

Grundsätzlich hat jede Bauweise positive und negative Aspekte, welche durch intelligentes und effektives Konstruieren zu berücksichtigen sind. Diese Aussagen bestätigen die Empfehlungen von Maydl et al. (2007).

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

2.6 Handlungsbedarf seitens Forschung und Industrie

Angesichts der politischen, normativen und wirtschaftlichen Entwicklung ist die Stahlbranche gefordert, dem Nachhaltigkeitstrend so schnell wie möglich zu folgen.

Hierfür sind zunächst vorhandene **Datenlücken** zu **schließen**. Ziel sollte es sein, eine transparente Datenbasis zu schaffen, damit Lebenszyklusbetrachtungen, sei es in ökologischer und ökonomischer und sozialer Hinsicht, auf fundierter Basis durchführbar sind.

Ökologie

In ökologischer Hinsicht sind die vorhandenen **Datensätze** zu **überprüfen** und strukturiert zu **erweitern**. Dabei sollten insbesondere die Bereiche Verbundmaterialien sowie Lagerung, Transport, Nutzung und De-/Montage untersucht werden. Beispielsweise ist die Frage zu klären, welche Stoffflüsse bei Stahlprodukten nach dem Verlassen des Walzwerks von Relevanz sind.

Zudem sollten weitere **Recyclingraten** für einschlägige Bauteile inklusive Oberflächenbehandlungen, Füge-techniken, Kombinationsmaterialien bereitgestellt werden. Außerdem soll die Möglichkeit des **Direct Recyclings** bzw. das komplette Bauteilrecycling geprüft werden. Hierzu wäre der Aufbau einer Recyclinglogistik für gebrauchte Bauteile/Träger notwendig, und so das Einschmelzen im Elektroofen zu vermeiden. Die Ingenieurbüros und die ausführenden Firmen könnten so durch Informationsaustausch und geschickte Konstruktionen die Bauteile neu verwenden.

Um schließlich die **Qualität der Daten** zu gewährleisten, müssen sie ständig aktualisiert und aktiv kommuniziert werden. Optimal wäre eine ständige und direkte Betreuung der entsprechenden Software-Anbieter durch eine extra Arbeitsgruppe seitens der Stahlindustrie und der Stahlforschung. Wünschenswert ist in diesem Zusammenhang die europaweite **Harmonisierung** von Wirkkategorien. Die europäischen Umweltproduktdeklarationen (**EPD**) stellen in diesem Bereich aufgrund des einheitlichen Vorgehens einen viel versprechenden Ansatz dar und sollten von der Stahlindustrie forciert werden.

Ökonomie

Für wirtschaftliche Bewertungen sind keine Grundlagen, beispielsweise in Form von **Lebenszykluskosten** vorhanden. Hier gilt es eine solide Informationsbasis für Materialkosten, Aufwendungen für Beschichtungen, Montagekosten, Instandhaltung und Instandsetzung, Schrottwert etc. zu erstellen. Bei Anwendung eines dynamischen Investitionskostenverfahrens ist die Wahl eines passenden Kalkulationszinses mit erheblichen Unsicherheiten verknüpft und wird durch die derzeitige Finanzkrise zunehmend erschwert. Es werden daher Hilfestellungen in Form von Parameterstudien und Sensitivitätsanalysen benötigt.

Soziale Faktoren

Zur Bewertung sozialer Aspekte sind von politischer und normativer Seite noch keine konkreten Vorgaben vorhanden. Zudem fehlen entsprechende Indikatoren und Bewertungsmethoden. In diesem Bereich sind die aktuellen Entwicklungen entsprechend zu verfolgen um rasch reagieren zu können

Lebenszyklus

Die **durchgehende Modellierung** des Lebenszyklus von Stahlbauteilen und -konstruktionen ist derzeit nicht möglich. Das vorhandene Material deckt lediglich Teilbereiche, wie z. B. die Herstellung, ab. Ein großes Defizit herrscht dabei im Bereich der tatsächlichen **Lebensdauern**.

Um eine vollständige Bewertung im Sinne der Nachhaltigkeit durchzuführen, ist es außerdem notwendig sogenannte weiche Faktoren, z. B. die Flexibilität und die Umnutzbarkeit, zu berücksichtigen. Hier sollten entsprechende Konzepte und Methoden entwickelt werden.

3. Handlungsvorschläge für das SZS

Um Stahlbauteile beim Thema Nachhaltigkeit entsprechend zu positionieren, empfehlen wir dem SZS folgende drei Strategien:

a) Aktuelle ökologische Gebäudebewertung in der Schweiz aktiv begleiten

Hier gilt es den Kontakt zu einschlägigen Gremien & Arbeitskreise zu pflegen um die Belange des Stahls hinsichtlich Beurteilungsmethodik und Datenbasis direkt vertreten und beeinflussen zu können. Dabei sollten gleichzeitig politische Tendenzen und die Haltung von Architekten und Investorenverbänden verfolgt werden.

Zur Veranschaulichung sind in Bild 10 die in der Schweiz erprobten Planungswerkzeuge für „Nachhaltiges Bauen“ je nach Planungsphase dargestellt. In Tabelle 3 sind die Instrumente aufgelistet, welche aktuell Informationen über Stahlbauteile enthalten und für das SZS bzgl. Kontaktaufnahme/Mitarbeit entsprechend relevant sind. Die genannten Planungswerkzeuge und Instrumente werden im Glossar auf S. 26 und 27 erläutert.

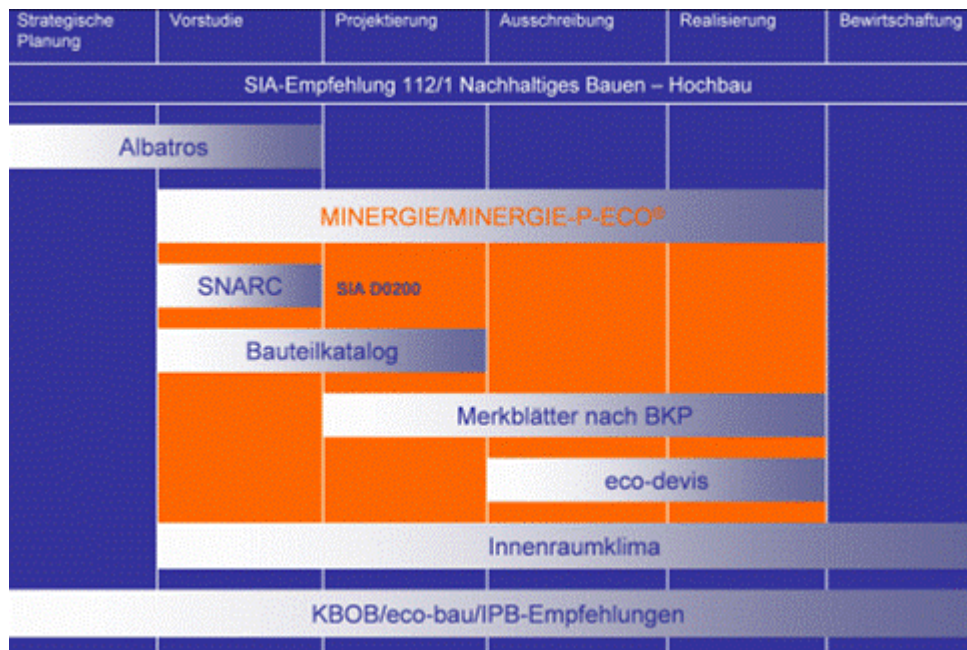
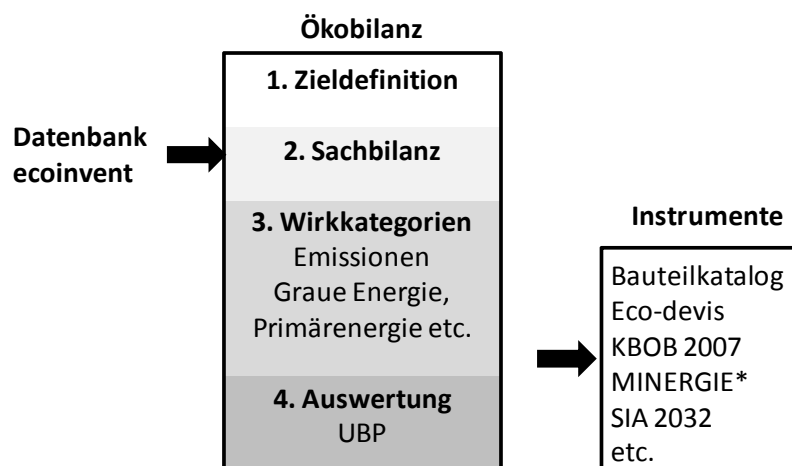


Bild 10: Planungswerkzeuge in der Schweiz (siehe www.eco-bau.ch und Glossar)

Tabelle 3: Relevante Instrumente für Stahlbauteile (siehe Glossar)*

Instrument	Bewertungsmethode/ Wirkkategorien	Trägerverein/ Kontakt	Datenbank
Bauteilkatalog	UBP, Graue Energie, Treibhausgasemissionen	Verein Eco-bau/ H. Gugerli	ecoinvent EMPA Dübendorf Ansprechpartner: H.-J.- Althaus
Eco-devis	u.a. Graue Energie, Lösemittlemissionen		
KBOB 2007	UBP, Primärenergie, Treibhausgasemissionen		
MINERGIE-ECO	u.a. Primärenergie	z. B. HS Luzern/Z. Stössel	Normen, Richtwerte etc.
SIA 2032	Graue Energie	SIA/ R. Aeberli	divers

Zur Veranschaulichung sind in Bild 11 die Zusammenhänge zwischen Datenbank, Ökobilanz und Instrumenten für die Schweiz nochmals dargestellt:



**Für den MINERGIE Standard werden zusätzliche Kennzahlen benötigt, die nicht im Rahmen einer Ökobilanz zu ermitteln sind (z. B. Heizwärmebedarf)*

Bild 11: Zusammenhang zwischen Daten, Ökobilanz und Instrumenten in der Schweiz

b) Imagekampagne für Stahl vorantreiben

Für alle am Bau Beteiligten, d.h. Planer, Architekten, Branche und Bauherren, sowie für Politik und Gesellschaft sollten vielfältige und transparente Informationen über den „nachhaltigen Stahlbau“ bereitgestellt werden. Das hierfür benötigte Marketing ist vielschichtig und umfasst sowohl Fachartikel und Gebäudedokumentationen als auch Poster, Flyer, Plakate etc. Zudem wäre die Erstellung eines Handbuchs mit so genannten „DOs and DONTs“ für nachhaltiges Bauen mit Stahl hilfreich. Hier sollten für Planer umfangreiche Informationen über Produkte, Planung, Montage, Statik, Bauphysik und Ausführung gesammelt werden. Außerdem sollten Aspekte wie Lebensdauer, Unterhalt, Kosten, Wirkkategorien und Recycling behandelt werden.

c) Bildung eines Arbeitskreises zum Thema Nachhaltigkeit

Ziel sollte es sein die unter 2.6 genannten Themen weiter zu bearbeiten, z. B. im Rahmen eines Forschungsclusters. Dabei sollte der Kontakt zum AiF/DFG-Forschungsverbund GruNaStahl (Grundlagen und Nachweise zum nachhaltigen Einsatz von Stahl im Bauwesen) in Deutschland forciert werden. Falls dieses Forschungscluster tatsächlich genehmigt wird, wird auch die Schweiz von den Ergebnissen profitieren können (z. B. Nutzung der dann vorhandenen Datengrundlage). Die Ergebnisse dieses Clusters werden allerdings erst etwa im Jahr 2013 vorliegen können.

4. Zusammenfassung

Nachhaltigkeit bedeutet die gleichwertige Betrachtung und Bewertung der Bereiche Ökologie, Ökonomie und Soziales. Der Begriff ist äußerst weitläufig und bietet viel Raum für Interpretationen. Folglich gibt es mehrere Möglichkeiten das Thema Nachhaltigkeit auf das Bauwesen und den Stahlbau anzuwenden. Die Ansätze reichen vom qualitativen Bewertungssystem bis hin zur Zertifizierung mit 63 Kriterien (in Deutschland). In der Schweiz hat sich bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch kein einheitliches Bewertungssystem für nachhaltiges Bauen durchgesetzt.

Tatsache ist, dass der Bereich Ökologie im Hinblick auf Indikatoren, Bewertungsmethodik und Datenlage deutlich am weitesten fortgeschritten ist. Stoff- und Energieströme werden mit Hilfe einer Ökobilanz ermittelt und beurteilt. Die Methode ist in der DIN EN ISO 14044 genormt und kann mit Hilfe von einschlägigen Datenbanken durchgeführt werden. Die Auswertung umfasst die Betrachtung von mehreren sogenannten Wirkkategorien. In der Schweiz haben sich zu diesem Zweck die sogenannten Umweltbelastungspunkte etabliert, wobei eine einzelne Kennzahl ermittelt wird. Dieses Vorgehen ist allerdings nicht konform mit der Norm.

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

In den vorhandenen, durchgehend ökologisch ausgerichteten Datenbanken und Studien werden oben genannte Potenziale nicht untersucht oder berücksichtigt. Zudem sind die verwendeten Datensätze für die Ökobilanzierung von Stahlbauteilen inhomogen und ergeben teils signifikant Unterschiede. Hauptursache ist dabei häufig der Ansatz von zu geringen Recyclingraten für die Stahlbauteile. Erst kürzlich wurden Recyclingraten von 98% für Stahlprofile und 37% für Stahlblech in den einschlägigen Datensammlungen der Schweiz integriert. Der Einfluss auf zukünftige Bilanzierungen wird dementsprechend positiv sein.

Tatsache ist, dass mit ökologischen Vergleichsrechnungen zum jetzigen Zeitpunkt keine konkreten Empfehlungen für oder gegen Bauweisen oder Baustoffe gegeben werden können. Die Auswertungsmethoden sowie Umfang und Qualität der vorhandenen Daten sind hierfür noch nicht ausreichend. Grundsätzlich hat jede Bauweise positive und negative Aspekte, welche durch intelligentes und effektives Konstruieren zu berücksichtigen sind.

Angesichts der politischen, normativen und wirtschaftlichen Entwicklung ist die Stahlbranche gefordert, dem Nachhaltigkeitstrend so schnell wie möglich zu folgen. Hierzu gilt es zuvorderst Datenbanken zu kontrollieren und auszubauen. Wünschenswert wäre eine Forcierung von Europäischen Umweltproduktdeklarationen (EODs) für Stahlbauteile.

Ziel sollte es sein, eine transparente Datenbasis zu schaffen, damit Lebenszyklusbetrachtungen in ökologischer und ökonomischer und sozialer Hinsicht auf fundierter Basis durchführbar sind.

5. Literatur

Bauen mit Stahl e. V. (2009): Leitgedanken zum nachhaltigen Bauen, Bauen mit Stahl e.V., Düsseldorf.

Frischknecht R., R. Steiner, N. Jungbluth (2006): Ökobilanzen: Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006, Methode für die Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen, Öbu SR 28/2008 Öbu, Netzwerk für nachhaltiges Wirtschaften, Zürich.

Gastl R. (2005): Kontinuierliche Verbesserung im Umweltmanagement, Die KVP-Forderung der ISO 14001 in Theorie und Unternehmenspraxis, ISBN: 13: 978 3 7281 3034 1, Hochschulverlag AG, ETH Zürich, CH.

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

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

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

Öbu (2005): LCA Software Guide von 1997 (Öbu Schriftenreihe SR 13) überarbeitet 2005, ÖBU Netzwerk für nachhaltiges Wirtschaften, Zürich.

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

SZS Stahlbau Zentrum Schweiz (2007): Jahresbericht 2007, elektronisch veröffentlicht: http://www.szs.ch/user_content/editor/files/Jahresberichte/jahresbericht_2007.pdf [Stand 06.10.2008].

UVEK Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, **ARE** Energie und Kommunikation, Bundesamt für Raumentwicklung (2008): Stabsstelle Information Faktenblatt 16.04.2008: Strategie Nachhaltige Entwicklung: Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011, Zürich.

Volkshausen W. (2003): Methodische Beschreibung und Bewertung der umweltgerechten Gestaltung von Stahlwerkstoffen und Stahlerzeugnissen, Dissertation, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie, Freiberg.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt Energie GmbH (2008): Stahl – ein Werkstoff mit Innovationspotenzial, Ergebnisse des ‚Zukunftsdialogs Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung‘, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt Energie GmbH, Juni 2008.

6. Glossar

Albatros	Methodik zum Einbezug der Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung in der strategischen Planung von öffentlichen Bauten. Albatros hat zum Ziel, transparente und tragfähige Entscheide zu treffen. veröffentlicht unter: www.eco-bau.ch
Baustoffmanagement 21	Portal für Nachhaltigkeit im Baustoff-Management, www.baustoffmanagement21.ch
Bauteilkatalog	Der Internet-Benutzer kann Bauteile aus dem Katalog wählen und die Ausführungsvariante (z. B. Materialien und Schichtdicken) dynamisch ändern. Per Mausklick werden U-Wert und aktuelle ökologische Kennwerte (UBP 06, Graue Energie und Treibhauseffekt) berechnet und tabellarisch, sowie grafisch dargestellt. www.Bauteilkatalog.ch
BPR	Bauproduktenrichtlinie
BKP-Merkblätter	enthalten praktische Vorgaben für Projektierung und Ausschreibung mit ökologisch günstigen und gesundheitlich unbedenklichen Materialien. veröffentlicht unter: www.eco-bau.ch
eco-bau	Plattform öffentlicher Bauherrschaften von Bund, Kantonen und Städten mit Empfehlungen zum nachhaltigen Bauen, Planen und Bewirtschaften von Gebäuden und Anlagen. www.eco-bau.ch
eco-devis	Kennzeichnung von Bauprodukten oder Verarbeitungen mit geringer Umweltbelastung. Die Ergebnisse sind als Merkblätter verfügbar und teilweise in EDV-Programmen integriert. veröffentlicht unter: www.eco-bau.ch
ecoinvent	Datenbank für die Nachhaltigkeitsanalyse von Produkten und Prozessen. www.evoinvent.org
EPD	Europäische Umweltproduktdeklaration
GaBi	Software und Datenbank für die Nachhaltigkeitsanalyse von Produkten und Prozessen. www.gabi-software.com
Ganzheitlich	Betrachtung von ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten während des gesamten Lebenszyklus.
Graue Energie	Definition gemäß SIA 2032: Summe der nicht erneuerbaren Primärenergien. Diese umfassen die fossilen und nuklearen Energien, also ohne Wasserkraft und Energien aus nachwachsenden Rohstoffen.

IBP	Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren, www.ipb-news.ch
IBU	Institut für Bauen und Umwelt e.V., www.bau-umwelt.de
Innenraumklima	Planungs- und Arbeitsblätter, die planerische Vorgaben zur Umsetzung einer schadstoffarmen und gesunden Bauweise beinhalten. veröffentlicht unter: www.eco-bau.ch
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren, www.bbl.admin.ch/kbob
LCA	Life-Cycle-Assessment, Ökobilanz: systematische Analyse der Umweltwirkungen von Produkten während des gesamten Lebensweges („von der Wiege bis zur Bahre“).
LCCA	Life-Cycle-Cost-Analysis, Lebenszykluskostenanalyse: Methode zur Ermittlung und Bewertung von Kostenströmen während eines Produktlebenszyklus.
MINERGIE-ECO	Kooperationsprojekt zwischen MINERGIE und eco-bau. Freiwilliger Baustandard, der den rationellen Energieeinsatz und die breite Nutzung erneuerbarer Energien bei gleichzeitiger Verbesserung der Lebensqualität, Sicherung der Konkurrenzfähigkeit und Senkung der Umweltbelastung ermöglicht. www.minergie.ch
Primärenergie	die Energie, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung steht, etwa als Kohle, Gas oder Wind.
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, www.sia.ch
SNARC	Systematik zur Beurteilung von ökologischen Aspekten im Architekturwettbewerb und bei Studienaufträgen. veröffentlicht unter: www.eco-bau.ch
SZS	Stahlbau Zentrums Schweiz
UBP	Umweltbelastungspunkte basierend auf der Methode der Ökologischen Knappheit zur Auswertung einer Ökobilanz
WCED	World Commission on Environment and Development

7. Anhang

Kriteriensteckbriefe des BMVBS für ein Nachhaltiges Bauwerk

HAUPTKRITERIUM / Kriteriengruppe	Nr.	Kriterium
ÖKOLOGISCHE QUALITÄT		
Wirkungen auf die globale Umwelt	01	Treibhauspotenzial (GWP)
	02	Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)
	03	Ozonbildungspotenzial (POCP)
	04	Versauerungspotenzial (AP)
	05	Überdüngungspotenzial (EUT)
	06	Risiken für die lokale Umwelt (Risiko für Grundwasser, Oberflächenwasser und Boden, Risiko für die Luft)
	07	Sonstige Wirkungen auf die lokale Umwelt (Lichtverschmutzung)
	08	Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt (Materialverwendung aus erneuerbaren Ressourcen)
	09	Mikroklima
Ressourceninanspruchnahme und Abfallaufkommen	10	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PEne)
	11	Primärenergiebedarf erneuerbar, (PEe)
	12	Sonstiger Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen
	13	Abfall
	14	Frischwasserverbrauch Nutzungsphase
	15	Flächeninanspruchnahme
ÖKONOMISCHE QUALITÄT		
Lebenszykluskosten	16	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus
Wertentwicklung	17	Wertstabilität
SOZIOKULTURELLE UND FUNKTIONALE QUALITÄT		
Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit	18	Thermischer Komfort im Winter
	19	Thermischer Komfort im Sommer
	20	Innenraumlufthqualität
	21	Akustischer Komfort
	22	Visueller Komfort
	23	Einflussnahme des Nutzers
	24	Gebäudebezogene Außenraumqualität
	25	Sicherheit und Störfallrisiken
Funktionalität	26	Barrierefreiheit
	27	Flächeneffizienz
	28	Umnutzungsfähigkeit
	29	Öffentliche Zugänglichkeit
	30	Fahrradkomfort
Gestalterische Qualität	31	Sicherung der gestalterischen und städtebaulichen Qualität im Wettbewerb
	32	Kunst am Bau

TECHNISCHE QUALITÄT		
Qualität der technischen Ausführung	33	Brandschutz
	34	Schallschutz
	35	Thermische und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle
	36	Backupfähigkeit der TGA
	37	Bedienbarkeit der TGA
	38	Ausstattungsqualität der TGA
	39	Dauerhaftigkeit / Anpassung der gewählten Bauprodukte, Systeme und Konstruktionen an die geplante Nutzungsdauer
	40	Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der Baukonstruktion
	41	Widerstandsfähigkeit gegen Hagel, Sturm und Hochwasser
42	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit	
PROZESSQUALITÄT		
Qualität der Bauausführung	43	Qualität der Projektvorbereitung
	44	Integrale Planung
	45	Nachweis der Optimierung und Komplexität der Herangehensweise in der Planung
	46	Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe
	47	Schaffung von Voraussetzungen für eine optimale Nutzung und Bewirtschaftung
	48	Baustelle/Bauprozess
	49	Qualität der ausführenden Firmen/Präqualifikation
	50	Qualitätssicherung der Bauausführung
Qualität der Bewirtschaftung	51	geordnete Inbetriebnahme
	52	Controlling
	53	Management
	54	Systematische Inspektion, Wartung und Instandhaltung
	55	Qualifikation des Betriebspersonals
STANDORTQUALITÄT		
	56	Risiken am Mikrostandort
	57	Verhältnisse am Mikrostandort
	58	Image und Zustand von Standort und Quartier
	59	Verkehrsanbindung
	60	Nähe zu nutzungsrelevanten Objekten und Einrichtungen
	61	anliegende Medien/Erschließung
	62	Planungsrechtliche Situation
	63	Erweiterungsmöglichkeiten /Reserven