

Nachhaltig Bauen mit Stahl



Österreichischer Stahlbautag 2011

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. (NDS) M. Mensinger

Lehrstuhl für Metallbau

Technische Universität München

Alles nachhaltig oder was?

5.030.000 Google-Eintragungen zum Stichwort „nachhaltig“

97.400.000 Google-Eintragungen zum Stichwort „sustainable“ (01.05.2011)



Deutsche Bank
Gesellschaftliche Verantwortung



Wir handeln mit Verantwortung.



VORWEG GEHEN

Nachhaltige Unternehmensführung
Als eines der führenden europäischen Energieversorgungsunternehmen übernehmen wir Verantwortung gegenüber unseren Kunden, Mitarbeitern und der Gesellschaft.

Was ist Nachhaltigkeit überhaupt?

Nachhaltige Entwicklung heißt, **Umweltgesichtspunkte** gleichberechtigt mit **sozialen** und **wirtschaftlichen Gesichtspunkten** zu berücksichtigen. Zukunftsfähig wirtschaften bedeutet also: Wir müssen unseren Kindern und Enkelkindern ein intaktes ökologisches, soziales und ökonomisches Gefüge hinterlassen. Das eine ist ohne das andere nicht zu haben.

Rat für nachhaltige Entwicklung der Deutschen Bundesregierung
(<http://www.nachhaltigkeitsrat.de/nachhaltigkeit/>)

Der Rat wurde 2001 durch die Regierung von Gerhard Schröder etabliert.



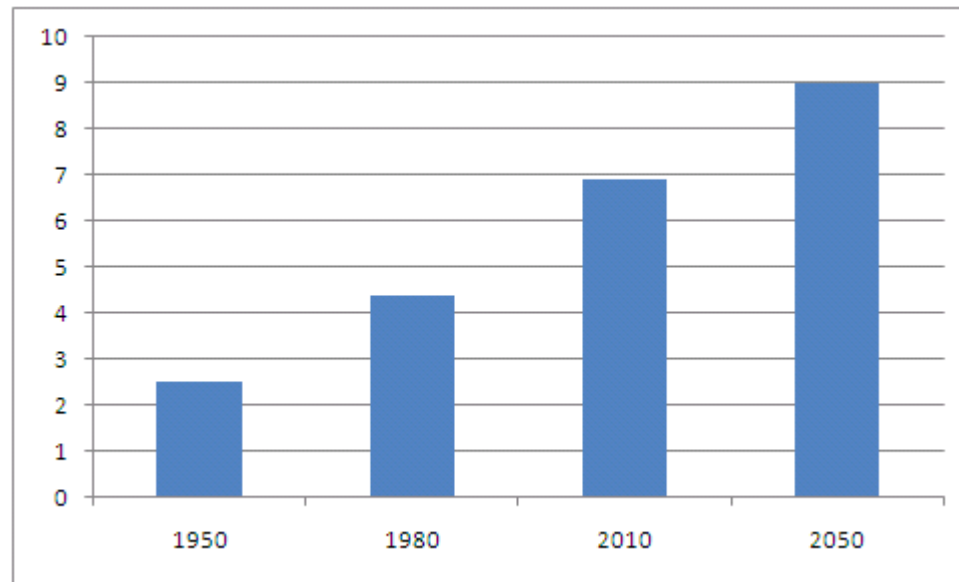
Bernd Heins, 1994; Verband der Chemischen Industrie, 1996

Nationale Nachhaltigkeitsstrategie – 7 Schwerpunkte

- **Energie** effizient nutzen - Klima wirksam schützen.
Drehbuch für eine zukunftsfähige Energiepolitik
- **Mobilität** sichern - Umwelt schonen.
Fahrplan für neue Wege
- Gesund produzieren - gesund **ernähren**.
Verbraucher als Motor des Strukturwandels
- **Demografischen Wandel** gestalten.
Neuer Übergang in den dritten Lebensabschnitt
- Alte Strukturen verändern - neue Ideen entwickeln.
Bildungsoffensive und Hochschulreform
- Innovative Unternehmen - **erfolgreich wirtschaften**.
Innovation als Motor der Nachhaltigkeit, Nachhaltigkeit als Motor der Innovation
- Flächeninanspruchnahme vermindern.
Nachhaltige **Siedlungsentwicklung** fördern.

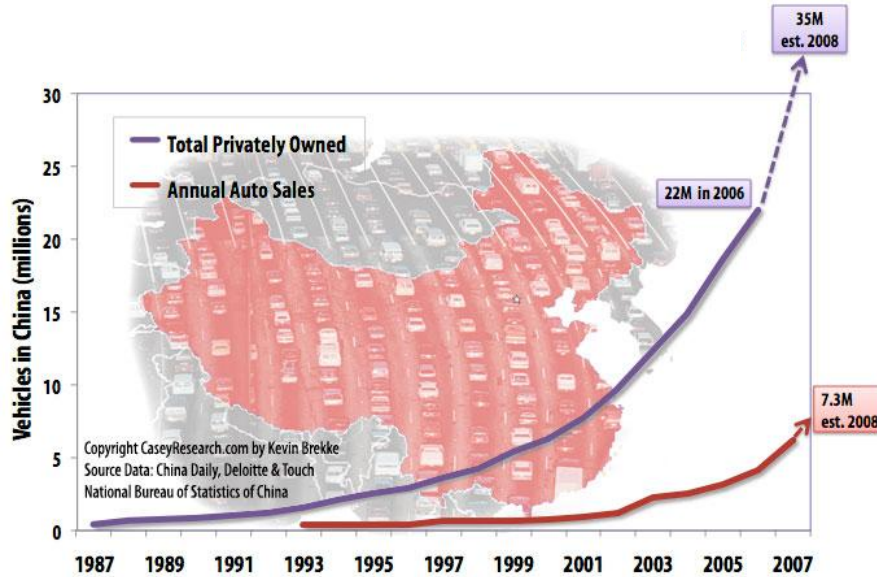
Ist Nachhaltigkeit der Überbegriff für ein politisches Programm?

Bevölkerungsentwicklung



In Milliarden Menschen (Quelle: UNO, mittlere Prognose)

Zunahme der Privat-PKW's in China



Bisher sind rund 76,2 Millionen Autos in China unterwegs.

Im vergangenen Jahr waren in China rund 13,5 Millionen Autos verkauft worden, womit das Land die bisher führenden USA überholte.

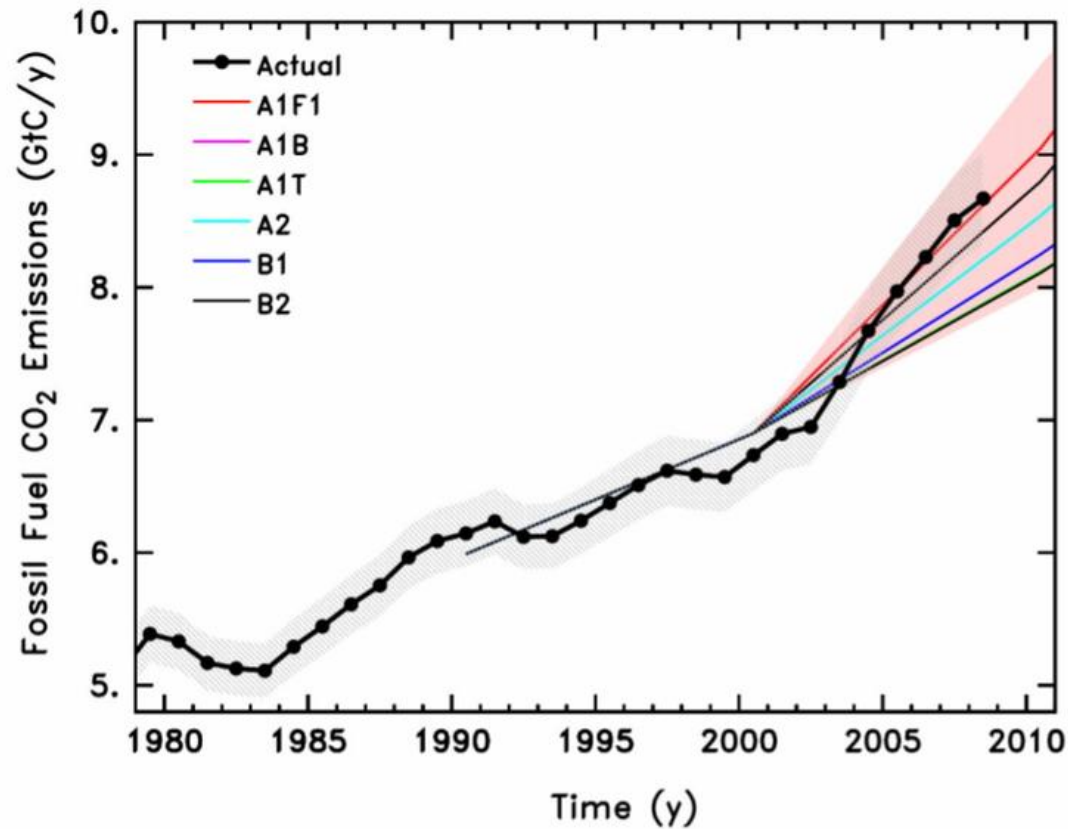
In diesem Jahr soll die Zahl der verkauften Autos auf 15 Millionen steigen.

In Deutschland werden in normalen Jahren etwas mehr als drei Millionen Autos verkauft. Derzeit sind knapp 42 Millionen Fahrzeuge auf Deutschlands Straßen unterwegs.

Damit gibt es hierzulande etwa halb so viele Autos wie Einwohner. In China läge der Anteil auch bei den vorausgesagten **200 Millionen Autos im Jahr 2020** bei 15 Prozent.

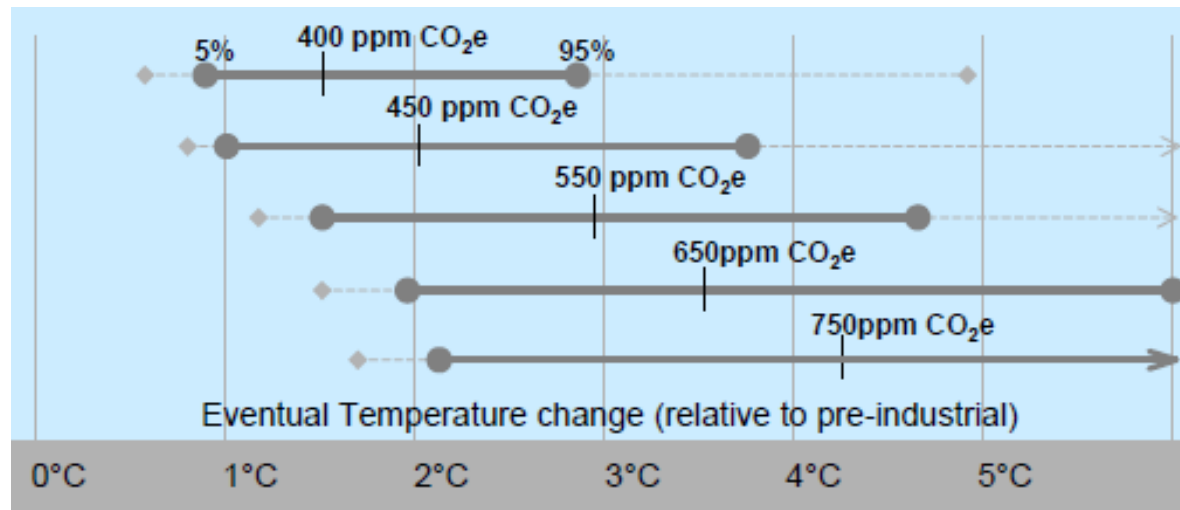
Quelle: www.bild.de , 06.09.2010

Entwicklung CO₂ Ausstoß



Quelle: The Copenhagen Diagnosis

Klimawandel – prognostizierter Temperaturanstieg



Im „Stern Report“ wird eine Stabilisierung der THG bei 550 ppm CO₂e für möglich gehalten, wenn jetzt entsprechend reagiert wird.

Quelle: Stern review

Klimawandel – Folgen



Zufahrt nach Engelberg, Schweiz, im August 2005 nach einem extremen Hochwasserereignis

Nachhaltigkeit: Bedeutung des Baus

Ca. 40% der verbrauchten Energie wird für die Erstellung und den Betrieb von Gebäuden benötigt.

30% des CO₂ Ausstosses in Europa entstehen im Gebäudebereich

Nur ca. 10% der jährlichen verbauten Materialmenge fließen in einem Jahr zurück (d.h. die Recyclingquote ist teils noch klein und der Gebäudebestand nimmt immer weiter zu).

Jährlich fallen in Deutschland 231 Mio. Tonnen Bauabfälle an, der Bau ist für 60% der Masse und 80% des Volumens aller Abfälle verantwortlich.

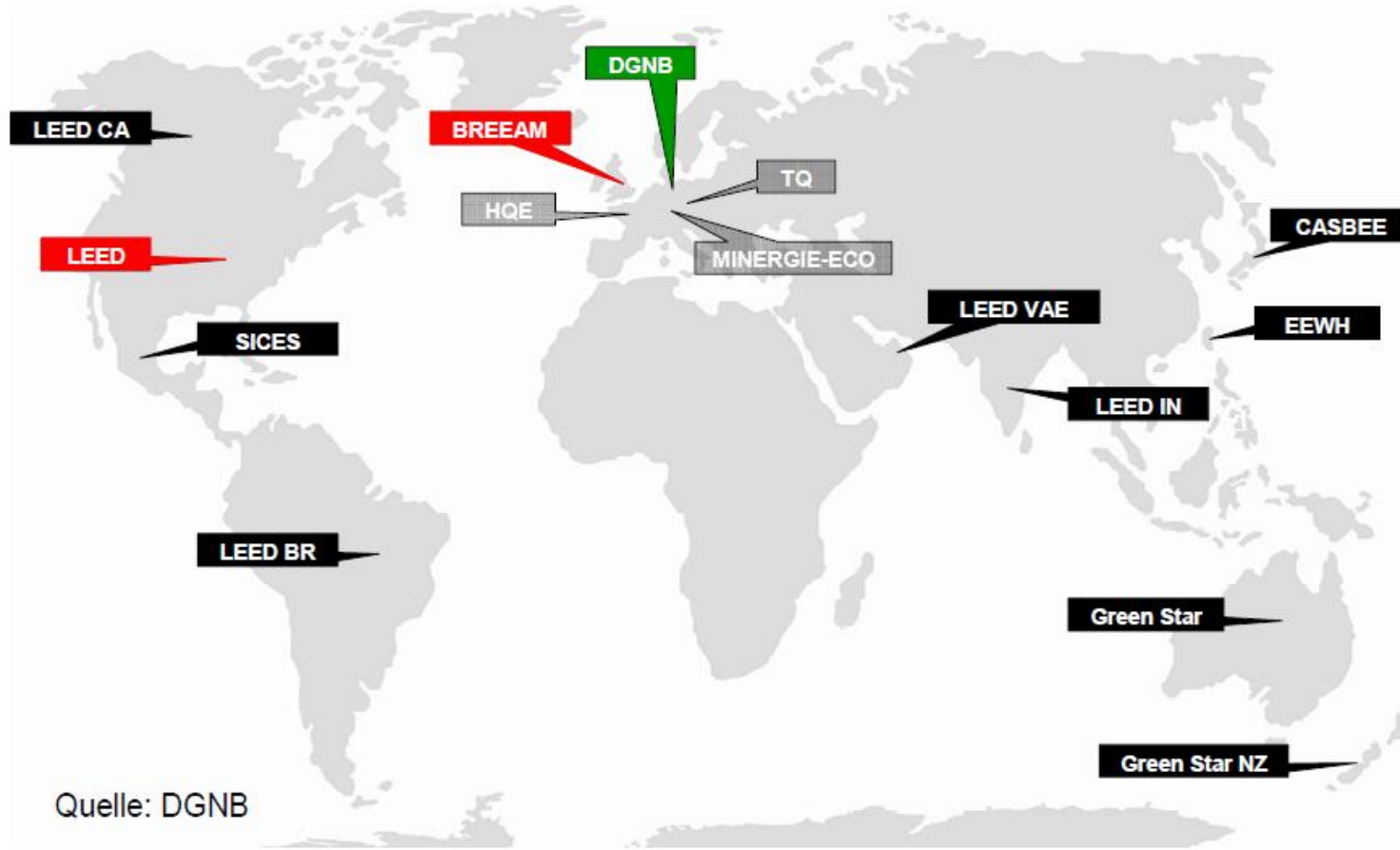
In Deutschland stellt der Bau 12% des Bruttosozialproduktes und ca. 8% der Arbeitsplätze.

Ansatz zur Umsetzung im Bau

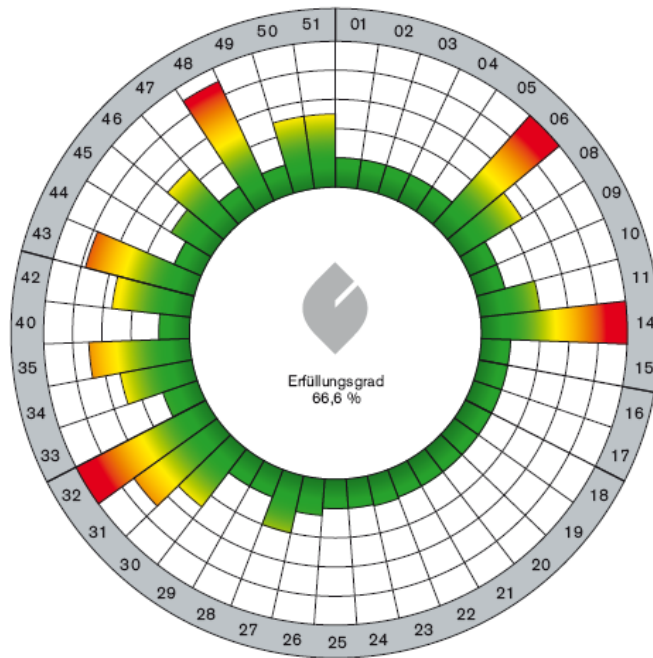
Ökologie	Ökonomie	Soziales
Emissionen [CO ₂] etc. Energieverbrauch [MJ] Flächenverbrauch [m ²] Wasserverbrauch [l] Abfall [kg] Ressourcenverbrauch [l], [m ³], etc.	Kapitalerhaltung [€] Lebensdauer [a] Kosten [€] Funktionalität ...	Ästhetik Sicherheit, Ausnutzung [%] Schall, Raumakustik [dB] Raumklima [C°], [%], etc. Gestalterische Qualität Gesundheit Behaglichkeit ...

Quellen: Enquête (1998) und SIA (2000)

Beurteilung der Nachhaltigkeit von Gebäuden



Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen



(www.dgnb.de)

Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V.



-Mit Unterstützung des BMVBS

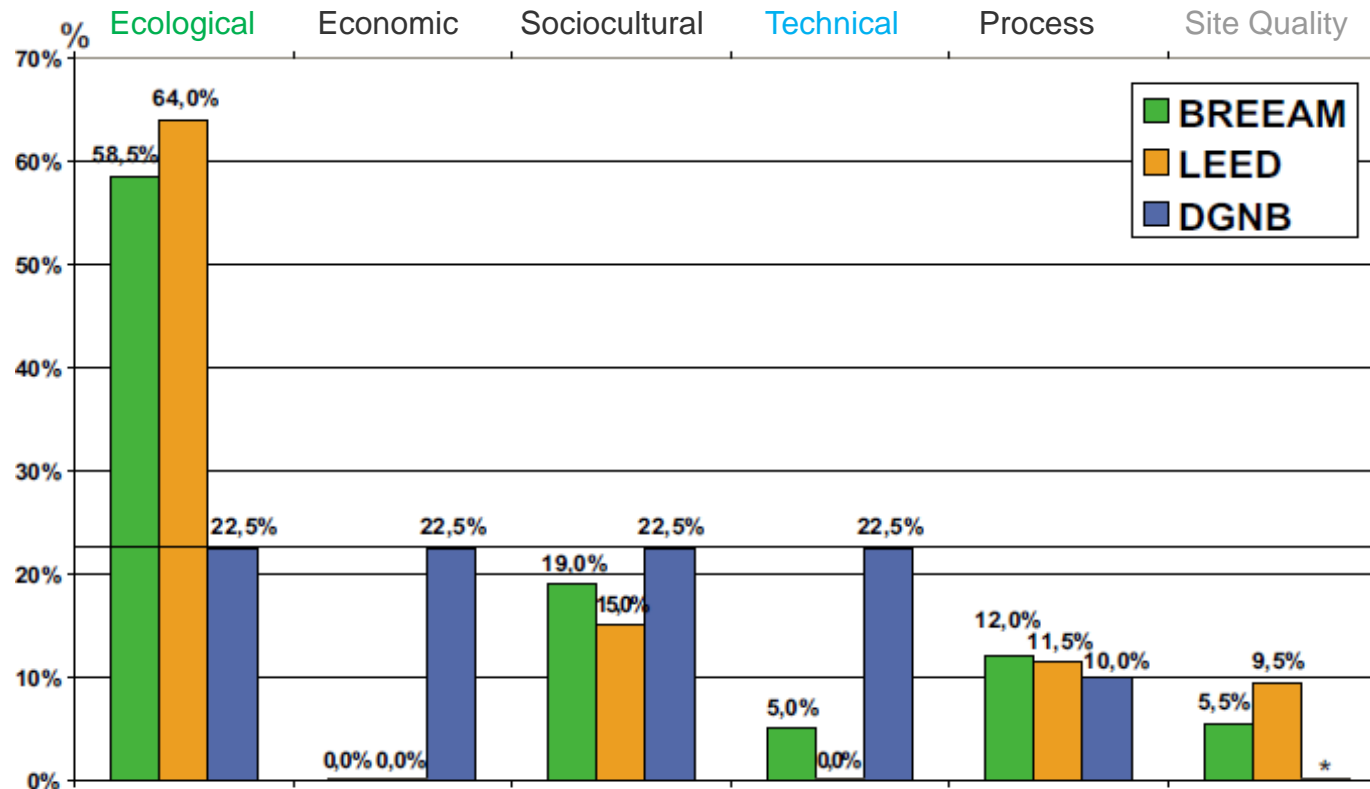


-Freiwillige Zertifizierung

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude

	Ökologische Qualität 22,5 %	Ökonomische Qualität 22,5%	Soziokulturelle und Funktionale Qualität 22,5%
Technische Qualität		22,5%	
Prozessqualität		10,0%	
Standortqualität			

Bewertungssysteme - Schwerpunkte



* DGNB: separate evaluation of site / location

Ökologische Aspekte des Werkstoffes Stahl



Quelle: Voestalpine Stahl GmbH

Stahlproduktion - Hochofenroute und Elektroofenroute

Ca. 98% der Walzstahlprofile in der Schweiz bestehen aus Sekundärstahl

Der Sekundärstahlanteil bei Blechen liegt bei ca. 45%.

Eine Tonne Stahl, die aus Schrott erzeugt wird benötigt nur 40% der Energie, spart

1,50 Tonnen Eisenerz,
0,65 Tonnen Kohle,
0,30 Tonnen Kalkstein
und vermeidet
1 Tonne CO₂



Quelle:

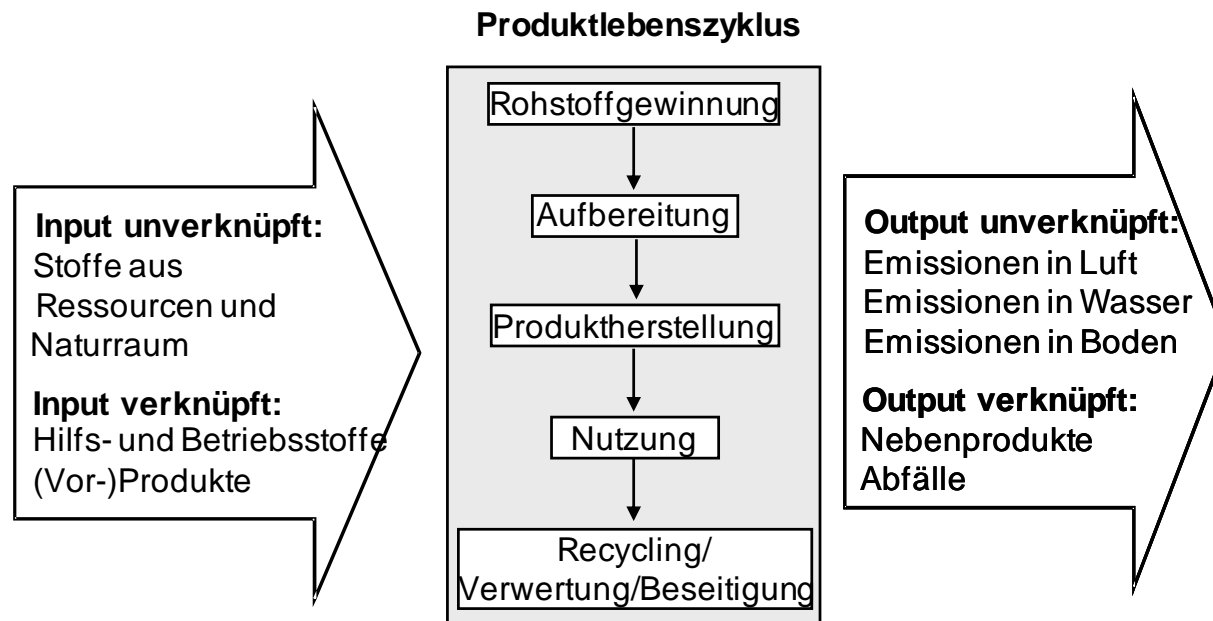
<http://www.honda.de/specials/car/synergie/index-isdn.html>

ÖKOSTAHL
100% Recycling

Ökologische Produktbewertung

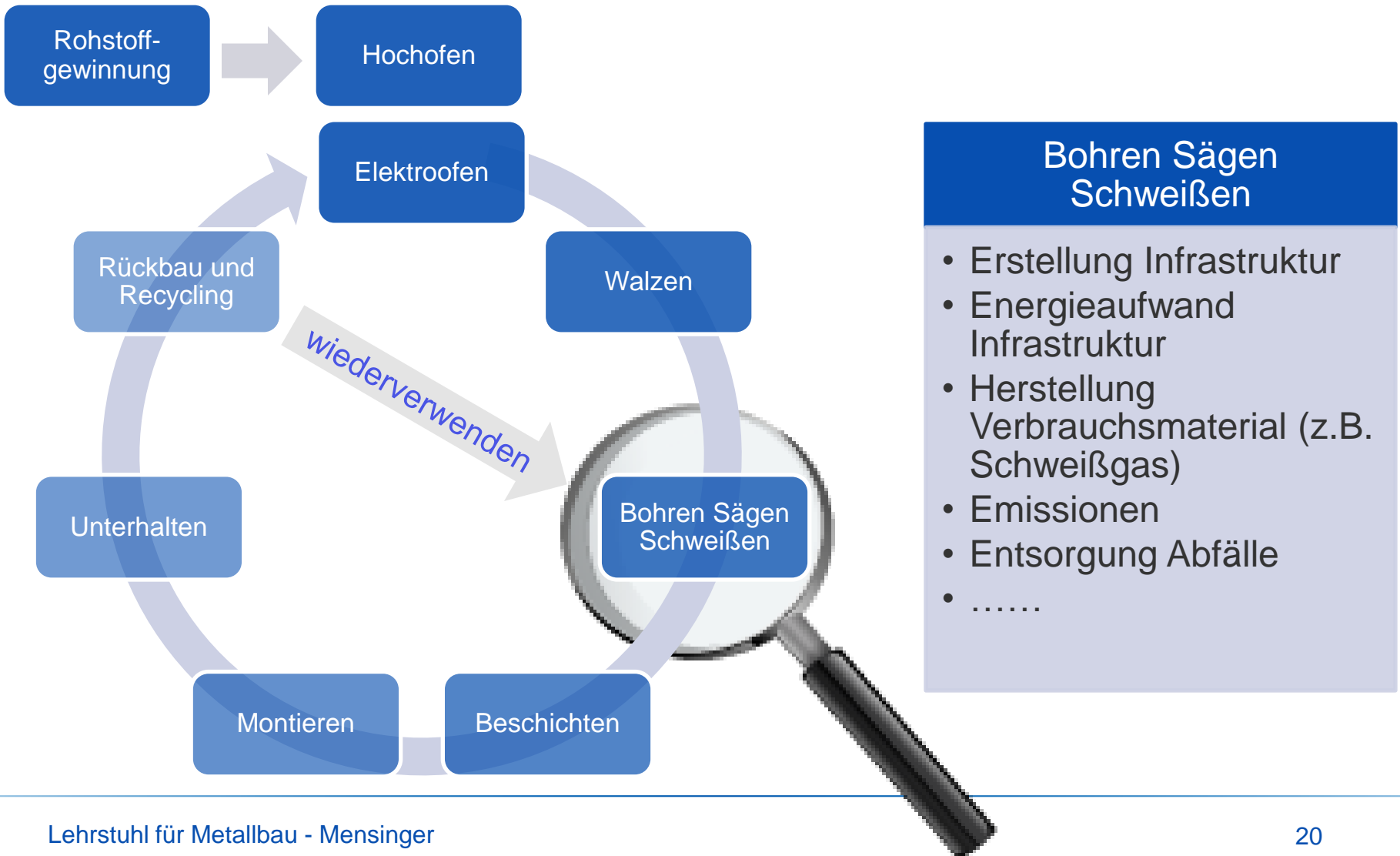
Ermittlung von Wirkkategorien: GWP, ODP, POCP, AP, EUT, PEne, PEe etc.

Grundlage: **Stoff- und Energieströme**



Quelle: Kümmel (2000)

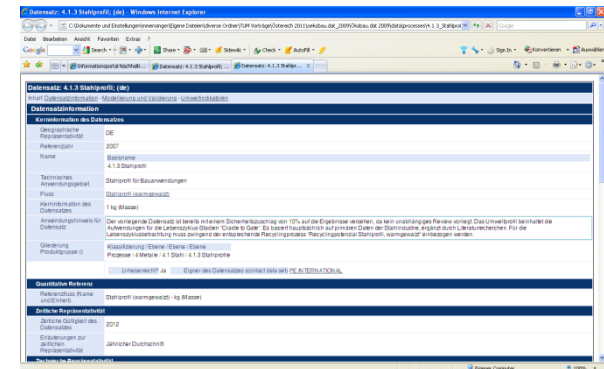
Lebenszyklus einer Stahlkonstruktion



Ökobau.dat – ökologische Grundwerte

Ökologische Kennwerte von 650 Baumaterialien und Bau- und Transportprozessen

- Mineralische Baustoffe
- Dämmstoffe
- Holzprodukte
- Metalle
- Anstriche und Dichtmassen
- Bauprodukte aus Kunststoffen
- Komponenten von Fenstern, Türen und Vorhangfassaden
- Gebäudetechnik
- Sonstiges



Enthält Angaben zu den Quelldaten wie Bezugseinheit, Gültigkeitsdauer, Datenqualität etc.

www.nachhaltigesbauen.de

EPD's - Umweltproduktdeklarationen

Environmental Product Declaration

Basieren auf ISO-Normen

EN 15804

„Nachhaltigkeit von Bauwerken –
Umweltdeklarationen für Produkte –
Regeln für Produktkategorien“

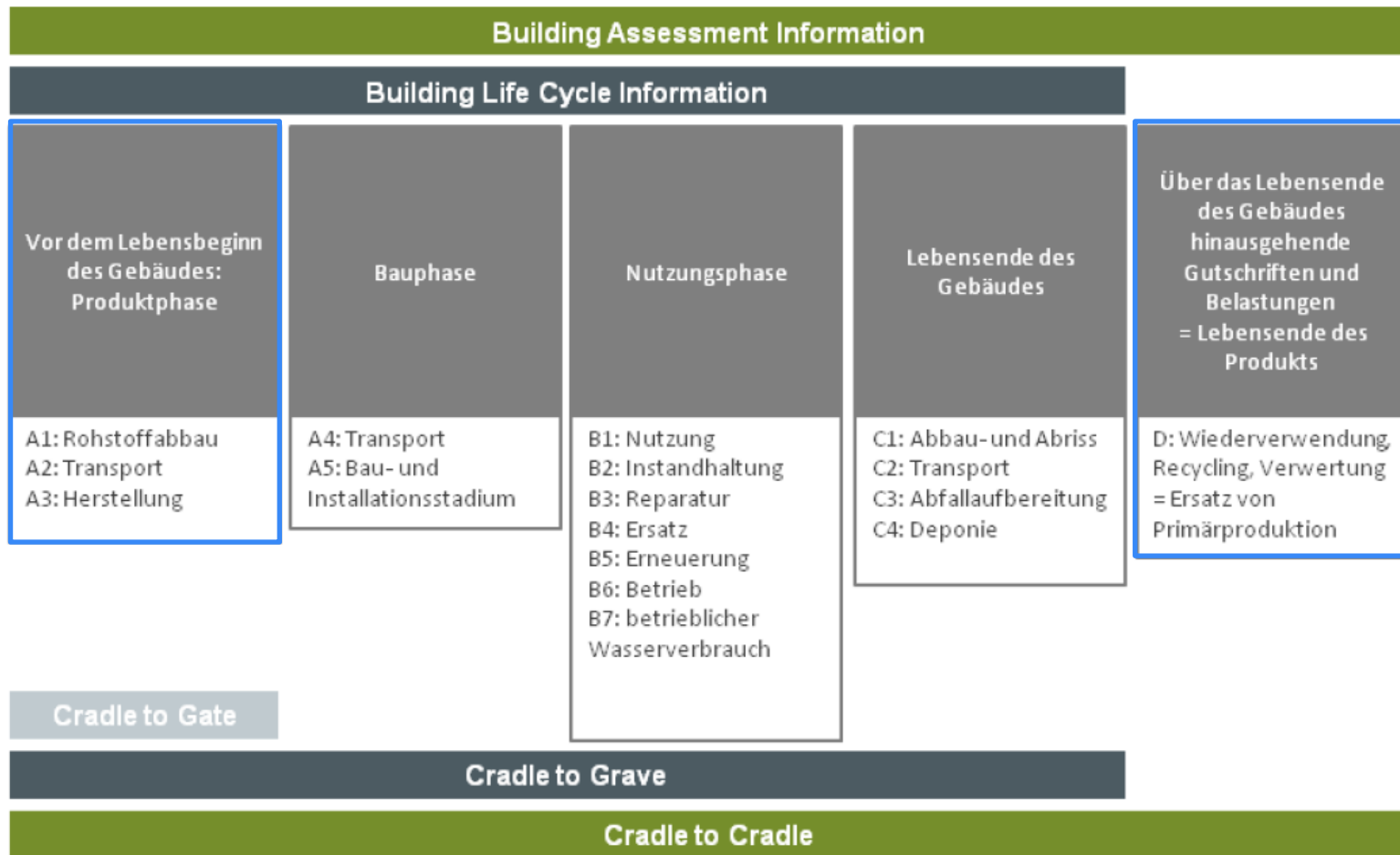


www.bau-umwelt.de



Institut Bauen
und Umwelt e.V.

Umfang einer EPD (nach EN 15804 und EN 15978)



Quelle: >>bauforumstahl

EPD für Baustähle (EPD-BFS-2010111)

Gültig für:

Warmgewalzte Stahlbauprofile und Grobbleche
S 235 bis S 690
Hochofenprozeß und Elektrolichtbogen

Anwendung:

Baustahl für geschraubte, geschweißte und andersartig verbundene Gebäudekonstruktionen

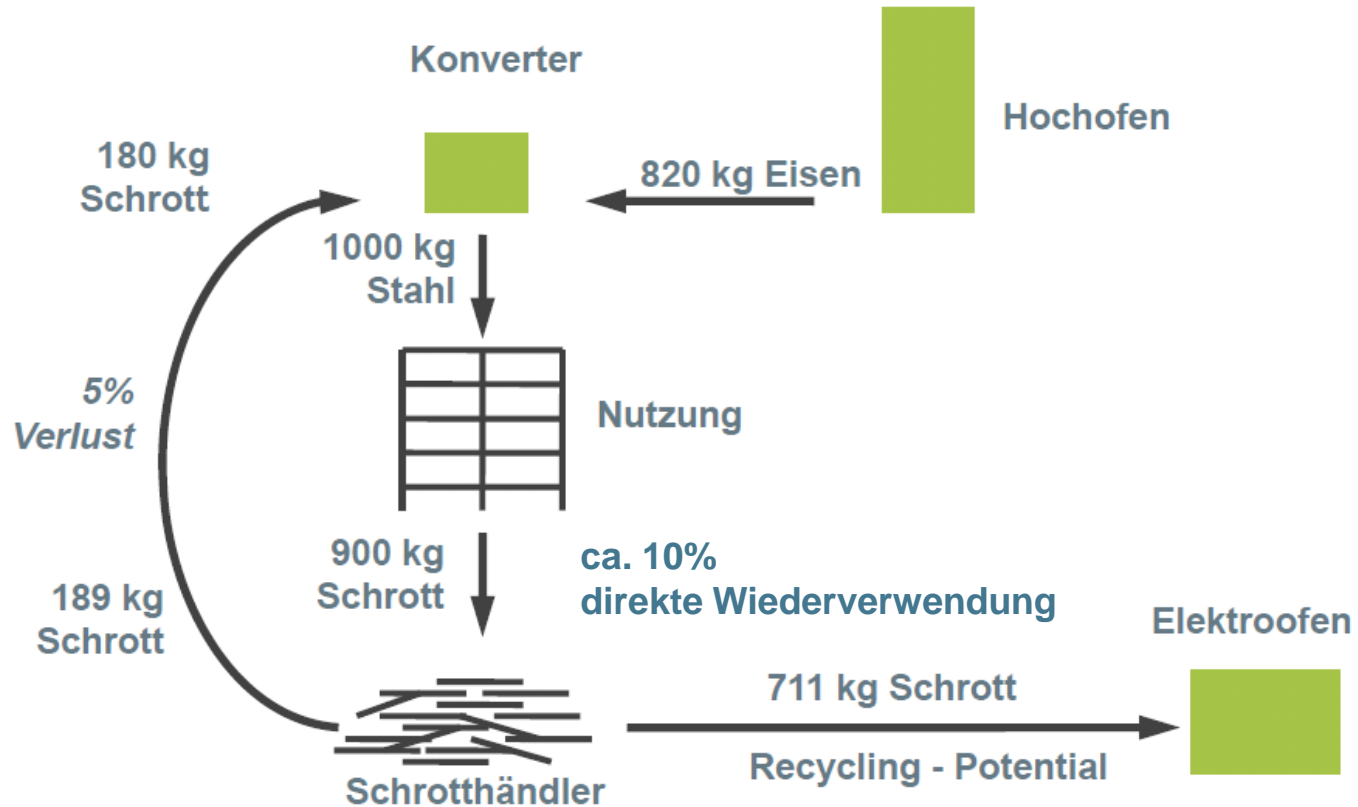
Ersteller: PE International / >>bauforumstahl

Inhaber der Deklaration:

Westeuropäische Stahlhersteller



Recyclinggutschriften ja oder nein?



Quelle: >>bauforumstahl (Grafik angepasst)

Recyclinggutschriften ja oder nein?

Vereinfachendes Beispiel: Hochofenroute mit 100% Sammelrate, 100% Recycling, kein Einsatz von Kühleisenschrott
Wirkkategorie: kumulierter Energieaufwand

Bilanz **vor** Nutzung des Stahls als Bauteil

Energieeinsatz Hochofenroute
bei 100% Roheisen:
26 MJ/kg

Energieeinsatz nach der
Recycled Content Method = 26 MJ/kg

Quelle: >>bauforumstahl

Bilanz **nach** Nutzung des Stahls als Bauteil

Energieaufwand für
Stahlveredelung und
Weiterverarbeitung
 $26 - 14 = 12$ MJ/kg

„Verbleibender Energieeinsatz“
 $26 - 14 = 14$ MJ/kg

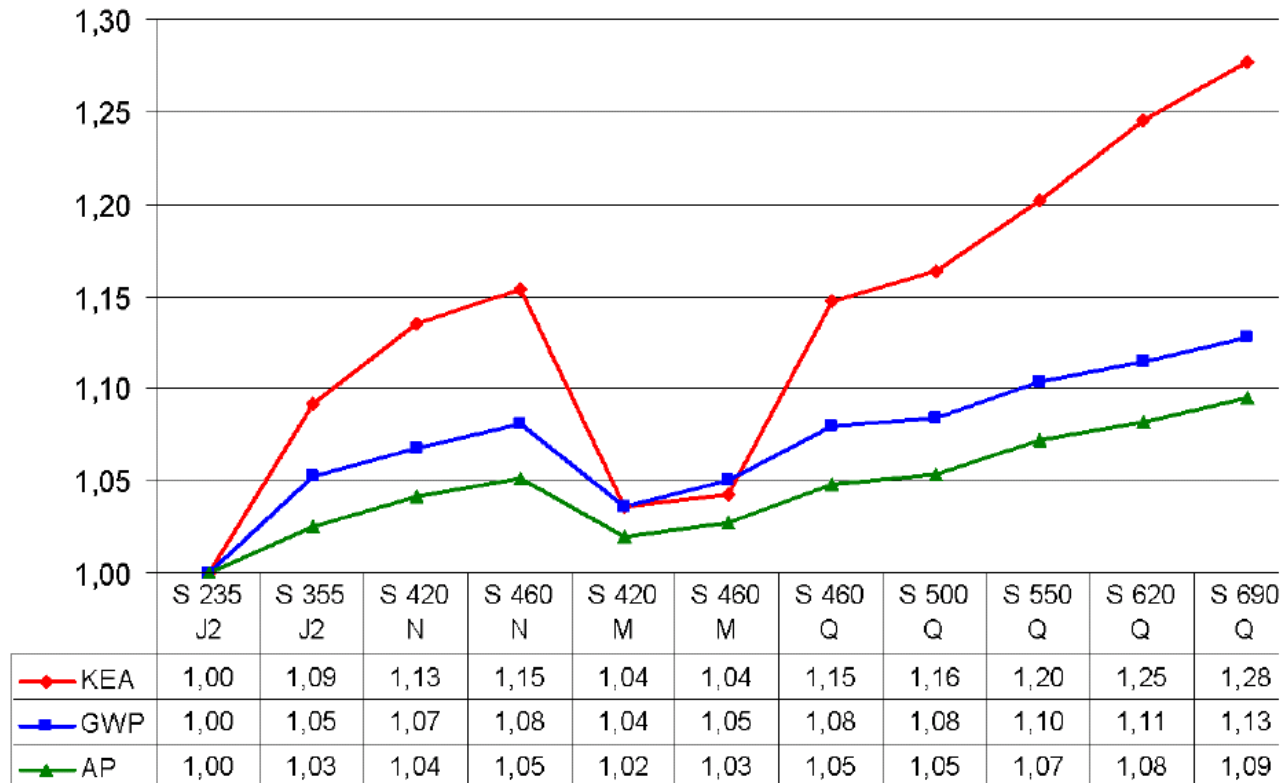
Energieeinsatz nach der
Recycled Potential Method = 26 - 14 = 12 MJ/kg

Entwicklung der Datengrundlagen

Datenbank	Produkt: Stahlprofil	Ergebnisse	
		MJ/kg	GWP 100
NEPD no.: 054	Stahlprofil, blank, 96% Sekundärmaterial	14,3	0,9
ecoinvent v 2.01	Stahlprofil, blank, 100% Sekundärmaterial	16,3	0,879
ecoinvent v 2.01	Stahlprofil, blank, (Re2000) 37% Sekundärmaterial*	25,4	1,66
ecoinvent v 2.01	Stahlprofil, blank, 0% Sekundärmaterial*	30,8	2,11
GaBi 4	Steelbillet (electric furnance), (Elektrostahl ungewalzt)	11,5	0,61
Ökobau.dat	Stahlprofil warmgewalzt, ohne Recyclingpotential	23,2	1,71
Ökobau.dat	Stahlprofil warmgewalzt, mit Recyclingpotential	15,3	1,14
EPD-BFS-201011	Stahlprofil warmgewalzt / Grobbleche	12,4	0,80

Ist Stahl = Stahl?

Ökologische Indikatoren verschiedener Stahlsorten

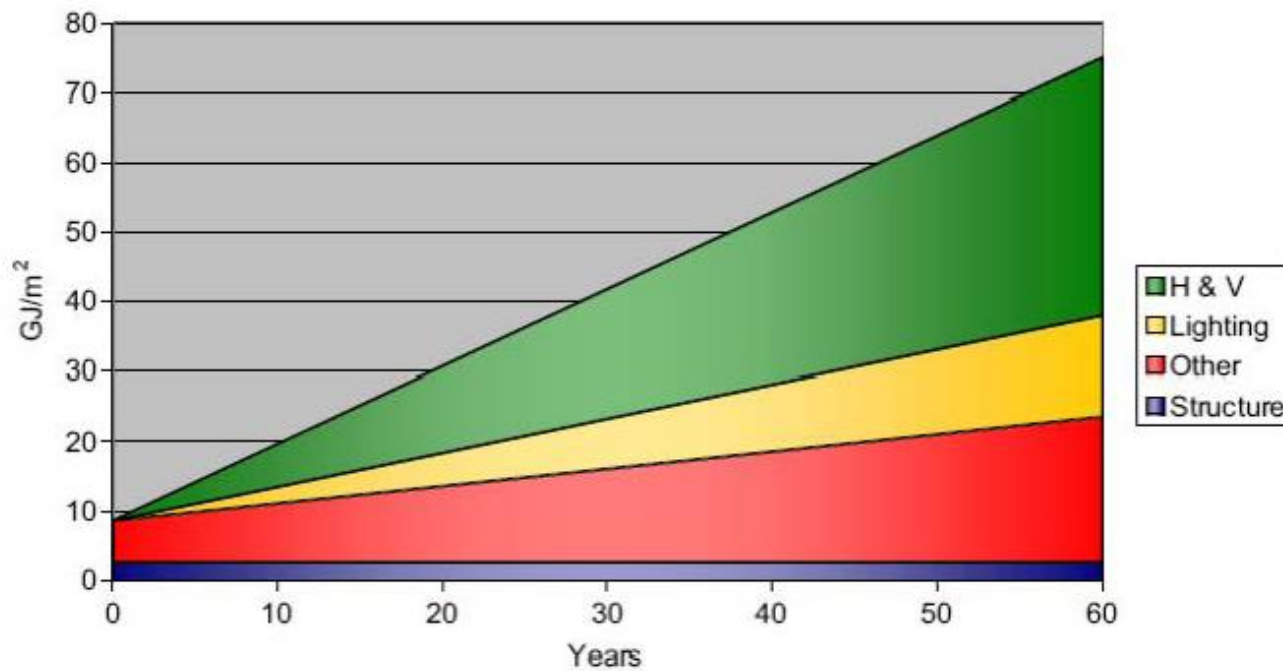


Quelle: Stroetmann / Deepe TU Dresden

Ökologische Bewertung von Gebäuden (LCA)

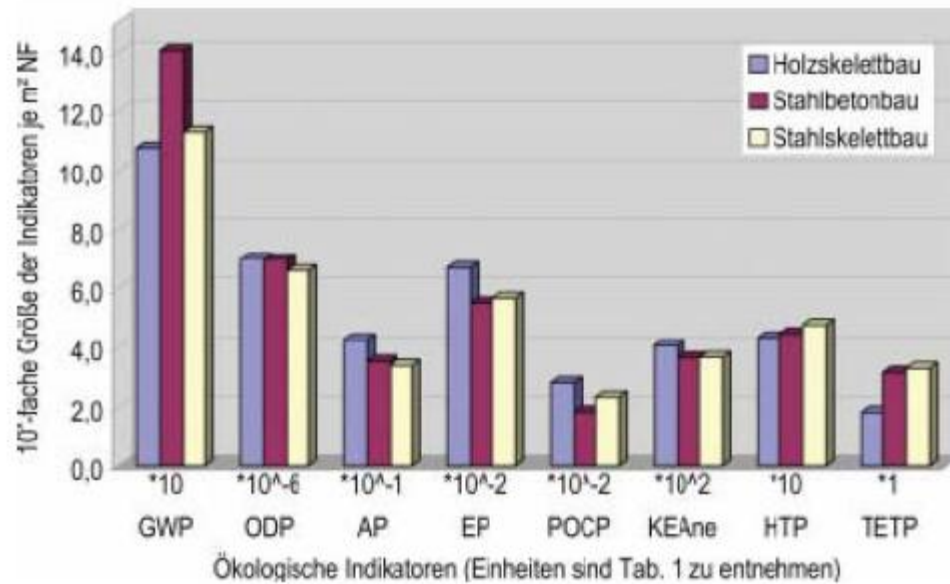
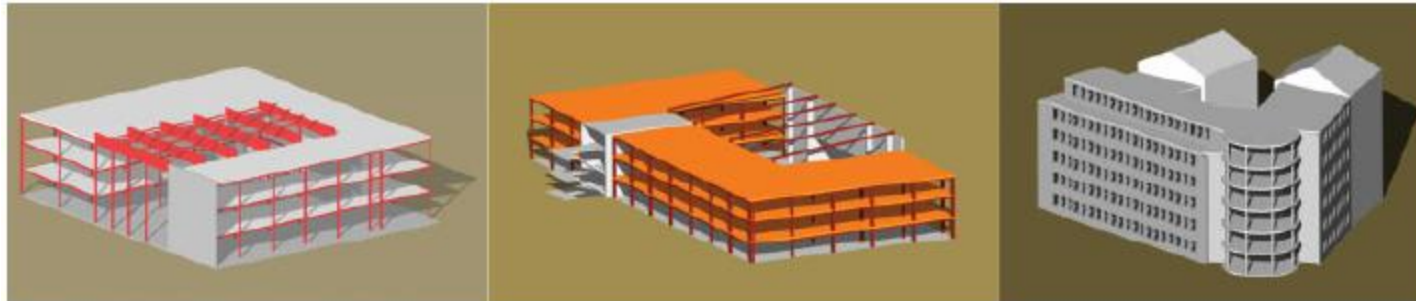
Eine ökologische Bewertung von Gebäuden muss den gesamten Lebenszyklus berücksichtigen.

Ist der Anteil am Energieverbrauch aus der Erstellung eines Gebäudes klein gegenüber dem Anteil aus dem Betrieb eines Gebäudes?



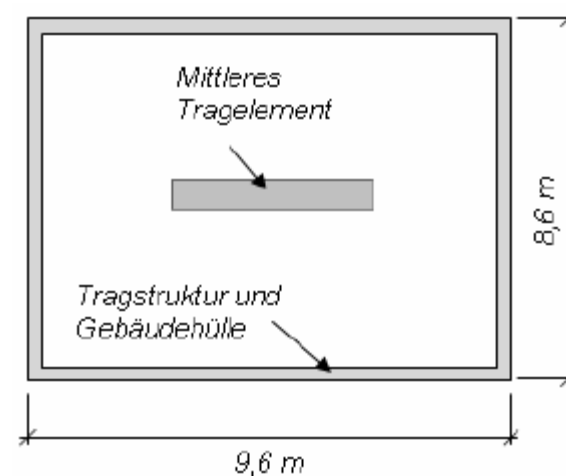
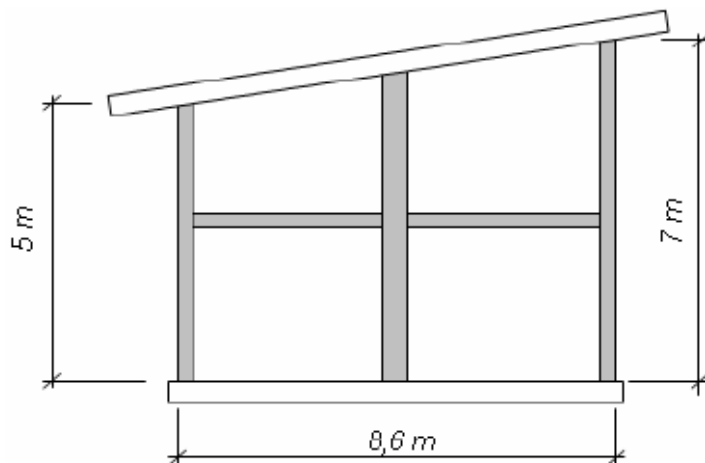
Quelle: Hewitt, AISC, 2003

Vergleich von Verwaltungsgebäuden

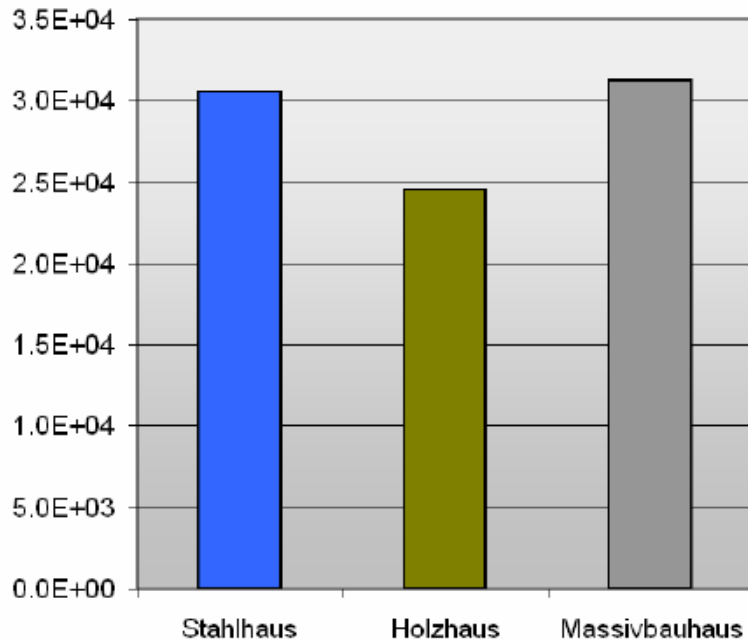


Quelle: P. Maydl et Al.; Stahlbau 76 (2007), Heft 4

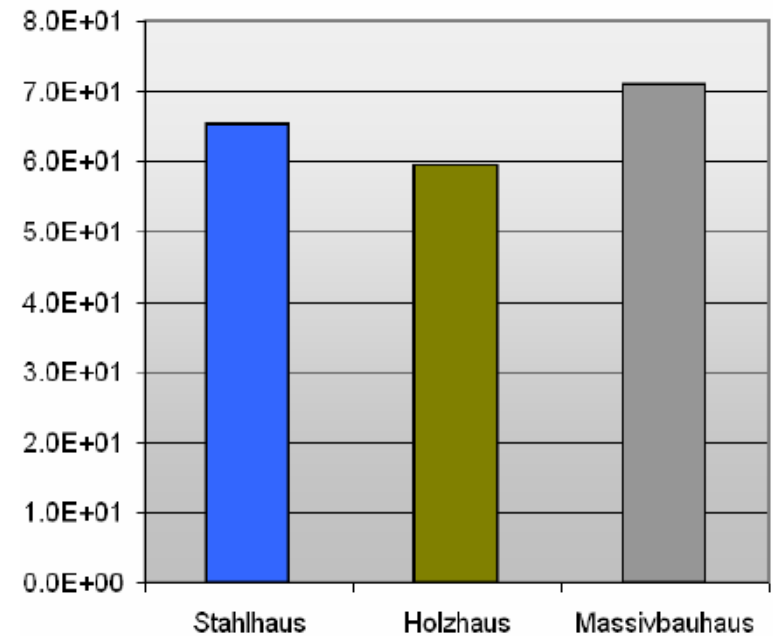
Vergleich von Einfamilienhäusern



Vergleich von Einfamilienhäusern

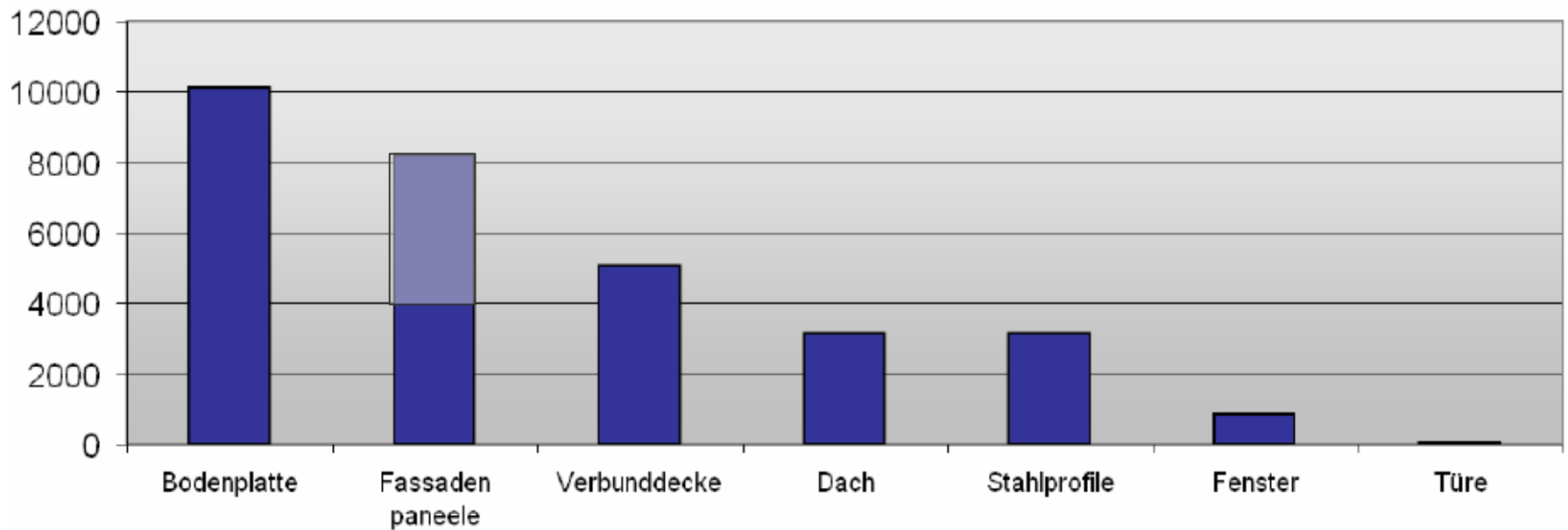


Treibhauspotenzial GWP 100 in [kg CO₂-Äq]



Versauerungspotenzial AP in [kg SO₂-Äq]

CO₂ – Beiträge beim Stahlhaus



Zusammenfassung Ökologische Bewertung

Das gewählte Baumaterial des Rohbaus spielt nur eine relativ geringe Rolle hinsichtlich der ökologischen Bilanz.

Klare Tendenzen für oder gegen ein Material sind **nicht** ersichtlich.

Das größte Potential zur Verbesserung der ökologischen Bilanz eines Gebäudes liegt in der energetischen Optimierung des Betriebs.

Da alle Parameter direkt von den verbauten Massen abhängen, sind massenoptimierte Bauten anzustreben.





Messeturm Basel, 2003, Morger und Degelo

Home Insurance Building, 1885
William LeBaron Jenney

Nachhaltige Kriterien für den Einsatz von Stahl bei Bürobauteilen ab 1871

- Flexibilität in der Raumnutzung durch große Spannweiten
- Flexibilität in der Fassadengestaltung und Fassadenumgestaltung
- Ideal geeignet für Aufstockungen
- Gutes Tageslichtverhältnisse / Nutzerkomfort

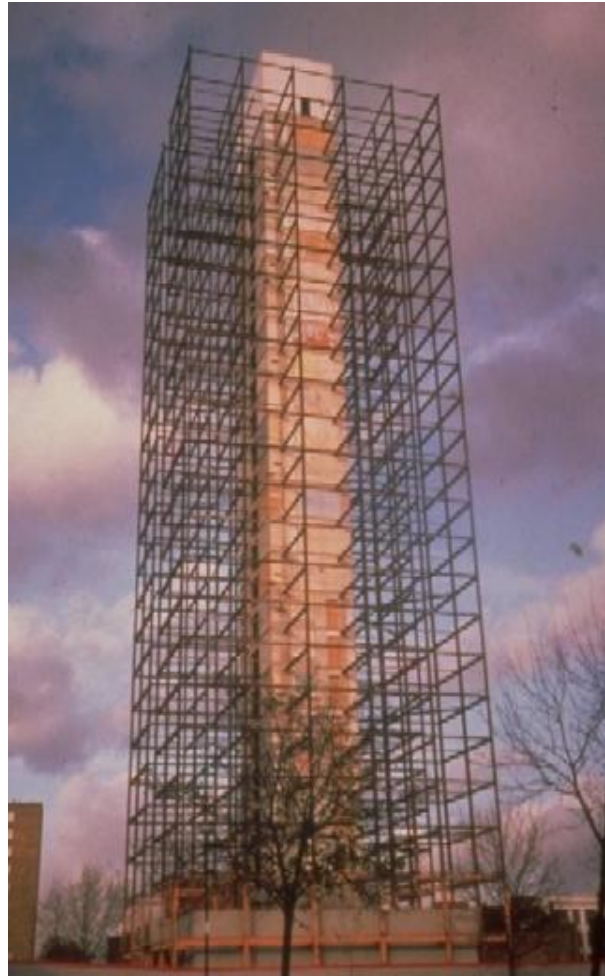
- Sparsamer Einsatz von Ressourcen (damals aus wirtschaftlichen Gründen)
- Lange, im Hochbau praktisch unbegrenzte Lebensdauer

- Industrielle Fertigung
- Kurze Bauzeiten

- ..und aus heutiger Sicht: problemloser Rückbau und Recycling möglich, aufgrund der großen Flexibilität der Bauweise aber meist nicht nötig!

Umnutzung statt Rückbau!

Winterton House
London
Baujahr 1967
Rückbau auf
Stahlskelett 1997
Umnutzung



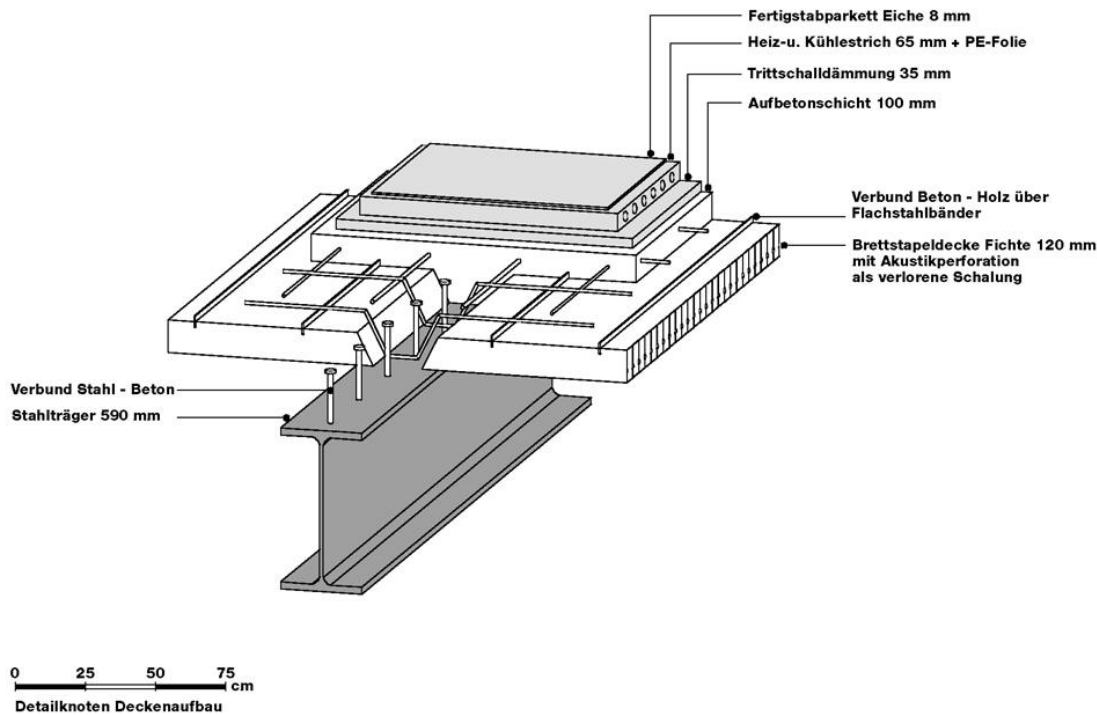
Quelle: D. Ungermann, Universität Dortmund

Innerstädtische Verdichtung



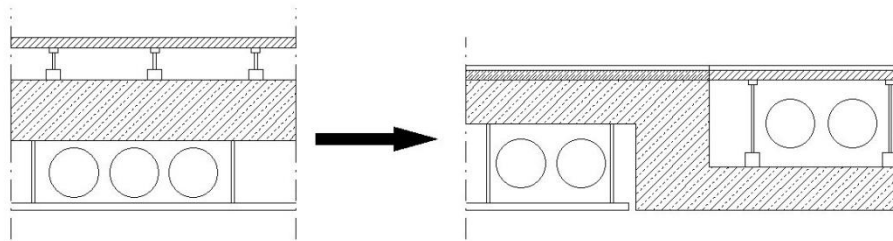
Verdichtung
Haus Ray1, Wien
Architekten Delugan Meissl

Mischkonstruktionen



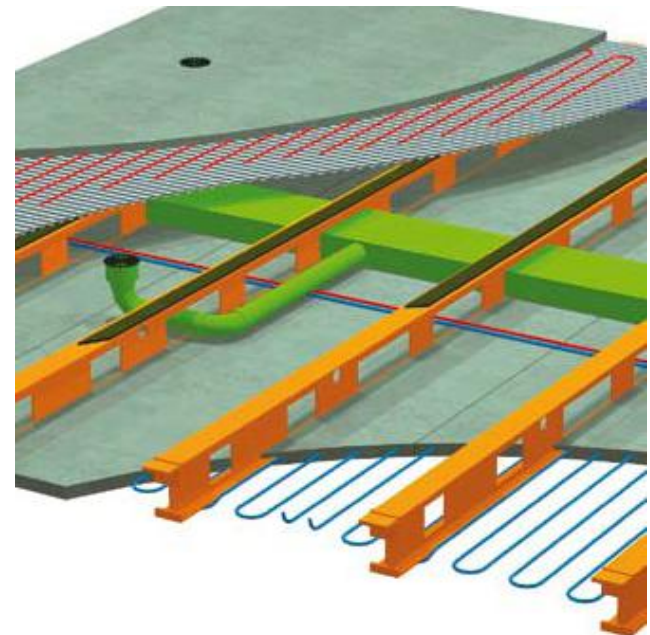
Hugo Boss Competence Centre, Coldrerio, (Merz Kley Partner, Dornbirn)

Niedrige Konstruktionshöhe = Hohe Flächeneffizienz



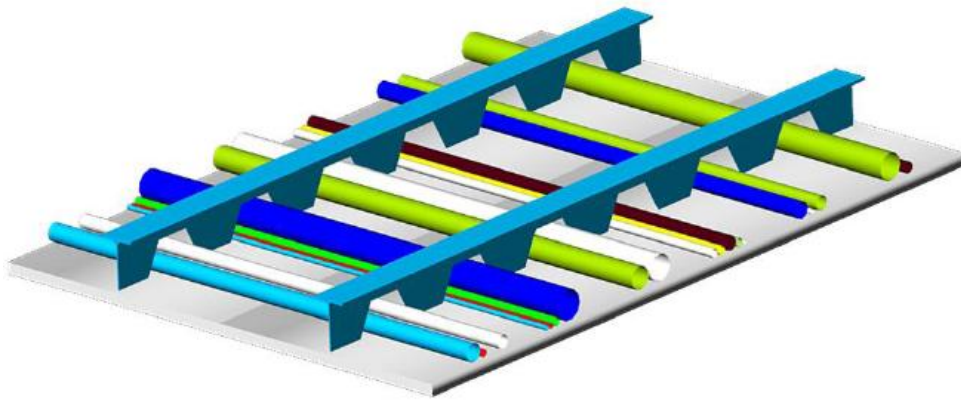
Hochhaus Westend Duo, Frankfurt / Main (Weischede, Hermann und Partner GmbH)

Multifunktionale Deckensysteme



Gebäude: Kraanspoor, 2007, Green Buildings & Special Jury Award
Quelle: Slimline Building B.V.

Innovationen: Deckensystem Topfloor Integral



TUM / ETH Zürich / H. Wetter AG

Besondere Anforderungen im Brückenbau

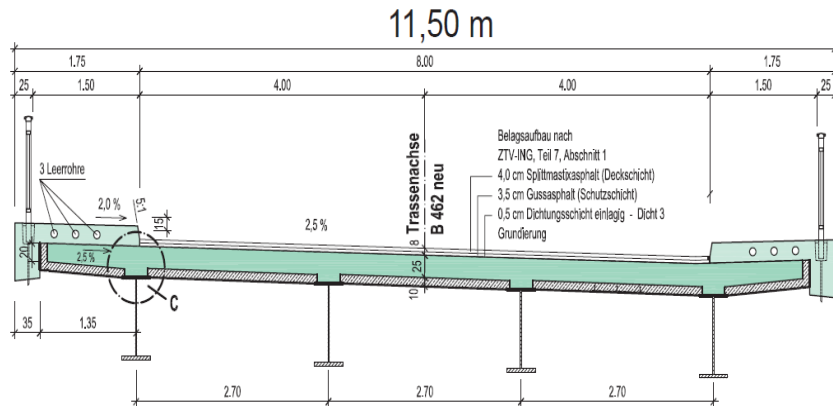
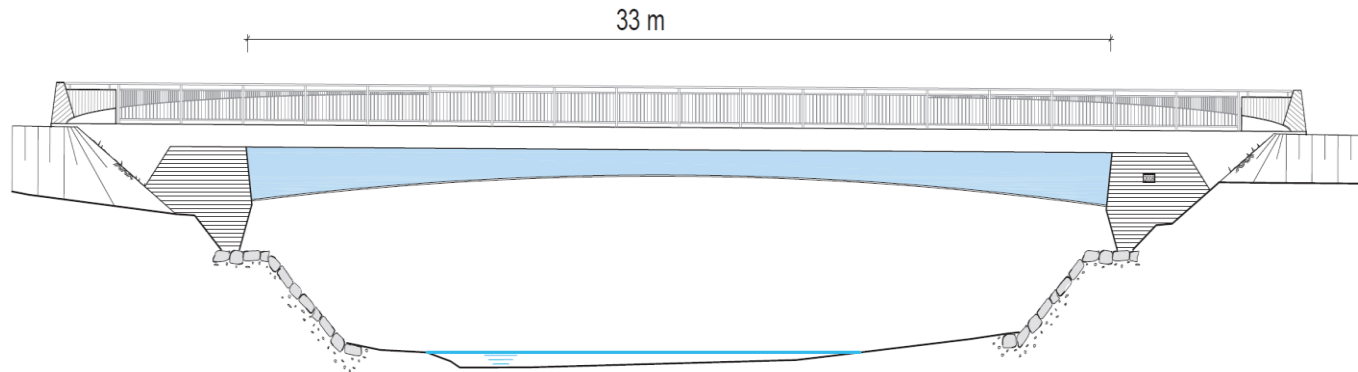
Eine Nachhaltigkeitsbewertung von Brückenbauten findet bisher nicht statt.

Im Gegensatz zum Hochbau spielt die Erstellung des Bauwerks und nicht der Betrieb eine besonders große Rolle.

Als wichtiger Faktor erweisen sich externe Kosten, welche bisher in der Planung und Ausführung von Brücken in Deutschland nicht berücksichtigt werden.

Quelle: Zinke, Diel, Mensinger, Ummenhofer: Nachhaltigkeitsbewertung von Brückenbauwerken; Stahlbau 06/2010

Beispiel 1: Murgbrücke

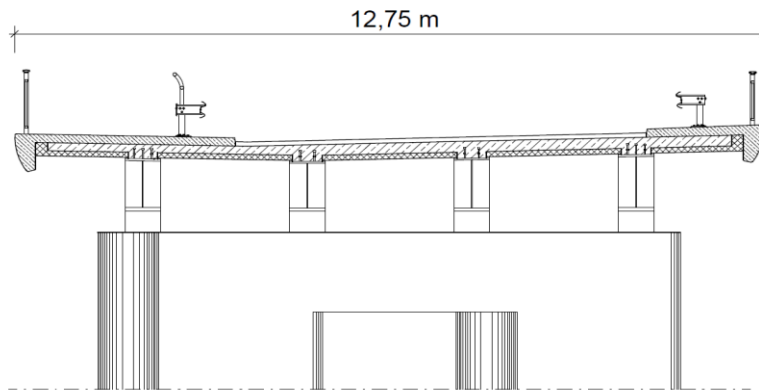
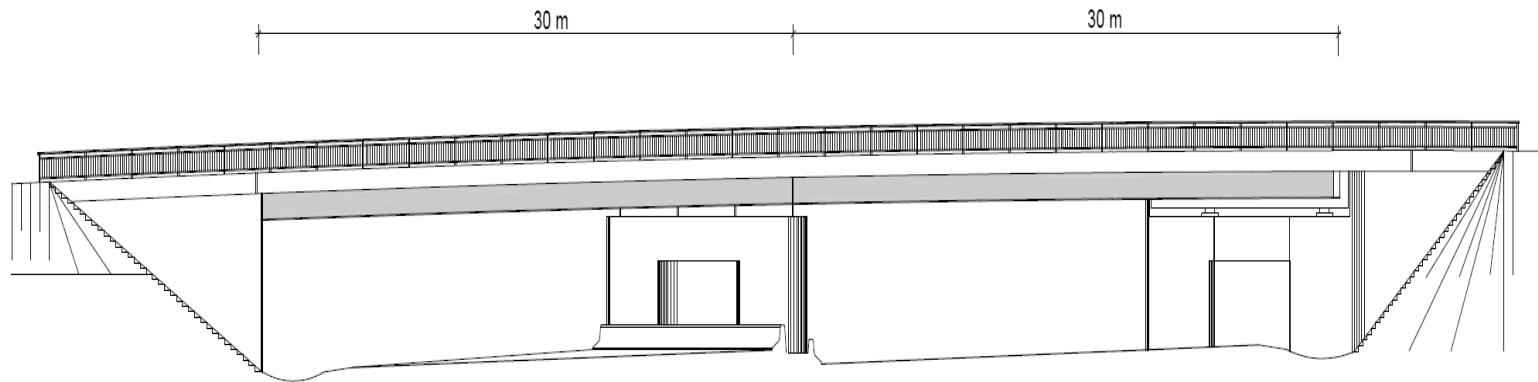


Talbrücke für einen zweispurige Straße

Anschluss einer Ortschaft an eine überregionale Straße

DTV = 10.500

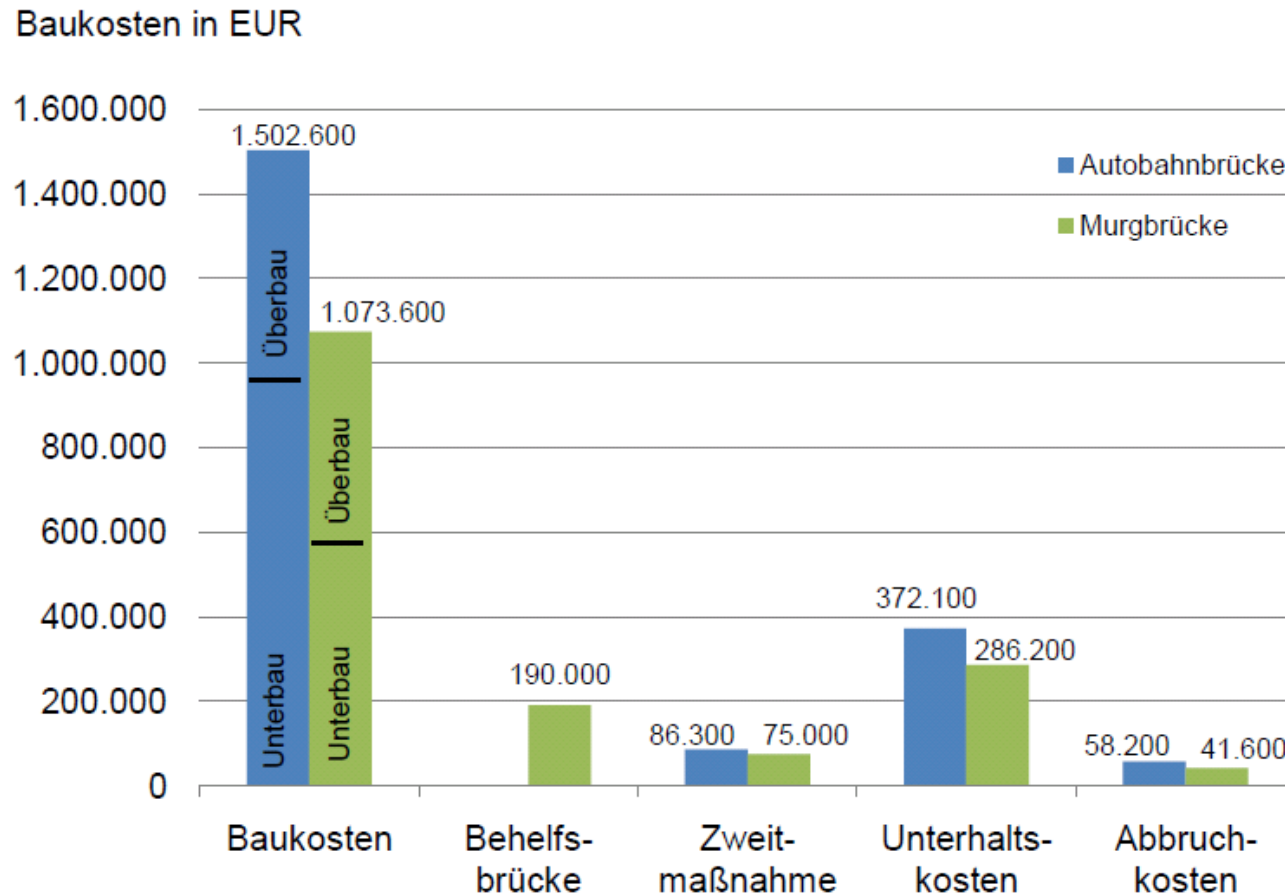
Beispiel 2: Überführung über eine dreispurige Autobahn



Überführung für eine zweispurige Straße

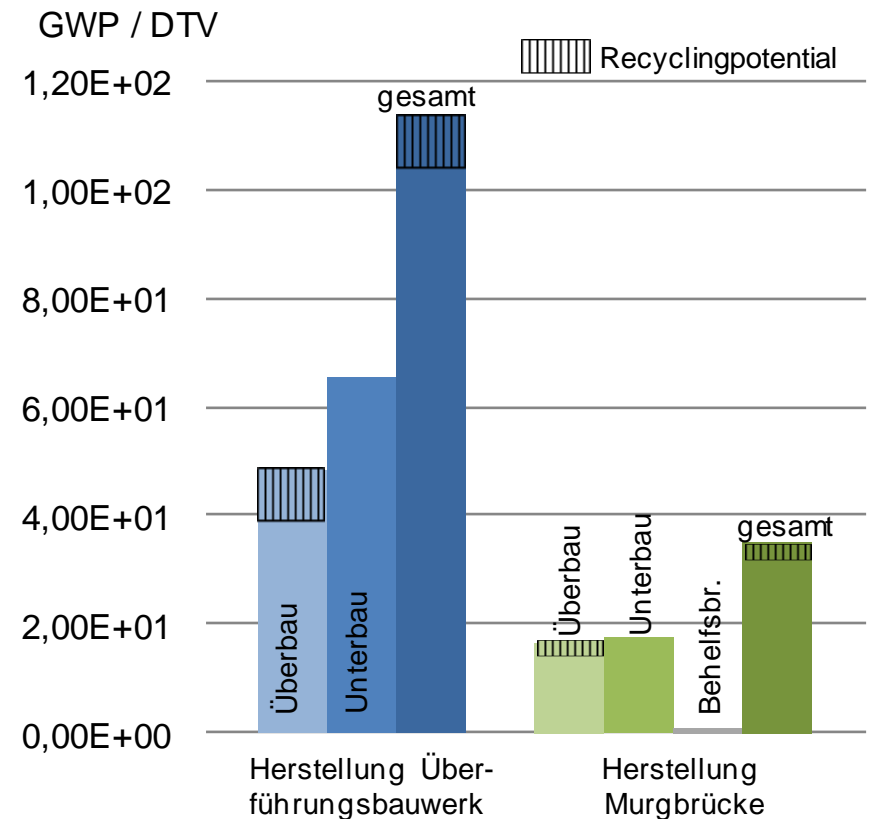
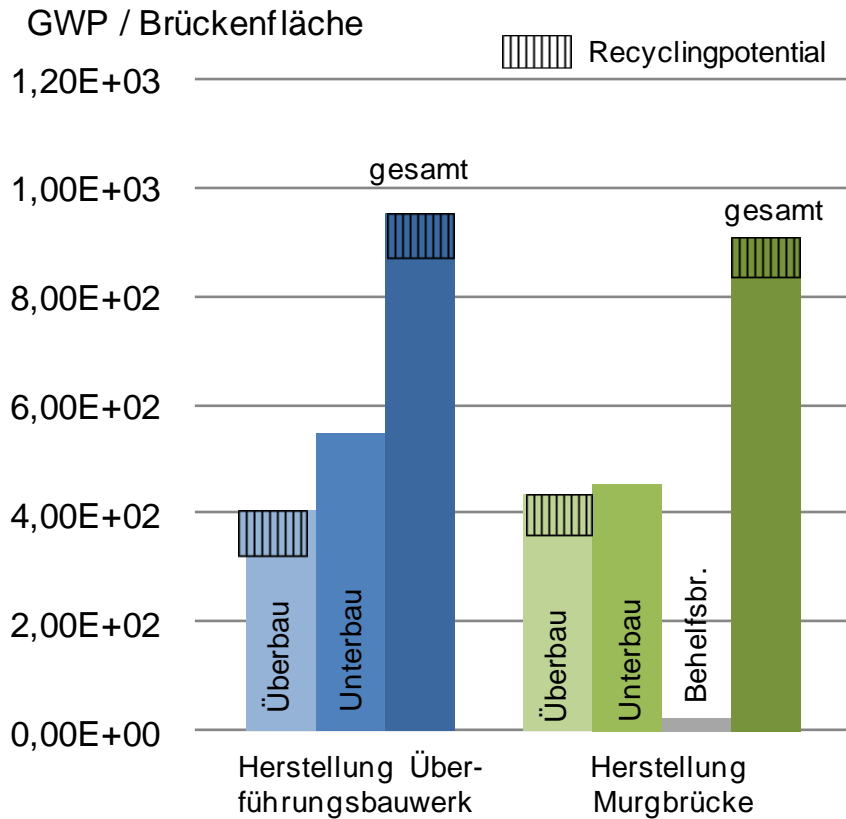
DTV = 2000

Lebenszykluskosten der Brücken



(Kapitalwert der Lebenszykluskosten auf das Baujahr bezogen, in Euro)

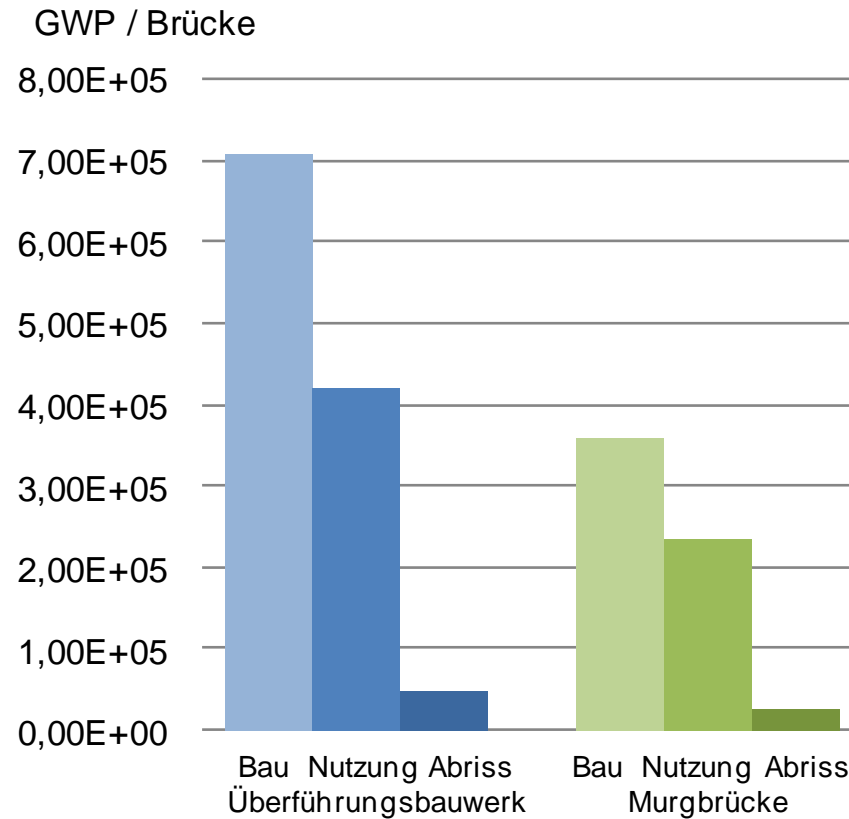
Umweltindikatoren der Brücken – GWP



Auf Fläche bezogen?

Auf DTV bezogen?

Umweltindikatoren – zeitliche Verteilung

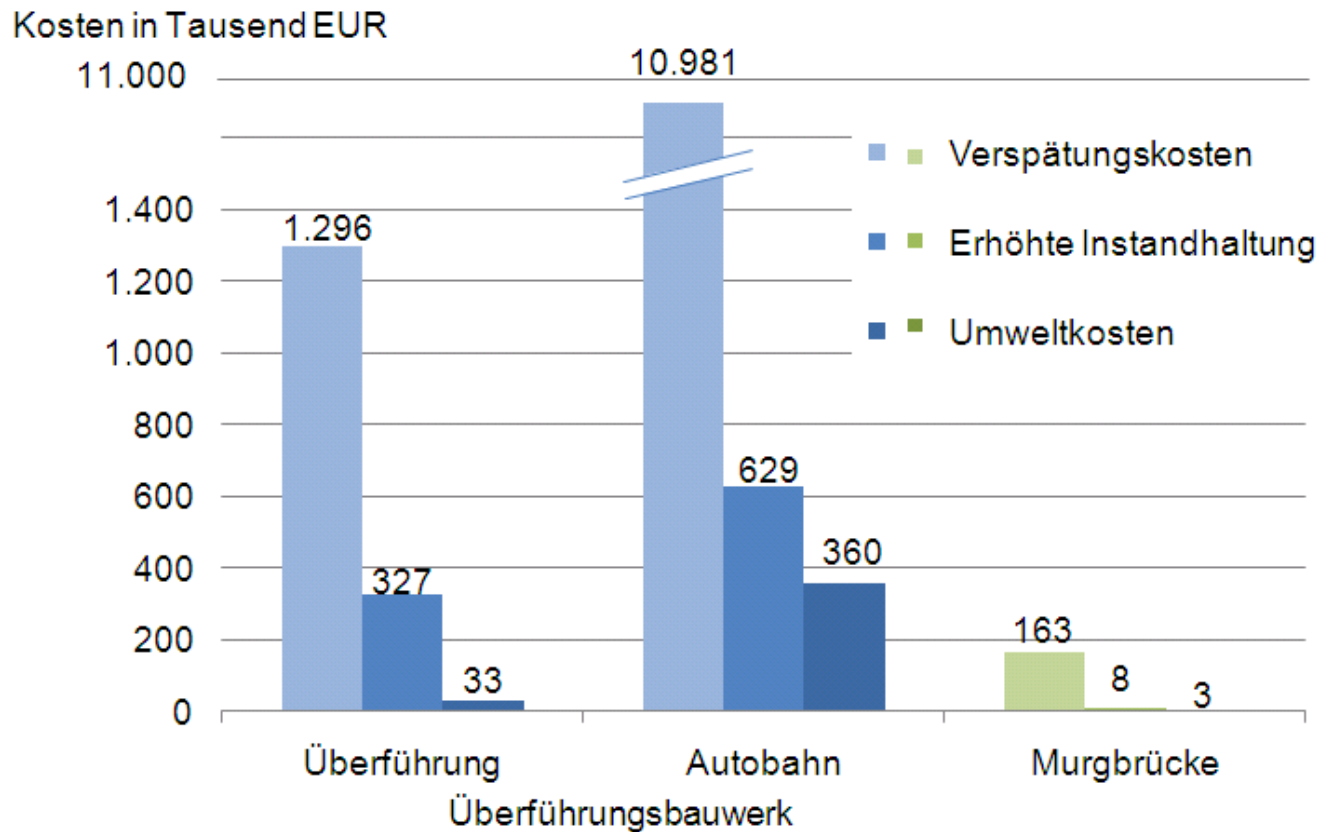


Volkswirtschaftliche Kosten

	Autobahnbrücke		Murgbrücke
	überführende Straße	BAB	
Art der Behinderung	ca. 6 km Umfahrung	Stau	Stau
Bauzeit	14 Wochen		7 Wochen*
DTV [9] [11]	2.000	80.000	10.500
Verkehrsverteilung PKW / LKW	92% / 8%	83% / 17%	92% / 8%
Zeitverlust durch Baustelle (Mo-Fr)	10 Min / Tag*FZ	45 Min / Tag*FZ	15 Min / Tag*FZ
DTV BAB Berufsverkehr	-	18.000	2.500
Verspätungskostensatz PKW / LKW**	20 bzw. 50 EUR/h		
Energiekostensatz PKW / LKW [12]	0,10 / 0,42 EUR/km	0,82 / 4,46 EUR/h	
Umweltekostensatz PKW / LKW [12]	0,12 / 4,26 EUR/h		
Unfallkosten	extrem schwer quantifizierbar		
* halbseitige Sperrung durch Restarbeiten (Rückbau Behelfsbrücke, Fertigstellung Zufahrten, ...)			
** Prof. Schneider, Universität Linz, Department of Economics			

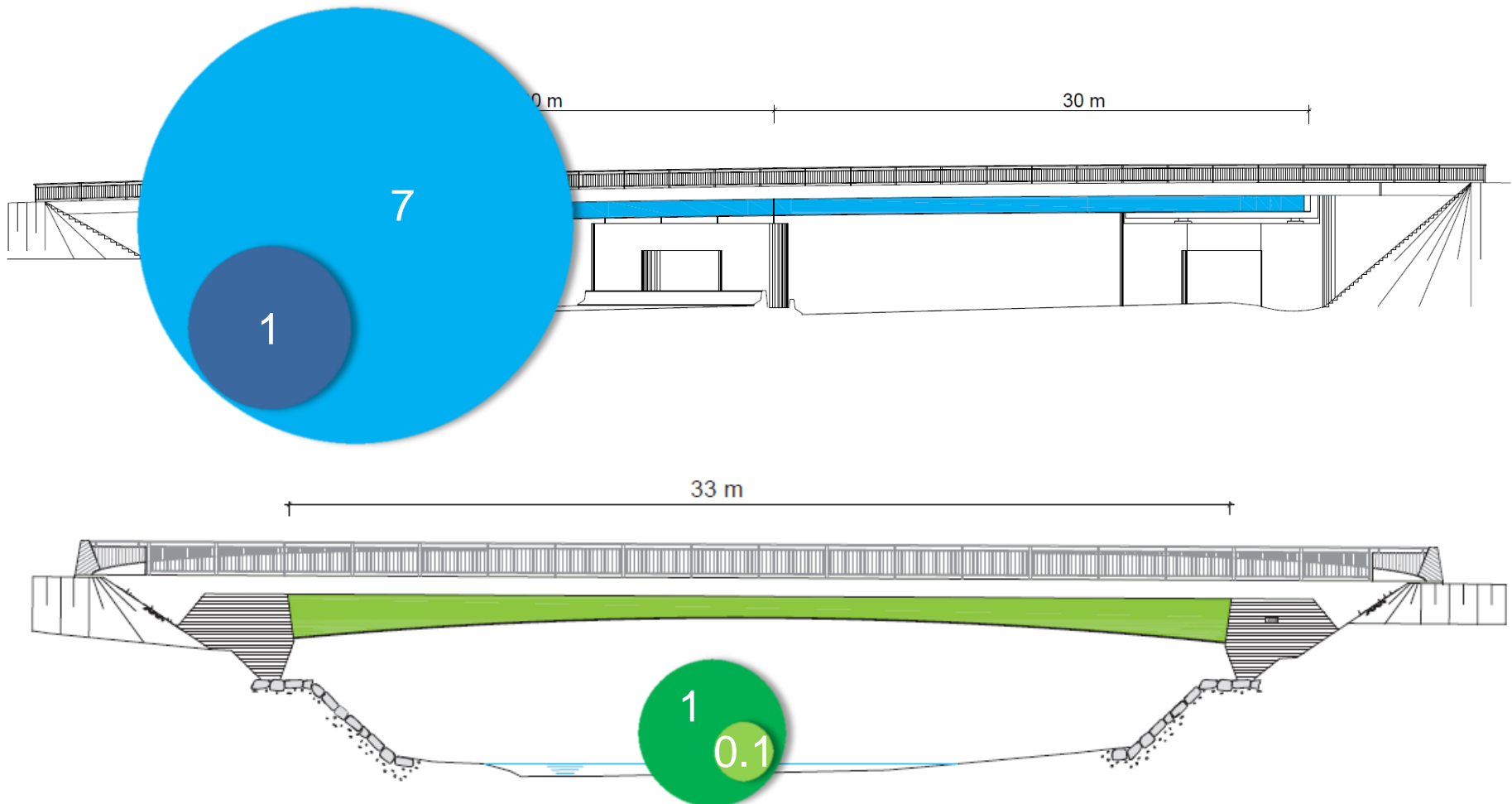
Eingangsvariablen Nutzerkosten und externe Kosten

Nutzerkosten – Externe Kosten Herstellungsphase



Eingangsvariablen Nutzerkosten und externe Kosten

Gegenüberstellung: Externe Kosten / LCC



Fazit

Es existiert momentan kein Bewertungssystem für Brücken.

In einem ersten Schritt müssen grundlegende Randbedingungen definiert werden (funktionelle Einheit, Systemgrenzen, Bewertungskriterien..).

Externe Kosten werden vor allem durch Bau und Instandsetzung der Brücken verursacht und werden in vielen Fällen die Nachhaltigkeitsbewertung der Bauwerke dominieren.

In einem Forschungsprojekt der Universität Stuttgart, des KIT und der TUM (Metallbau) wird momentan ein Bewertungssystem für Brücken entwickelt.

Ein weiteres ähnlich gelagertes Projekt wird vom Lehrstuhl für Massivbau der TUM durchgeführt.

Was ist ein nachhaltiges Bauwerk?



Dom zu Speyer