

Ökonomie und Ökologie von Bürogebäuden in Stahlbauweise

Prof. Dr. Jörg Lange, TU Darmstadt

Andreas Hubauer, TU Darmstadt

Raban Siebers, bauforumstahl e.V.

1 Ausgangslage

In Deutschland werden Büro- und Wohnungsbauten selten in Stahl- oder Verbundbauweise ausgeführt. Die Gründe dafür sind vielschichtig und reichen von fehlenden Informationen bzw. Erfahrungswerten bis hin zu Vorurteilen gegenüber der Sicherheit von Stahlbauten für den (Sonder-)Lastfall Brand. Historisch und nutzungsbedingt werden Gebäude in Stahlbauweise oftmals nur bei mehrgeschossigen Industriebauten und Hallen realisiert.

Tabelle 1: Marktanteil des Stahl- und Stahlverbundbaus im Geschossbau (Europa) [1]

Land	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Dänemark	20%	20%	25%	25%	-	-
Deutschland	10%	-	10%	10%	12%	10%
Finnland	25%	15%	-	-	-	-
Frankreich	20%	25%	21%	26%	28%	-
Niederlande	33%	38%	44%	-	-	-
Norwegen	54%	-	-	42%	43%	36%
Großbritannien	-	70%	72%	71%	70%	-
Schweiz	20%	20%	12%	-	-	-

Die Erfüllung des Brandschutzes bei Geschossbauten wird in Deutschland zum Großteil gemäß der jeweiligen Landesbauordnung beurteilt. Eine ingenieurmäßige, brandschutztechnische Bewertung eines einzelnen Gebäudes erfolgt aufgrund der geringen Projektgröße und der einfachen Konstruktionsweise häufig nicht. Eine Erarbeitung und ein Vergleich von Ausführungsvarianten finden aus Kostengründen ebenso nicht statt. Folglich wird oft auf die Stahlbetonbauweise zurückgegriffen.

In dem „Forschungsvorhaben P826: Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Stahl im Geschossbau unter besonderer Berücksichtigung des Brandschutzes - Untersuchung von Bürogebäuden in Stahl- und Verbundbauweise“ werden typische dreigeschossige Bürogebäude betrachtet, die laut einer Studie der Universität Hannover [2] den größten Anteil bei den realisierten Objekten einnehmen.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist der Nachweis, dass Gebäude in Stahl- und Verbundbauweise wirtschaftlich und brandschutztechnisch sicher realisiert werden können. Auf diese Weise kann für Planer, Architekten und Bauherren ein hohes Maß an Flexibilität und Planungssicherheit geschaffen werden.

Zur Durchführung der Kostenuntersuchung werden zwei unterschiedliche, in der Baupraxis häufig nachgefragte Mustergebäudetypen entwickelt, die eine sehr flexible Nutzung für den gesamten Lebenszyklus ermöglichen. Die Untersuchung erfolgt für das komplette Bauwerk einschließlich der Fassade und den Baunebenkosten, jedoch ohne den Nutzerausbau und die Gebäudetechnik. Dazu werden folgende Ausführungen betrachtet, wobei Sonderlösungen nicht berücksichtigt werden:

- Stahlbetonbauweise F30
- Stahlverbundbauweise F30 mit Gipsbauplatten
- Stahlverbundbauweise F30 mit Dämmschichtbildner

Dabei bedeutet Wirtschaftlichkeit neben geringen Kosten zudem eine hohe Flexibilität. Da der übliche Lebenszyklus einer Büronutzung wesentlich kürzer als die der tragenden Strukturen ist, wird es im Zuge der Lebensdauer zu Renovierungs-, Sanierungs- oder Umbaumaßnahmen kommen, die von anpassungsfähigen Grundrissen profitieren.

2 Entwicklung und Vorstellung der Mustergebäude

Zur Durchführung der Kostenuntersuchung wurde ein Mustergebäude entwickelt, das eine sehr flexible Nutzung für den gesamten Lebenszyklus ermöglicht.

Für das untersuchte Objekt wurde ein auf die jeweilige Bauweise abgestimmtes Tragsystem geplant und vordimensioniert. Zusätzlich wurden, um die Vergleichbarkeit der Objekte in den untersuchten Bauweisen zu gewährleisten, Detaillösungen für das komplette Bauwerk (z.B. einschließlich der Fassade, der nichttragenden Strukturen, usw.) ausgebildet.



Abbildung 1. Front- und Seitenansicht der untersuchten Gebäude (exemplarisch)

Folgende allgemeine Entwurfs- und Konstruktionsgrundlagen wurden bei dem Mustergebäude in den untersuchten Bauweisen umgesetzt.

- Hohe Flexibilität für den Anwender: Durch den Entwurf eines für den Ausbau und die Fassade häufig verwendeten Grundrissrasters ist sichergestellt, dass kostenintensive Sonderkonstruktionen vermieden werden.
- Umsetzung des Tragwerks als Skelettbau. Tragende und aussteifende Bauteile sind auf ein Minimum reduziert. Verwinkelte Gebäudegeometrien werden vermieden. Die Bauteile werden lediglich innerhalb des Rasters vorgesehen.
- Zur Aussteifung des Gebäudes wird ein Erschließungskern vorgesehen.
- Mit einer Bautiefe von ca. 13 Metern sind bei dem freistehenden Baukörper Büros mit doppelter Orientierung und natürlicher Belichtung möglich.
- Büroräume befinden sich in den drei Vollgeschossen. Zusätzlich ist ein Staffelgeschoss für die (Gebäude-)Technik vorgesehen.

- Die technische Infrastruktur kann der jeweiligen Nutzung und dem gewünschten Ausstattungsstandard flexibel angepasst werden. Die vertikale Versorgung erfolgt mittels eines Installations-/Technikschachtes. Horizontal kann die technische Infrastruktur in Installationskanälen, einer abgehängten Unterdecke, in Doppelböden, einem Bodenkanal oder hinter einer Vorsatzschale im Bereich der Brüstung verlegt werden.
- Die brandschutztechnische Bewertung der untersuchten Gebäude erfolgt anhand der derzeit aktuellen Musterbauordnung. Somit kann für Planer und Bauherren eine hohe Planungssicherheit gewährleistet werden, da die entwickelten Objekte die genehmigungsrechtlichen Anforderungen vollständig erfüllen
- Die Gründung des Gebäudes wird nicht differenziert betrachtet.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Gebäudedaten

Technische Gebäudedaten	
Abmessungen	34,80 x 12,40 m, zuzüglich der Fassade
lichte Geschosshöhe	3,46 ⁵ m
OK FFB des 2. Obergeschosses	6,93 m über GOK
Brüstungshöhe	max. 1,00 m über OK FFB
Grundfläche	431,50 m ²
Größe der Nutzungseinheiten	brandschutztechnische Bewertung < 400 m ²
Grundrissraster	Bandraster 4,80 m x 4,80 m (Bürospanne) zuzüglich 0,20 m breites Band, bzw. 2,40 m x 4,80 m (Flurbereich)

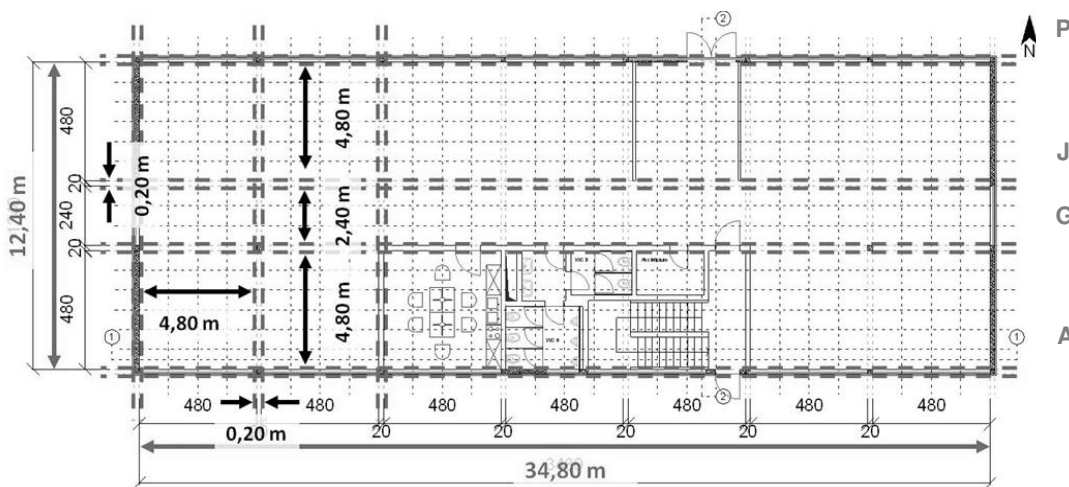


Abbildung 2. Grundriss des Mustergebäudes

Die baustatischen Berechnungen für die beiden Bauweisen wurden von einem auf die jeweilige Bauweise spezialisierten Ingenieurbüro angefertigt. Damit beide Varianten miteinander vergleichbar sind wurden folgende Randbedingungen im Vorfeld festgelegt:

1. Anordnung / Lage des Tragwerks:
 - Tragenden und aussteifenden Bauteile werden innerhalb des Bandrasters angeordnet.
 - Innerhalb des Grundrisses ist maximal eine Stützenreihe in Achse „G“ zulässig.
 - Der Tragwerksentwurf soll mit den für die Bauweise üblichen Konstruktionen ausgeführt werden. Sonderkonstruktionen werden nicht berücksichtigt.

2. Lage des Objektes:
 - Das Mustergebäude befinden sich im Rhein-Main-Gebiet
 - Höhe über NN: 180 m
3. Lastannahmen:
 - Ausbaulast $g = 2,00 \text{ kN/m}^2$ (Hohlraumboden, abgehängte Decke)
 - Außenfassade $g = 5,00 \text{ kN/m}$
 - Verkehrslast $p = 2,00 \text{ kN/m}^2$ (Kat. B1 nach DIN 1055-3:2006-03)
 - Archivräume $p = 6,00 \text{ kN/m}^2$ (Kat. E2 nach DIN 1055-3:2006-03)
 - Trennwände $p = 0,80 \text{ kN/m}^2$ (Eigengewicht $g = 2,00 \text{ kN/m}$)
 - Technikgeschoss $p = 7,50 \text{ kN/m}^2$
4. Zusätzlich zu berücksichtigen:
 - Schneelast, Windlast
 - Eigengewicht der Bauteile

In Tabelle 3 sind die wesentlichen Bauteile des Bürogebäudes zusammengestellt.

Tabelle 3: Zusammenstellung der wesentlichen Bauteile für die untersuchten Bauweisen

	Stahlverbundbau	Stahlbetonbau
<i>Dach- und Deckenkonstruktion:</i>	Dach über dem obersten Geschoß: Warmdachkonstruktion Spannrichtung Regelgeschoßdecken: einachsig in Gebäudelängsrichtung; Durchlaufsystem (Spannweite 5,00 m) Ausführung Geschoßdecken als Elementdecken mit Aufbeton	Dach über dem obersten Geschoß: Warmdachkonstruktion Spannrichtung Regelgeschoßdecken: einachsig in Gebäudelängsrichtung; Durchlaufsystem (Spannweite 5,00 m) Ausführung Geschoßdecken als Elementdecken mit Aufbeton
<i>Deckenträger:</i>	Verbundträger mit Walzprofilen Spannrichtung: Gebäudequerrichtung	deckengleiche Plattenbalken mit einer mitwirkenden Plattenbreite von 100 cm und einer Stärke von 20 cm Spannrichtung: Gebäudequerrichtung
<i>Stützen:</i>	Durchlaufstützen mit Walzprofilen	gelenkig gelagerte Stahlbetonstützen, Abmessung Randstützen 20/20 cm (B/H), Abmessung Mittelstützen je nach Geschosszahl größere Abmessungen (bis zu 30/30 cm)
<i>Stabilisierung:</i>	Verbände in den geschlossenen Wänden des Erschließungs- und Sanitärkernes	Wände im Bereich des Treppenhaus- und Erschließungskernes in Stahlbeton
<i>Fassade:</i>	Sandwichelemente mit Fensterband, Brüstungsinnenverkleidung in Trockenbauweise	Wärmedämm-Verbundsystem mit Außenputz
<i>Technikzentrale:</i>	Einhausung der Technikaggregate als Stahlkonstruktion ohne Anforderungen an den Brandschutz	Einhausung mit KS-Wänden
<i>Baulicher Brandschutz:</i>	konstruktive Maßnahmen wie Dämmschichtbildner (DSB) oder Gipsbauplatten (GKB)	Keine konstruktiven Brandschutzmaß- nahmen erforderlich, Ausführung in Normalbeton der Festigkeit C25/30 und mit Baustahl BSt 500

3 Kostenermittlung

Ein wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Kosten für die unterschiedlichen Bauweisen zu ermitteln und zu interpretieren. In den bislang durchgeführten Untersuchungen wurden Kosten (i.d.R. Herstellkosten) für einzelne Bauteile ermittelt und gegenübergestellt. Die ausschließliche Betrachtung der tragenden Konstruktionselemente entspricht einem kalkulatorischen Verfahrensvergleich, der zwar den Vorteil hat, dass dieser schnell zu erstellen ist und die kostengünstigste Lösung für die untersuchte Aufgabenstellung liefert. Allerdings fehlen bei einer derartigen Betrachtungsweise Aussagen zu den Baukosten und hier insbesondere zu den Kosten die aus Brandschutzmaßnahmen folgen. Desweiteren werden die Besonderheiten der jeweiligen Bauweisen nur unzureichend berücksichtigt, da bei einem kalkulatorischen Verfahrensvergleich das Hauptaugenmerk auf bestimmten Bauteilen oder Konstruktionen liegt. Ob oder inwiefern Minderkosten beim Rohbau in höheren Kosten für die Folgegewerke entstehen wird dabei jedoch vernachlässigt. Dadurch ist ein objektiver Vergleich verschiedener Bausysteme nicht möglich. Aus diesem Grund wurden die Kosten für die Kostengruppen 100 - 300 sowie in den wesentlichen Teilen der Kostengruppe 700 (jeweils aufgeschlüsselt bis zur Gliederungsebene 3) gemäß DIN 276 ermittelt.

Die Ermittlung und Analyse der Kosten erfolgte für die Stahlbetonbauweise gemäß dem Kalkulationsschema der Baustellenfertigung und der Stahlverbundbauweise gemäß der Fertigteilmontage und Baustellenfertigung.

3.1 Methodische Vorgehensweise zur Kostenermittlung

Kalkulation der Baustellenfertigung

Die Kalkulation der Baustellenfertigung erfolgte als Zuschlagskalkulation. Dazu wurden gemäß dem Verursacherprinzip die Einzelkosten dem jeweiligen Produkt direkt zugeordnet, die von diesem verursacht werden. Die Gemeinkosten (Gemeinkosten der Baustelle, allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn) wurden mittels einer Umlage auf die Einzelkosten der Teilleistungen verteilt: Kalkulation über die Angebotssumme. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Angebotssumme für die Baustellenfertigung nach [10] ist in Abb. 3 (links) schematisch dargestellt.

Kalkulation der Fertigteilmontage

Die Kalkulation für die Fertigteilmontage [11] unterscheidet sich von der Baustellenfertigung. Die Stahlverbundbauweise zählt u.a. zur Fertigteilmontage. Jedoch werden - da das komplette Gebäude kostenmäßig erfasst werden soll - auch Leistungen erforderlich, die der Baustellenfertigung entsprechen.

Daher werden alle Leistungen, die zur Erstellung des Stahlskeletts erforderlich sind gemäß der für Fertigteilmontage üblichen Kalkulationsweise kostenmäßig erfasst. Zur Ermittlung des Angebotspreises für das Gesamtobjekt wird auf die Kalkulation über die Angebotssumme zurückgegriffen. Die Stahlbauleistungen werden dabei als „Fremdleistung“ erfasst. Siehe hierzu Abb. 3 rechts.

Die Allgemeinen Geschäftskosten (Baustellenfertigung) bzw. Verwaltungs- und Vertriebskosten (Fertigteilmontage) unterscheiden sich grundsätzlich bei jedem Unternehmen aufgrund ihrer Struktur und Geschäftspolitik. Da keine allgemein gültigen Aussagen hierzu vorhanden sind, wurden diese für die Kostenermittlung einheitlich mit 8,0 % angenommen. Wagnis und Gewinn werden durch einen prozentualen Anteil von 3,0 % berücksichtigt.

Baustellenfertigung	
Einzelkosten der Teilleistungen	
+ Gemeinkosten der Baustelle	
<hr/>	
= Herstellkosten	
+ Allgemeine Geschäftskosten	
<hr/>	
= Selbstkosten	
+ Wagnis & Gewinn	
<hr/>	
= Angebotssumme	

Fertigteilbauweise	
Kosten technisches Büro	
+ Werkstoff-/Materialkosten	
+ Fertigungskosten	
+ Montagekosten	
+ Kosten sonstige Baumaßnahmen	
<hr/>	
= Herstellkosten	
+ Verwaltungs- & Vertriebskosten	
<hr/>	
= Selbstkosten	
+ Wagnis und Gewinn	
<hr/>	
= Angebotssumme	

Abbildung 3: Kalkulation über die Angebotssumme für die Baustellenfertigung (links) und Fertigteilbauweise (rechts)

3.2 Auswertung und Interpretation der Kostenermittlung

Die Angebotssummen für die betrachteten Bauweisen bewegen sich nahezu auf einem Niveau:

- Stahlbetonbauweise: ca. 2.109.000 €
- Stahlverbundbauweise mit GKB: ca. 2.113.000 €
- Stahlverbundbauweise mit DSB: ca. 2.104.000 €

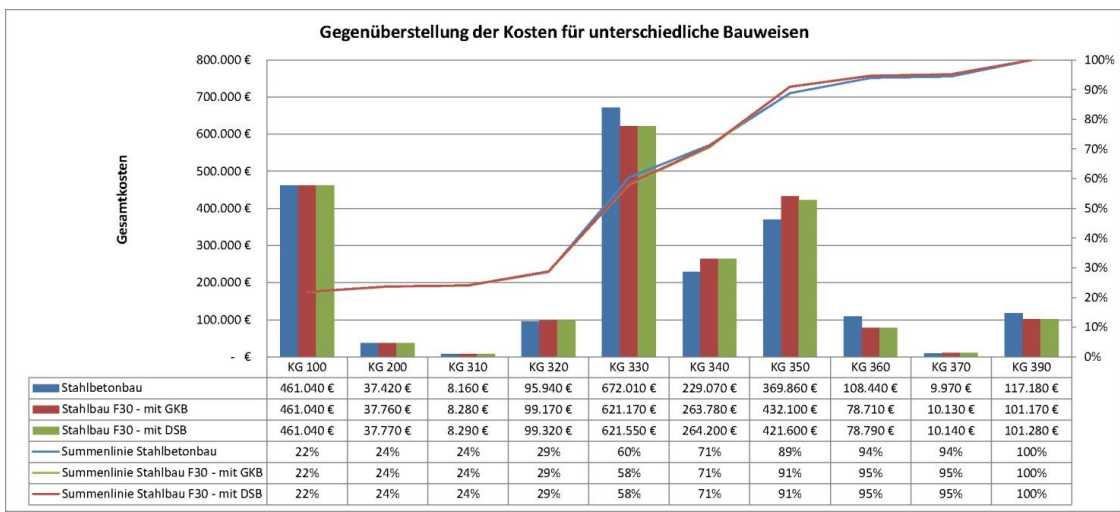


Abbildung 4: Gegenüberstellung der Kosten für unterschiedliche Bauweisen

Die Kosten für das Bauwerk (KG 300) nehmen einen Anteil von ca. 76 % der Gesamtkosten ein. Anhand der Kostenaufschlüsselung lassen sich Kostengruppen ablesen, in denen für die jeweilige Bauweise kostengünstigere oder -intensivere Detaillösungen notwendig sind.

Als wesentliche Erkenntnis kann festgehalten werden:

Stahlverbundgeschossbauten können auch mit Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer hinsichtlich der Kosten konkurrenzfähig zur Stahlbetonbauweise ausgeführt werden. Diese pauschale Aussage gilt nur dann, wenn „im System“ gebaut wird, d.h. die Vorteile der jeweiligen Bauweise durchgehend (von Fundament bis Fassade) umgesetzt werden.

Die ermittelten Angebotssummen für die drei untersuchten Bauweisen sind nahezu identisch. Sie weisen eine Differenz von unter 0,5 % der Gesamtsumme auf.

Anhand der detaillierten Aufschlüsselung nach Kostengruppen konnte eine Interpretation erfolgen, bei welchen Konstruktionen die Kosten entstehen und wo die Vorteile der jeweiligen Bauweise liegen.

Betrachtet man lediglich die Kosten pro lfm für die tragenden Elemente wie Stützen und Unterzüge, so erscheint die Stahlbetonbauweise auf den ersten Blick als kostengünstiger. Bei den Unterzügen erscheinen die Stahlunterzüge bereits auf den ersten Blick konkurrenzfähig. So kostet bei der untersuchten Variante ein Stahlbetonunterzug ca. 200 €/lfm und ein Stahlunterzug mit Dämmschichtbildner etwa 210 €/lfm. Ein Stahlunterzug mit Gipsbauplatten ist etwas teurer (ca. 250 €/lfm).

Betrachtet man jedoch die Gesamtkosten für das Tragsystem (Kostengruppen 331, 341, 343, 348, 351 und 354), so bewegen sich sämtliche betrachtete Bauweisen auf einem vergleichbaren Niveau. Die Stahlbauweise ist etwas kostengünstiger als die Stahlbetonbauweise (siehe Tabelle 3). Dies mag zwar zunächst in Anbetracht der kostenintensiveren einzelnen Tragsysteme (Stützen und Unterzüge) verwundern. Bei einer detaillierten Betrachtung sind jedoch zwei wesentliche Gründe zu erkennen:

Gründe hierfür sind z.B. die geringeren Kosten für das erforderliche Sekundärtragwerk (Fassadenunterkonstruktion, Dachträger,..).

Zum einen fallen die Kosten für das erforderliche Sekundärtragwerk (z.B. Fassadenunterkonstruktion, Dachträger, ..) bei der Stahlverbundbauweise deutlich geringer aus als bei der Stahlbetonbauweise, zum anderen kann teilweise auf zusätzliche Brandschutzmaßnahmen für die tragenden und aussteifenden Stahlbauteile verzichtet werden, wenn z.B. die Tragstrukturen in raumtrennende Bauteile integriert werden und somit vor einer Brandeinwirkung geschützt sind.

Tabelle 4: Zusammenstellung der Gesamtkosten für das Tragwerk

	Stahlbetonbauweise	Stahlverbundbauweise mit GKB	Stahlverbundbauweise mit DSB
Kosten Tragwerk	ca. 282.000 €	281.000 €	270.000 €
Kostendifferenz		- 0,4 %	- 4,0 %

Zusätzlich zu den Kosten für das reine Tragsystem konnte festgestellt werden, dass die Stahlbetonbauweise bei den Kostengruppen 330 (Außenwände) und 360 (Dächer) etwas kostenintensiver als die Stahlverbundbauweise ist. Bei den Kostengruppen 340 (Innenwände) und 350 (Decken) ist jedoch die Stahlverbundbauweise teurer.

Aufgrund der gewählten Konstruktionen bietet die Stahlverbundbauweise zudem einen wesentlichen Vorteil: In der untersuchten Ausführung wurde in sämtlichen Geschossen eine abgehängte Decke sowie eine Brüstungsinnenverkleidung vorgesehen. Technische Installationen können somit ohne zusätzlichen (Kosten-)Auswand optisch kaschiert werden. Bei der Stahlbetonbauweise sind, wenn umfangreich Technikleitungen kaschiert werden sollen, zusätzliche Maßnahmen vorzusehen, die bislang nicht in die Kosten eingeflossen sind.

Die weiteren Kosten bewegen sich bei allen Bauweisen auf einem vergleichbaren Niveau.

4 Ökobilanz

Seit einigen Jahren wird verstärkt die Nachhaltigkeit von Gebäuden gefordert. Darunter werden in der Regel die ökonomische, die soziokulturelle, die technische und die ökologische Qualität verstanden.

Im Bau- und Immobiliensektor lassen sich - aufgrund der dort verwendeten Mengen an Baustoffen und -produkten sowie der Abfall- und Recyclingmassen - wichtige Weichen in Richtung Ressourceneffizienz stellen. Damit wird die Wettbewerbsfähigkeit der Branche gestärkt. Durch die politischen Vorgaben zur Ressourceneffizienz und Abfallvermeidung rückt auch die Senkung von Ressourcen und Energieverbrauch für Errichtung und Entsorgung von Gebäuden weiter in den planerischen Fokus. Diesem Umstand wird mit der DIN EN 15978 [9] Rechnung getragen, die eine Berechnungsmethode zur Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden vorgibt. Die Bewertung umfasst alle baunahen Bauprodukte, Prozesse und Dienstleistungen über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes bis hin zum Recycling und Wiederverwendung der Rückbaumaterialien.

4.1 Systemgrenzen

Nach DIN EN 15978 wird der Lebenszyklus eines Gebäudes in fünf Module unterteilt (Abb. 5). Da für die Module A4 bis C2 spezielle Szenarien erforderlich sind wird in diesem ökobilanziellen Vergleich, in dem vor allem die verschiedenen Bauweisen im Vordergrund stehen, nur die Herstellung (A1-A3), sowie Entsorgung (C3, C4) und die Gutschriften und Belastungen durch Recycling und Verwertung der Baustoffe (D) betrachtet. Grundsätzlich ist es aber erforderlich alle Module zu berücksichtigen. Bei der Ökobilanz innerhalb der Bewertung für das Deutsche Gütesiegel für nachhaltiges Bauen (DGNB) sind sämtliche Module obligatorisch.

Informationen zur Beschreibung des Gebäudes				
Information für den Lebensweg des Gebäudes				
Herstellung	Bauphase	Nutzung	Entsorgung	Gutschriften und Belastungen
A1: Rohstoffabbau	A4: Transport	B1: Nutzung	C1: Rückbau, Abriss	D: Wiederverwendung, Recycling, Rückgewinnung
A2: Transport	A5: Einbau	B2: Instandhaltung	C2: Transport zur Abfallbehandlung	
A3: Herstellung		B3: Instandsetzung	C3: Abfallbehandlung	
		B4: Austausch	C4: Beseitigung	
		B5: Modernisierung		
		B6: Betriebsenergie		
		B7: Betriebswasser		

Abbildung 5: Lebenszyklus von Gebäuden und Bauprodukten nach DIN EN 15804 und DIN EN 15978

4.2 Ergebnis des ökobilanziellen Vergleichs des Tragwerks

Durch bauforumstahl wurde für das vorgestellte Mustergebäude ein ökobilanzieller Vergleich der Tragwerke für die Ausführungsvarianten Stahlbetonbauweise und Stahlverbundbauweise mit Gipsbauplatten erstellt.

Nach einer Massenermittlung (Abb. 6) für die beiden Varianten lassen sich die Umweltwirkungen unter Verwendung der EPD „Baustähle“ [13] und der aktuellen Ökobau.dat 2011 [12] ermitteln. Die Werte für die Herstellung und das Recycling bzw. Verwertung und Deponie werden getrennt ausgewiesen und anschließend bilanziert. Beispielhaft für alle Auswertgrößen einer vollständigen Ökobilanz werden hier nur die nicht erneuerbare Primärenergie und das Treibhauspotenzial (GWP) für die beiden Tragwerksvarianten abgebildet. (Abb. 7 und 8) Eine vollständige Beschreibung der Mustergebäude und eine weitere Erläuterung der Ökobilanzierung ist im Beitrag „Eco efficiency of structural frames for low rise office buildings“ zu finden [15].

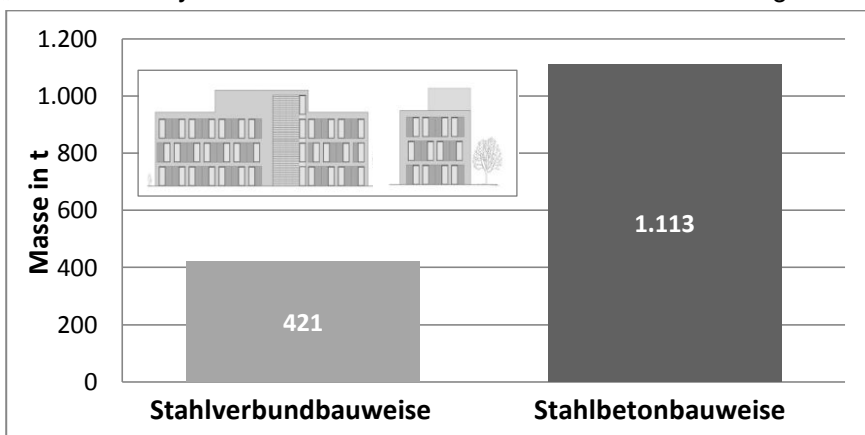


Abbildung 6: Massen für das Tragwerk des Bürogebäudes unterschiedlicher Bauweisen

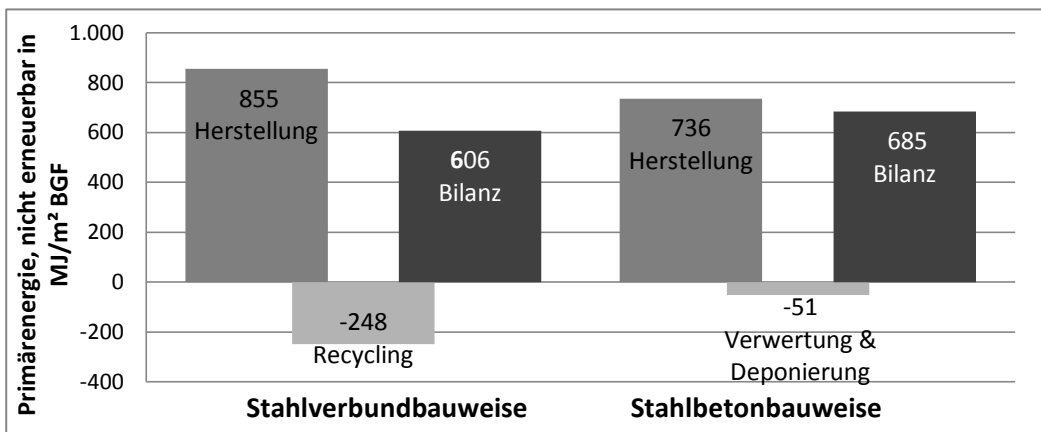


Abbildung 7: Nicht erneuerbare Primärenergie für das Tragwerk von Bürogebäuden unterschiedlicher Bauweisen

Werden die Gutschriften oder Belastungen die durch Wiederverwendung und Recycling von Baustahl oder durch das Verwerten und die Deponierung von Beton entstehen in der Bilanzierung berücksichtigt so zeigen sich deutlich die Vorteile der Recycling- und der Wiederverwendbarkeit von Baustahl. Einwirkungen auf die Umwelt werden reduziert und Ressourcen werden effizient genutzt. Auch die Verwendung von gebrochenem Beton als Schotterersatz zeigt sich als Vorteil in der Energiebilanz. Bei Betrachtung des nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauchs liegen die beiden Tragwerksvarianten fast gleich auf. (Abb. 7). Die Variante in Stahlverbund-

bauweise hat leichte Vorteile durch die hervorragende Recyclingfähigkeit der Baustahlkomponenten.

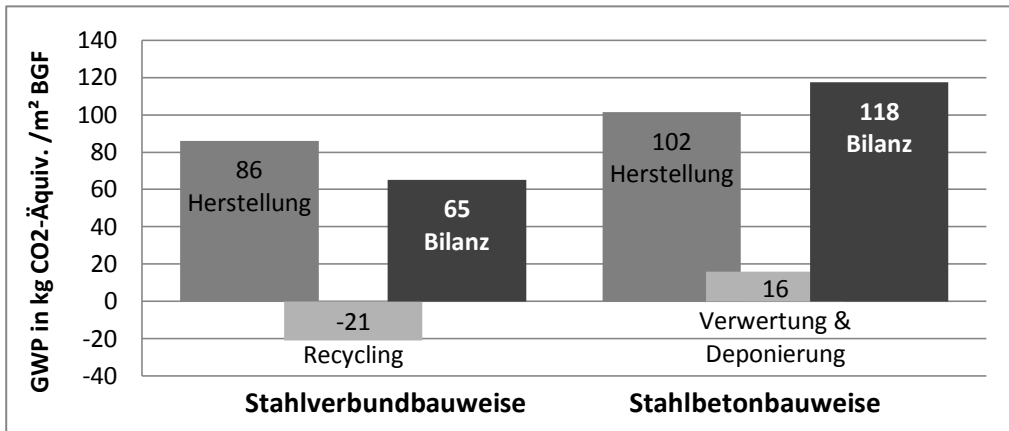


Abbildung 8: Treibhauspotenzial für das Tragwerk von Bürogebäuden unterschiedlicher Bauweise

Beim Treibhauspotenzial werden diese Vorteile deutlicher. (Abb. 8). Die relativ hohen CO₂ Emissionen bei der Zementherstellung für den Beton können nicht durch eine einfache Verwertung als Schotterersatz kompensiert werden. Die Aufbereitung zur Verwertung (Sortieren, Brechen, Sieben und Mischen) und die Deponierung der Betonteile führt noch zu höheren Emissionen von Treibhausgasen.

5 Fazit

Werden Bürogebäude konsequent in Stahl- und Stahlverbundbauweise erstellt, sind sie hinsichtlich der Kosten konkurrenzfähig zur Stahlbetonbauweise. Eine pauschale Aussage, welche Bauweise unter welchen Voraussetzungen kostengünstiger ist, ist jedoch nicht möglich. Die Kosten für das komplette Gebäude werden durch die gewählten Konstruktionen und die Rahmenbedingungen bestimmt. Grundsätzlich sind jedoch für sämtliche Bauweisen konkurrenzfähige Lösungen möglich. Welche Bauweise für das jeweilige Projekt kostengünstiger ist, hängt hauptsächlich von den Bedürfnissen und Wünschen des Bauherrn sowie vom Wissen und der Erfahrung des planenden Architekten bzw. Ingenieurs ab.

Hinsichtlich der Genehmigungsfähigkeit sind sowohl die Stahlbetonbauweise als auch die Stahlverbundbauweise unproblematisch.

In Zeiten knapper werdender Ressourcen sowie steigender Energiekosten und eines erhöhten Umweltbewusstseins rückt die ökologische Nachhaltigkeit zusätzlich verstärkt in den Vordergrund. Die Wiederverwendung von Bauprodukten und hochwertiges Recycling im Bausektor sind wichtige Schritte zur Erzielung einer erfolgreichen Ressourcenschonung. Das so genannte „Urban Mining“ bei dem die gebaute Umwelt als großes (Sekundär-) Rohstofflager genutzt wird, verringert die Abhängigkeit von steigenden Rohstoffpreisen und stellt den Übergang einer reinen Abfallwirtschaft zur Kreislaufwirtschaft dar. Wie der dargestellte ökobilanzielle Vergleich zeigt kann besonders der Baustoff Stahl mit seiner ständigen Recyclingfähigkeit einen Beitrag zu dieser Entwicklung leisten.

6 Literatur

- [1] Europäische Konvention für Stahlbau; *statistical report 2004/2005/2006/2007/2008/2009*; www.steelconstruct.com
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbau DAST, 2005 *1/2005 Forschungsbericht Entwicklung und Anwendung von Planungssoftware zur brandschutztechnischen Optimierung von Stahlgeschossbauten*. Düsseldorf: DAST
- [3] ARGEBAU; *MBO Musterbauordnung für die Länder der Bundesrepublik Deutschland*; Konferenz der für das Städtebau-, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU), Fassung 11.2002, URL: <http://www.is-argebau.de> (Stand Oktober 2008)
- [4] ARGEBAU; *Musterbauordnung (MBO) - Begründung*; Konferenz der für das Städtebau-, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU), URL: <http://www.is-argebau.de> (Stand Oktober 2008)
- [5] *DIN 4102-4: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile*, Beuth Verlag, Berlin, 1994
- [6] *DIN EN 13501-2: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen*; Deutsche Fassung EN 13501-2 (2007) und A1 (2009), Beuth Verlag, Berlin
- [7] *DIN 276-1: Kosten im Bauwesen - Teil 1: Hochbau*. Deutsche Fassung, Beuth Verlag, Berlin, 2008
- [8] *DIN EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte*; Deutsche Fassung EN 15804:2012, Beuth Verlag, Berlin, 2012
- [9] *DIN EN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode*; Deutsche Fassung EN 15978:2011, Beuth Verlag, Berlin, 2012
- [10] Drees, G.; Paul, W.; *Kalkulation von Baupreisen. Hochbau, Tiefbau, schlüsselfertiges Bauen; mit kompletten Berechnungsbeispielen*. 7., erw. und aktualisierte Auflage Berlin: Bauwerk Verlag, 2002
- [11] Herrmann, G.; *Kostenrechnung, Kalkulation, Kostenkontrolle. Ein Leitfaden zur Kostenrechnung im Stahlbau*. Köln: Stahlbau-Verlagsgesellschaft, 1983
- [12] Ökobau.dat 2011; www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2012
- [13] EPD-BFS-2010111-E; *Environmental Product Declaration - Structural Steel: Sections and Plates*, Institute for Construction and Environment (IBU), Königswinter, 2010
- [14] Hubauer, A.; Lange, J.; *FOSTA Forschungsvorhaben P826: Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Stahl im Geschossbau unter besonderer Berücksichtigung des Brandschutzes - Untersuchung von Bürogebäuden in Stahl- und Verbundbauweise*, veröff. vrs. Düsseldorf, 2012
- [15] Siebers, R.; Hubauer, A.; Lange, J.; Hauke, B. *Eco efficiency of structural frames for low rise office buildings*, in Koukkari, H.; Branganca, L.; Boudjabeur, S.(Eds.); *Concepts and methods for steel intensive Buildings*.-S. 55-70, München, 2012.