

# **Unendliche Möglichkeiten: Nachhaltigkeit in der Kommunikation für den Baustoff Stahl**

Hard arguments for sustainable construction  
Sustainability in communicating steel as a construction  
material

Des arguments qui frappent la construction durable telle  
qu'elle apparaît dans la communication de la filière acier

Bernhard Hauke  
bauforumstahl e.V.  
DE-Düsseldorf





# Unendliche Möglichkeiten: Nachhaltigkeit in der Kommunikation für den Baustoff Stahl

## 1. Bauen mit Stahl für eine Null-Abfall-Wirtschaft

Mehr als 50% aller Abfälle in Deutschland sind dem Bauwesen zuzuschreiben. [1] Das bedeutet nicht nur ein Abfallbeseitigungsproblem, sondern vor allem eine enorme Ressourcenverschwendung. Dem entgegen spricht der Europäische Rat vom „Ziel einer Europäischen Recyclinggesellschaft mit einem hohen Maß an Effizienz der Ressourcennutzung“ [2]. Der Rat bekräftigt, „...“, dass die Abfallvermeidung oberste Priorität der Abfallwirtschaft sein sollte, und dass Wiederverwendung und stoffliches Recycling den Vorzug vor der energetischen Verwertung von Abfällen haben sollten....“ und hat folgende Abfallhierarchie veröffentlicht:

- a) Vermeidung
- b) (Vorbereitung zur) Wiederverwendung
- c) Recycling
- d) Sonstige Verwertung, z.B. energetische Verwertung
- e) Beseitigung

Zur „Abfallvermeidung“ im Bauwesen kann sicher eine Strategie zur Revitalisierung von ungenutztem Baubestand gezählt werden, aber auch Sanieren und der Umbau sowie dann weiter in der Hierarchie die Wiederverwendung und das Recycling von Baustoffen nach dem Lebensende des Gebäudes.

In all diesen Bereichen besitzt der Baustoff Stahl bzw. die in Stahlbauweise errichteten Gebäude hervorragende Eigenschaften. Stahlbauten sind wirtschaftlich, flexibel und langlebig. Große Spannweiten sichern die Anpassungs- und Erweiterungsfähigkeit (siehe Abschnitt 3). Bauteile können nach Rückbau in anderen Bauwerken wiederverwendet werden und Stahl kann ohne Qualitätsverlust oder sogar unter Verbesserung seiner Qualität unendlich oft recycelt werden. Wie in einem Mehrwegsystem wird Baustahl nie verbraucht, sondern nach dem Lebensende eines Gebäudes stets neu genutzt (Abbildung 1 und Abbildung 2).



Abbildung 1: Nicht nur Re- sondern Upcycling: Wenn Stahlschrott nach Ende des Produktlebenszyklus zu einem neuen Produkt besserer Qualität aufgewertet wird.

Ein aktueller Sachstandsbericht [3] zeigt für Baustähle eine Wiederverwendungsrate von 11% und eine Recyclingrate von 88%. Die Sammelrate beträgt also 99% (Abbildung 2). Heute werden in Deutschland rund 46% des erzeugten Stahls durch Recycling gewonnen

– Tendenz steigend. Betrachtet man nur die Baustahlproduktion so liegt der Anteil mit ca. 72% noch deutlich darüber [4].

Durch das Recycling von ca. 20 Millionen Tonnen Stahlschrott in Deutschland pro Jahr (sechs Eiffeltürme pro Tag) werden wertvolle Rohstoffreserven geschont, Energie eingespart und CO<sub>2</sub>-Emissionen gesenkt.

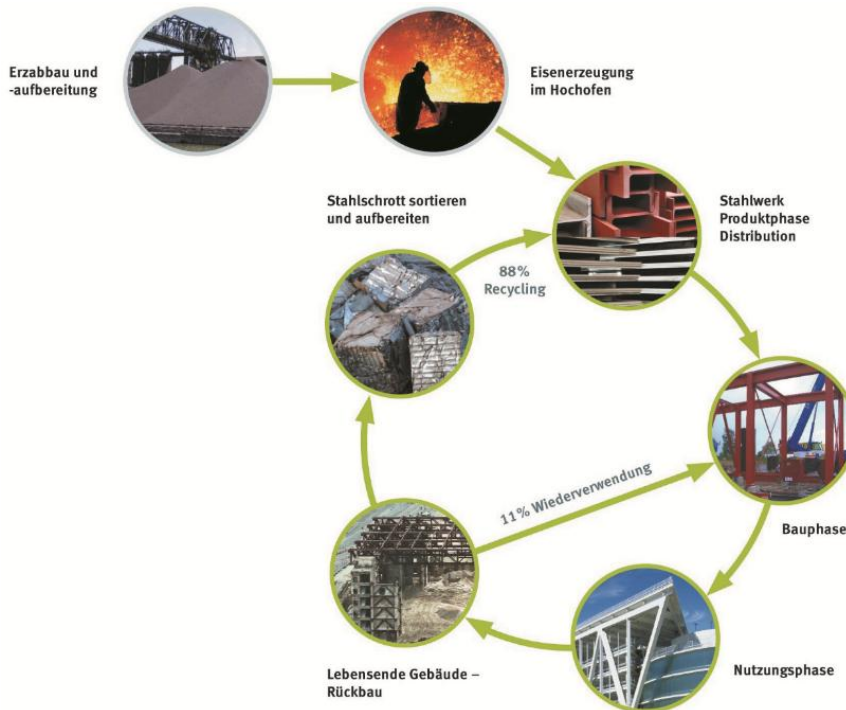


Abbildung 2: Bauen mit Stahl ist Bauen im industriellen Kreislauf und ein Schritt zur Null-Abfall-Wirtschaft

Stahl ist ein Werkstoff mit Zukunft – nicht nur, weil Eisenerz, der Hauptrohstoff zur Herstellung von Stahl, eines der häufigsten Elemente der Erdkruste ist. Dank seiner 100%igen Recyclingfähigkeit hat sich für Stahl weltweit ein bewährtes Kreislaufsystem etabliert. Stahlschrott ist ein begehrter Sekundärrohstoff und kann dank seiner leichten Trennbarkeit aus jedem stählernen Produkt gewonnen werden, von der Rasierklinge über Kühlschränke bis zu Altfahrzeugen. Das Stahlrecycling schafft so gleichzeitig eine nachhaltige "Entsorgung" von ausgedienten Alltagsgegenständen und verringert das Abfallaufkommen. Das "Cradle to Cradle"-Konzept macht Stahl daher zu einem ressourceneffizienten Baustoff. Die Stahlindustrie steht zu ihrer Verantwortung für den Klimaschutz. Im Rahmen der Klimavereinbarung der deutschen Wirtschaft hat sie ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen je Tonne Rohstahl von 1990 bis 2012 um 15% gesenkt, bezogen auf die Stahlfertigerzeugnisse sogar um 21% (Abbildung 3). Die steigenden Qualitätsanforderungen und der zunehmende Kostendruck haben in der deutschen Stahlindustrie in der zurückliegenden Zeit nicht nur weitreichende Rationalisierungsmaßnahmen ausgelöst, sondern auch erhebliche technologische Fortschritte hervorgerufen. Erkennbar sind diese insbesondere auch in einer wesentlichen Steigerung der Energie- und Materialeffizienz. Effizienzsteigerung heißt hierbei eine fortlaufende Erhöhung des Output-Input-Verhältnisses beim gesamten materiellen Ressourceneinsatz. Auch die bei der Stahlherstellung anfallenden Nebenprodukte werden nahezu vollständig genutzt. Die Schlacke beispielsweise wird in der Zementherstellung eingesetzt, Prozessgase werden als Energieträger in den Produktionsprozess zurückgeführt, und auch andere Nebenprodukte wie Benzol, Schwefel und Teer haben dankbare Abnehmer gefunden wodurch andere primäre Ressourcen geschont werden können.

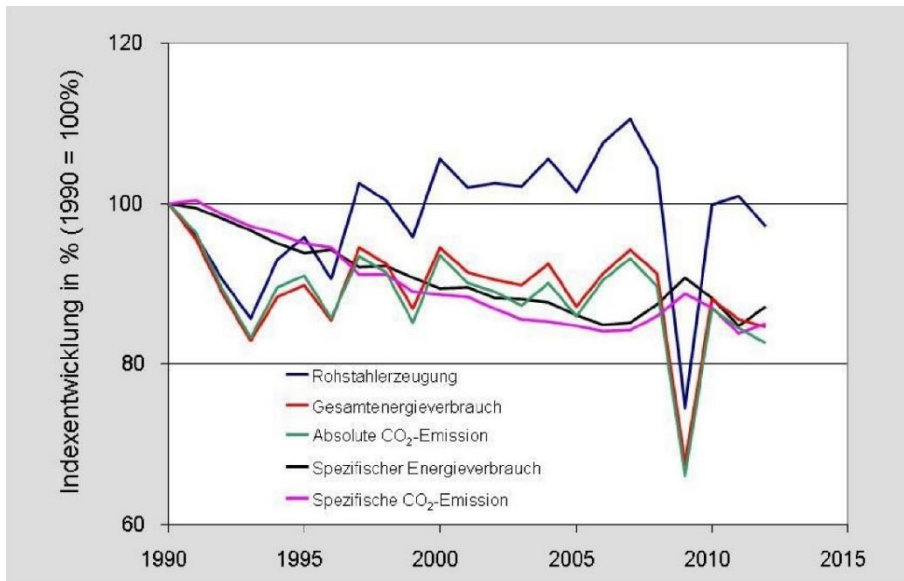


Abbildung 3: Indexentwicklung der absoluten und spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stahlindustrie in Deutschland seit 1990 [5]

Weiterhin haben die Entwicklungen bei höher festen Stahlgütern in den vergangenen Jahren entscheidend zur Ressourceneffizienz im Baubereich beigetragen. Zum einen sind die Stähle selbst ressourceneffizienter. Thermomechanisch gewalzte Stähle (TM) benötigen signifikant weniger Legierungselemente im Vergleich zu normalisierten Stählen. Dank der hervorragenden Schweißneigung von TM gewalztem Stahl kann das Vorwärmen beim Schweißen deutlich reduziert werden bzw. sogar entfallen. Die höhere Tragfähigkeit der Stähle ermöglicht kleinere konstruktive Querschnitte der Bauteile, der Materialverbrauch sinkt entsprechend. Im Brücken- und Hochhausbau ist dies von besonderer Bedeutung. Da die höheren Festigkeiten überwiegend durch moderne Walzverfahren und weniger über aufwändige Legierungen eingestellt werden, ist auch die Energie- und Umweltbilanz zur Herstellung in der gleichen Größenordnung wie bei normalfesten Stählen.

## 2. Baustahl ein einheimischer Recyclingbaustoff

Pro Tonne transportiertem Stahl ergeben sich ab dem Werkstor zusätzlich Belastungen je nachdem woher der Stahl kommt. Betrachtet wird Stahl mit der Herkunft Westeuropa, Brasilien und China. Verglichen mit dem errechneten Primärenergiebedarf und dem Treibhauspotenzial pro Tonne Baustahl können bei langen Transportwegen, je nach Herkunftsland der Stahlerzeugnisse, zusätzliche Umweltbelastungen von fast 30% auftreten (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5).

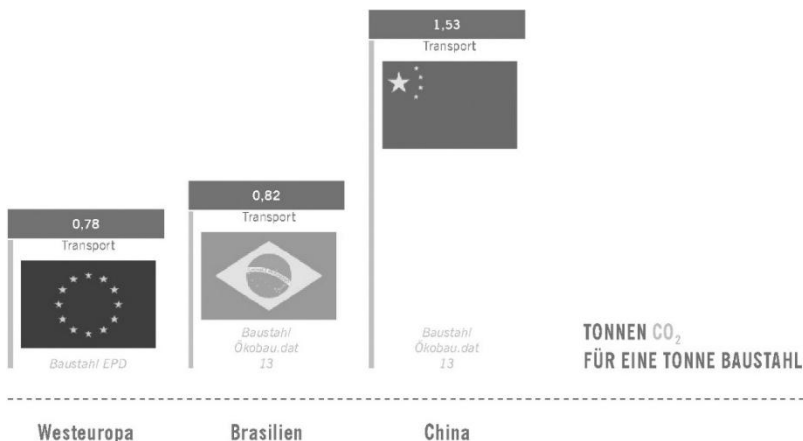


Abbildung 4: Treibhauspotenzial abhängig vom Ursprungsland des Baustahls [7]

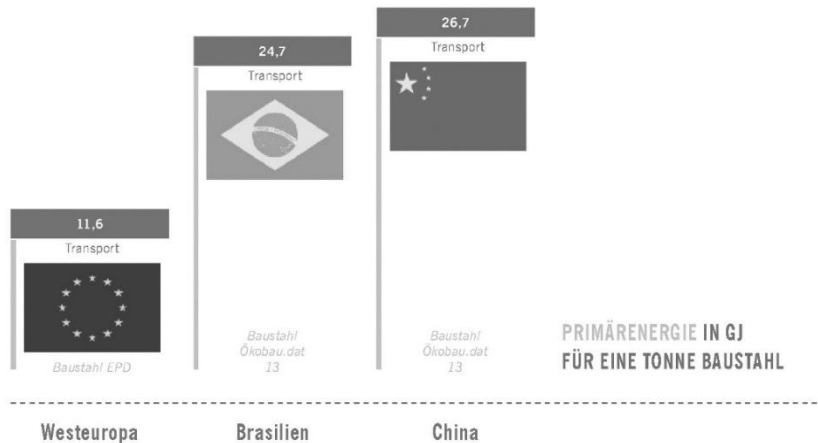
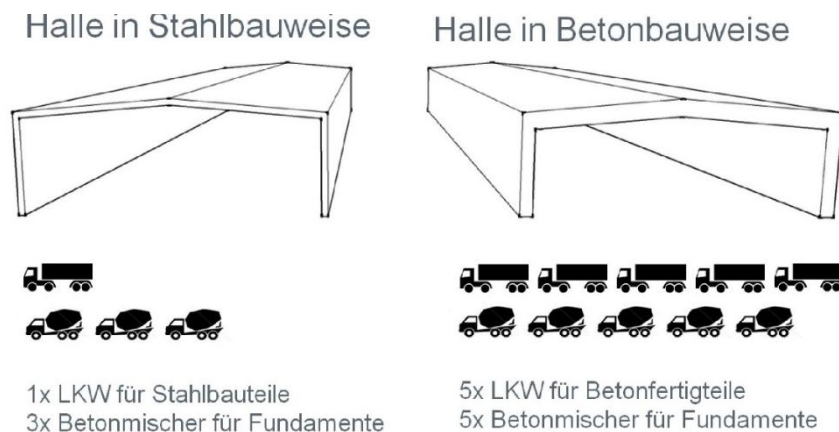


Abbildung 5: Primärenergieeinsatz abhängig vom Ursprungsland des Baustahls [7]

Wegen dieser deutlichen Anteile müssen die Umweltdaten für lange Transportwege auch bei einer Ökobilanz für ein komplettes Gebäude Berücksichtigung finden. Bei dem Einsatz von Baustahl aus Europa können zudem die verfügbaren EPDs der europäischen Qualitätsstahlhersteller verwendet werden. Kommt der Stahl von Herstellern ohne eine gültige EPD so darf nur der in der Ökobau.dat ([www.oekobaudat.de](http://www.oekobaudat.de)) angegebene Durchschnittswert für den in Deutschland verwendeten Baustahl verwendet werden. Baustahl in hoher technischer Qualität und mit den in der EPD bescheinigten günstigen Umweltwerten, ist in Deutschland und Europa gut verfügbar. Unter Berücksichtigung der gerade beschriebenen zusätzlichen ökologischen Belastungen relativiert sich der vermeintliche ökonomische Vorteil von Importstahl aus anderen Regionen oft schnell. Besonders Baustahl aus Deutschland und Europa, der vor Ort immer wieder rezykliert und damit zurück in den industriellen Kreislauf gegeben wird, ist somit de facto auch ein einheimischer Baustoff.

### 3. Bauen mit Stahl – Schnell, sauber und flexibel

Das Bauen mit Stahl ist zeitsparend und wirtschaftlich, Vorfertigung ist die grundlegende Methode modernen Bauens und Tradition im Stahlbau. Die Fertigungswerke des Stahlbaues erlauben höhere Standards in Arbeitssicherheit und Qualität. Just-in-time-Prozesse sorgen für eine optimale Baustellenlogistik mit geringem Transportaufkommen und kleiner Baustelleneinrichtung (Abbildung 6). Bauablauf und Bauzeit werden beschleunigt – das Bauwerk kann früher genutzt werden. Verkehrsstörungen werden so verringert, Abfall vermieden, Lärm- und Staubbelastungen im Baustellenumfeld gesenkt. Beim Bau von Autobahnbrücken mit Mittelstütze ergeben sich vermeidbare Verkehrsbehinderungen die zu volkswirtschaftliche (Mehr)Kosten von rund 0,3 Mio. € führen. [9] Durch Stahl-Verbundweise ohne Mittelstütze wird hier Geld und Zeit eingespart.

Abbildung 6: Transportaufwand zur Errichtung einer Halle (Bruttogeschossfläche = 900m<sup>2</sup> für beide Varianten) nach [8]

Leichte Stahlkonstruktionen mit hoher Tragfähigkeit, geringen Bauteilabmessungen und kleinen Fundamenten sind die entscheidenden Grundlagen für ressourceneffizientes Bauen. Filigranität führt zu hoher Flächen- und Volumeneffizienz bei geringen Betriebsverbräuchen. Auch die Umbau- und Nutzungsflexibilität von Stahlbauten trägt zur Ressourceneinsparung bei, weil ein Gebäudeabriss vermieden wird. Durch höherfeste Stähle oder effiziente Lochstegträger wird der Ressourcenverbrauch weiter gesenkt. Stahlbauten gehören zu den anpassungsfähigsten Wertanlagen, in die ein Bauherr investieren kann. Wirtschaftliche, technische und gesellschaftliche Veränderungen erfordern wandlungsfähige Gebäude. Stahlkonstruktionen verleihen die notwendige Flexibilität. Sie können leicht und kosteneffizient umgebaut, aufgestockt und erweitert werden – Garantien für eine lange Nutzungsdauer. Zukünftig wird die Nach- und Umnutzung des Bestandes Vorrang vor Neubauten haben. Um jedoch in Zukunft eine Gebäudetypologie wie z.B. den Verwaltungsbau in eine Gebäudetypologie des Wohnungsbaus (oder umgekehrt) mit vertretbarem ökonomischem Aufwand transformieren zu können, ist es erforderlich, von Beginn an eine Flexibilität in Grundriss und Schnitt der Struktur zu planen. Häufig ist die Umnutzung von Massivbauten ökonomisch oder ökologisch kaum zu begründen, der Aufwand für Rückbau und Umbau, sowie die Ertüchtigungsmaßnahmen sind oft zu hoch. Der also zu bevorzugende Stahlskelettbau muss allerdings auch in Bezug auf Nachnutzbarkeit geplant werden, beispielsweise lassen sich im Hochbaudurch große stützenfreie Bereiche moderne und flexible Bürokonzepte umsetzen. Maximale Flexibilität und damit Werterhalt auch für eine spätere, vielleicht unvorhergesehene, Nutzung ist so möglich.

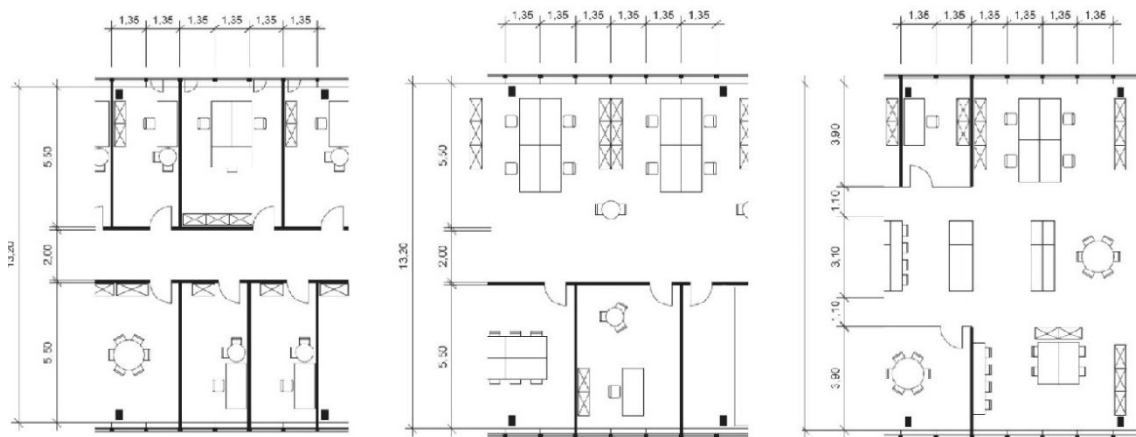


Abbildung 7: Beispiele für Büroformen v.l.n.r.: Zellenbüros mit Mittelgang, Gruppenbüros, Business Club nach [10]

Zwei prominente Beispiele für die Umnutzungsfähigkeit von Gebäuden in Stahlbauweise seien hier erwähnt.

Zum einen der Poelzig-Bau in Frankfurt der ab 1928 der IG Farben als Firmensitz dienste, ab 1945 das Hauptquartier der US Army in Deutschland war und seit 2001 die J. W. Goethe Universität beherbergt. [11] Ein weiteres Beispiel ist das Blaugold Haus in Köln. In den 50er Jahren vom Architekten Wilhelm Koep für die Firma 4711 erbaut, wurde der Stahl-Skelettbau nach mehreren Fassadensanierungen 1991 unter Denkmalschutz gestellt. Die schlanke Stahlskelett-Konstruktion mit wenigen Innenstützen bot beste Voraussetzungen für die 2012 erfolge Modernisierung und Umnutzung als Hotel. Die vorhandene Struktur ermöglichte es sogar, die höheren Lasten der neuen, energetisch hochwertigen Fassade vollständig aufzunehmen. Die äußere, namensgebende Gestalt des Gebäudes wurde erhalten. [12] Beide hier genannten Bauwerke sind Beispiele für die lange Lebensdauer von Stahlkonstruktionen und den Werterhalt durch Flexibilität.

#### 4. Rückbaubarkeit für Recycling und Wiederverwendung

Bei Stahlbauten ist selbst der Rückbau werthaltig. Am Lebensende des Gebäudes steht eine einfache Demontage mit Wiederverwendung oder Recycling – leicht lösbare Verbindungen machen es möglich. Den Kosten für eine Entsorgung von Bauschutt stehen Erlöse aus dem Verkauf von Stahlschrott gegenüber. (Abbildung 8)



Abbildung 8: Erlöse und Kosten am Lebensende einer Halle (Bruttogeschossfläche = 900m<sup>2</sup> für beide Varianten) nach [8]

Ein Großteil des in Europa verwendeten Baustahls - Profile, Stabstahl & Grobblech - wird aus dem Sekundärrohstoff Schrott gewonnen. Da hierdurch wesentliche Prozesse der Stahlherstellung, beispielsweise die Erzaufbereitung und die Gewinnung von Roheisen, entfallen, ist die Erzeugung von Stahl aus Schrott im Elektroofen (EAF) alleine betrachtet energiesparend und klimaschonend. Aber auch Hochofenstahl leistet einen wichtigen Beitrag zum industriellen Kreislauf: Mit jeder Tonne Primärstahl (so wird der Hochofenstahl aufgrund seiner Erzeugung aus dem Primärrohstoff Eisenerz bezeichnet) wird ein de facto unbegrenzt wiederverwertbarer Baustoff im Sinne eines Mehrwegsystems geschaffen. Durch die lange Lebensdauer von Konstruktionen aus Stahl ist dauerhaft eine große Menge an Stahl in Produkten gebunden. Durch die Wachstumsraten der vergangenen Dekaden in Deutschland ist die Nachfrage nach neuem Stahl daher nicht allein über den Schrottmarkt zu befriedigen. Hier sorgt die Primärstahlerzeugung für Produktnachschub. Entscheidend ist - egal ob Primär- oder Sekundärstahlerzeugung - ,dass der wertvolle gebrauchte Stahl (Schrott) nach der Verwendung vollständig wieder eingesammelt und über das Recycling einem neuen Nutzungszyklus zugeführt wird. Dieses "CradletoCradle"-Konzept verringert den Einsatz von Primärrohstoffen und macht die Ökobilanz von Baustahl noch besser.

Bei der Erstellung einer qualifizierten Ökobilanz für vollständige recycelbare Bauprodukte aus Stahl muss also das Recycling auch berücksichtigt werden.

Hierfür gibt es grundsätzlich zwei Ansätze: Recycled Content und Recycling Potential.

Beim Recycled Content Ansatz wird nur der aktuelle Herstellungsprozesse betrachtet. Wichtig für die Bewertung ist hierbei der Anteil des Sekundärmaterials (z. B. Schrott), welches ohne einen „ökologischen Rucksack“ zur Verfügung gestellt wird. Es soll besonders der Einsatz von Sekundärmaterial gefördert werden, Sammelraten oder recyclinggerechtes Konstruieren finden dagegen keine Berücksichtigung. Altstahl, also Schrott ist allerdings schon heute ein aktiv gehandelter Wertstoff. Durch den Recycled Content Ansatz werden unwirtschaftliche Materialströme für Schrott gefördert, der viel wichtigere Materialerhalt über eine möglichst hohe Sammelrate jedoch vernachlässigt.

Dem gegenüber betrachtet der Recycling Potential Ansatz den gesamten industriellen Kreislauf eines Materials. Anhand der aktuellen Sammelrate (Wiederverwendungsrate + Recyclingrate) wird berücksichtigt, dass durch die Sekundärproduktion die entsprechende Primärproduktion und die zugehörigen Belastungen reduziert werden. Darum spricht man auch vom „Ansatz des Recyclings am Lebensende“. Maßgebend ist der netto Materialerhalt, welcher den Umwelteinfluss minimiert. Ein Design für Recycling wird gefördert.

Stahl und insbesondere Baustahl ist also ein regenerativer Baustoff: Nach der Nutzung lässt er sich sammeln und entweder wiederverwenden oder neu einschmelzen und zu neuen Bauprodukten verarbeiten. Bei einem Produktionsmix von 40% Hochofenstahl und 60% Elektrostahl und einem Einsatz von 25% Stahlschrott in der Hochofenroute werden 110 kg wiederverwendbare Produkte sowie 180 kg zusätzlicher Stahlschrott gewonnen (Abbildung 9). Diese wiederverwendbaren Produkte und der zusätzliche Schrott mindern den Bedarf an primären Rohstoffen und schonen so die natürlichen Ressourcen. Die



Angaben entsprechen in etwa den Daten die der Umwelt-Produktdeklaration für Baustähle [4] zugrunde liegen.

Wenn ein Material, wie oben beschrieben, recycelt werden kann, wird der Verbrauch an Rohmaterialien, der Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert. Der Schrott, der für die Produktion notwendig war, muss von den 88% recycelten Schrott abgezogen werden (z. B. 700 kg Stahlschrott pro Tonne, Abbildung 9) Die übrig bleibende Schrottmenge (180 kg Stahlschrott pro Tonne) und auch die Stahlprodukte, die direkt wiederverwendet werden (110 kg), vermeiden die Produktion aus primären Rohstoffen. Dieser Effekt wird Recyclingpotenzial genannt. Der vereinfacht ermittelte Recycled Content wäre im Beispiel 70%.

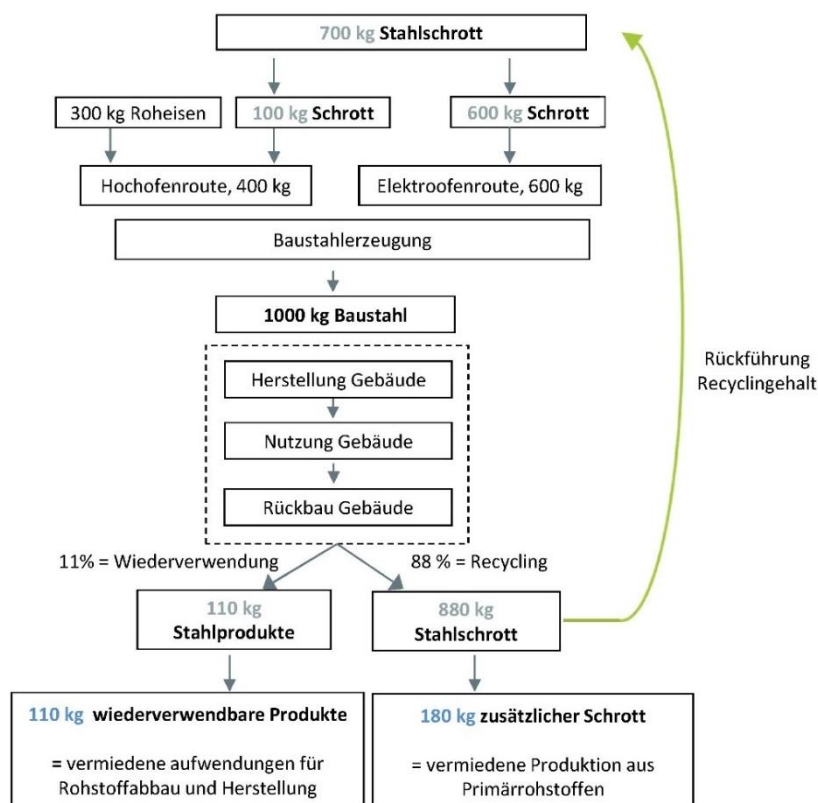


Abbildung 9: Stoffkreislauf für eine Tonne Baustahl (Stahlschrott und wiederverwendete Stahlprodukte ersetzen Produktion aus Eisenerzen)

Auch wenn die Bewertung des Recyclinganteils der verwendeten Baustoffe vordergründig einfacher erscheint – so erreicht man so nicht die Ziele von Ressourceneffizienz und Abfallvermeidung. Die Sammelrate nach dem Abriss des Gebäudes und die Eigenschaften der gebrauchten Baustoffe, z. B. zu Wiederverwendung oder weiteren Recyclingschritten, bleiben außer Acht. Hier liegt der Vorteil des Recycling Potential Ansatzes. Wie in der EN15804 gefordert werden aktuelle Marktdurchschnittsdaten zur Ermittlung verwendet. Das bedeutet Sammel- und Recyclingrate sind nicht in der Zukunft liegende, hypothetische Annahmen, sondern basieren auf aktuell verfügbaren Fakten und Technologien. Auch die unterschiedlichen und bei Bauprodukten aus Stahl zum Teil auch recht langen Lebensdauern spielen bei der Betrachtung keine vordergründige Rolle. Betrachtet wird immer die aktuelle Gesamtbilanz in einem Sektor (z. B. konstruktiver Stahlbau) zu einem konkreten Zeitpunkt. Folglich erfordern Veränderungen der durchschnittlichen Sammelraten, der Marktanteil von Hochofen- oder Elektroofenroute oder ggf. auch der Recyclingtechnologie zu einer Anpassung des jeweils aktuellen Recyclingpotenzials. Im engeren Sinne ist somit zumindest für Baustahl eigentlich auch nicht von einem Potential zu reden, welches zu heben sein könnte, sondern von einem tatsächlichen Recyclinggewinn. Die grundsätzliche Idee des Recycling Potential Ansatzes – um den Begriff beizubehalten – beruht darauf, dass die Umweltbelastungen jedem Materialzyklus als Nettobilanz in einem Cradle-to-Cradle Bilanzrahmen zugewiesen werden. Für die Stahlerzeugung ist der

erste notwendige Produktionsschritt die Hochofenroute mit Eisenerz als wichtigstem Primärrohstoff. Energiebedarf und Emissionen sind relativ hoch. Der so aus Eisenerz hergestellte Stahl wird z. B. oft für Konsumprodukte wie Autos oder Waschmaschinen verwendet, vereinzelt auch für Bauprodukte, z. B. Grobbleche für eine Brücke. Nehmen wir nun an, die Sammelrate ist 100%, wenn Auto oder Waschmaschine nicht mehr gebraucht werden bzw. die Brücke zurück gebaut wird. Also ist das Sekundärmaterial Stahlschrott vollständig verfügbar für das Recycling zu neuen, gleichwertigen Bauprodukten. Somit muss nur die Aufwands- und Emissionsdifferenz zwischen z.B. einem Bauprodukt (hier ein Grobblech) und dem Sekundärmaterial Schrott dem ersten Lebenszyklus des Stahls zugewiesen werden. Wenn nun in einem zweiten Lebenszyklus der vollständig eingesammelte Schrott im Elektroofen wieder eingeschmolzen wird, so sind Energiebedarf und Emissionen deutlich geringer als beim Hochofenprozess. Das ist nur möglich, weil das Sekundärmaterial ohne ökologischen Rucksack aus seiner Primärherstellung zur Verfügung steht. Das so aus dem gleichen Ursprungsmaterial erneut hergestellte Bauprodukt, diesmal vielleicht ein Walzträger, kann nun für ein Gebäude verwendet werden. Auch hier wird beim Rückbau wieder eine vollständige Sammelrate von 100% angenommen. Demzufolge ist der Stahlschrott auch nach dem zweiten Lebenszyklus vollständig verfügbar wie nach dem ersten. Lediglich der Aufwand der Herstellung des Bauproduktes (Walzstahl) aus Stahlschrott muss dem zweiten Lebenszyklus zugerechnet werden.

Würde anders herum aber eine Sammelrate von Null angenommen - der Stahlschrott geht komplett verloren - dann muss für jedes neue (Bau-)Produkt aus Stahl der komplette Aufwand der Stahlproduktion aus Eisenerz über die Hochofenroute angerechnet werden. Und zwar unabhängig davon, ob der verlorene Schrott nun aus der Hochofen- oder der Elektroofenroute kam.

Der Recycled Content Ansatz berücksichtigt lediglich den Anteil von Sekundärmaterial am Produktionsprozess - die einfache Benutzung eines Materials oder Bauproduktes wird ökologisch belastet. Der Recycling Potential Ansatz berücksichtigt hingegen zielgenauer die ökologische Belastung für verloren gegangenes Material (Sammelrate) und zu wiederholende Produktionsschritte (Produktherstellung Elektroofenroute). Im engeren Sinne von richtig oder falsch kann bei keinem der beiden Ansätze gesprochen werden. Im Sinne einer den gesamten Lebenszyklus betrachtenden Vorgehensweise ist der Recycling Potential Ansatz jedoch für Bauprodukte aus Stahl besser geeignet.

## 5. Ökobilanzieller Vergleich von Bürogebäuden in unterschiedlicher Bauweise

Um die ökologischen Eigenschaften eines durchschnittlichen Bürogebäudes einschätzen zu können wurde für ein dreigeschossiges Mustergebäude ein ökobilanzieller Vergleich der Tragwerke für die Ausführungsvarianten Stahlbetonbauweise und Stahlverbundbauweise erstellt. Die Tragwerksvarianten sind so ausgelegt das sich die Fundamente nicht unterscheiden und sich eine Vielzahl an Fassadenlösungen realisieren lassen. (Abbildung 10)



Abbildung 10: Front- und Seitenansicht der untersuchten Gebäude (exemplarisch)[6]

Seit 2012 liegen die deutschen Fassungen der EN 15804 und EN 15978 vor. Hier sind die Grundregeln für die Erstellung von Umwelt-Produktdeklarationen (Environmental Product Declaration - EPD) für Bauprodukte (EN 15804) und für die Berechnung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden (EN15978) festgelegt. Nach EN 15978 7.2 ist ein Ökobilanzieller Vergleich nur auf Basis einer funktionellen Einheit erlaubt. In diesem Beispiel ist das Tragwerk ohne Fundamente die funktionelle Einheit. Eine Betrachtung einzelner Bauteile wäre nicht korrekt.

Die beiden Normen sind insofern stark miteinander verknüpft, als dass sie auf einer einheitlichen modularen Lebenszyklusdarstellung beruhen (Module A-D). Dadurch können die Produkt-Umweltdaten der EPDs die nach EN 15804 erstellt wurden, direkt für eine Gebäudebewertung nach EN 15978 herangezogen werden. Der Lebensweg eines Gebäudes startet demnach mit dem Rohstoffabbau und der Herstellung der Bauprodukte (Module A1-A3), darauf folgen die Bauphase (A4-A5), die Nutzungsphase (B1-B7) und das Lebensende des Gebäudes mit Rückbau und Abfallbehandlung (C1-C4). Nach dem Lebensende eines Gebäudes werden recyclingfähige Bauprodukte z.B. aus Stahl wieder in den Produktionskreislauf zurückgegeben. Deshalb muss im Sinne einer kompletten Beschreibung der Umweltwirkungen eines Gebäudes nach EN 15978 auch das fünfte Modul, welches unter anderem die Gutschriften und Belastungen aus Recycling und Wiederverwendung beschreibt, mit berücksichtigt werden. In diesem Sinne bildet das so genannte Modul das in Abschnitt 4 diskutierte Recyclingpotential von Stahl ab. Modul D berücksichtigt jedoch auch andere Gutschriften oder Belastungen, z.B. aus der energetischen Verwertung von Holzprodukten oder Sammelverluste nach dem Abbruch eines Gebäudes. Bei der Berechnung dieser Werte werden wie in EN 15978 7.4.6 gefordert die durchschnittlich bestehende Technologie und gegenwärtig angewendete Praxis betrachtet. Nach einer Massenermittlung (Abbildung 11) für die beiden Varianten lassen sich die Umwelteinwirkungen unter Verwendung der EPDs für Baustahl [4], Beton und für die übrigen Baustoffe die Daten aus der Ökobau.dat 2014 ([www.oekobaudat.de](http://www.oekobaudat.de)) ermitteln. Wie in der EN 15978 12.6 gefordert werden die Werte für die Herstellung und das Recycling bzw. Verwertung und Deponie 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. (Abbildung 12 und Abbildung 13) Eine vollständige Beschreibung der Mustergebäude und weitere Erläuterungen der Ökobilanzierung sind im Stahlbau-Kalender 2014 zu finden [6].

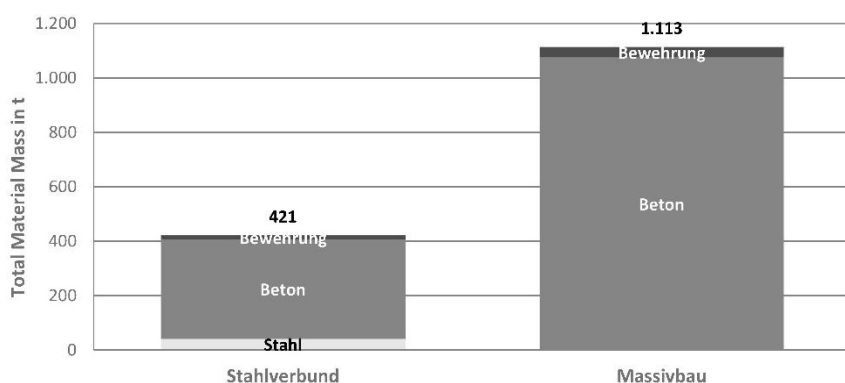


Abbildung 11: Massen für das Tragwerk des Bürogebäudes unterschiedlicher Bauweisen [6]

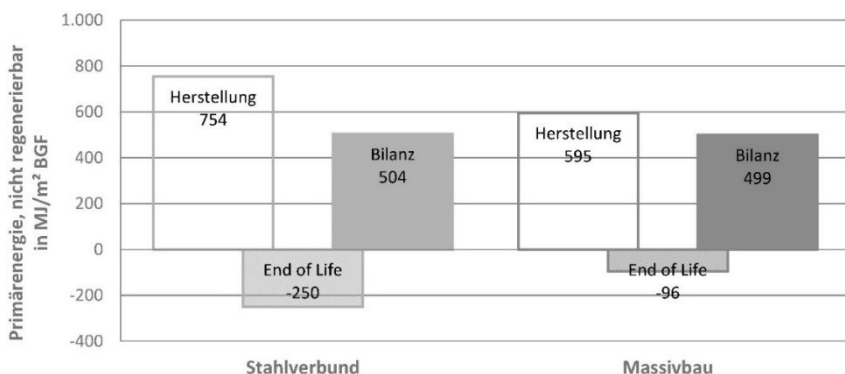


Abbildung 12 Nicht erneuerbare Primärenergie für das Tragwerk von Bürogebäuden unterschiedlicher Bauweisen [6]

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

Wiederverwendungsfähigkeit 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 gleichauf. Die Variante in Stahlverbundbauweise kann durch die hervorragende Recyclingfähigkeit der Baustahlkomponenten punkten (Abbildung 12).

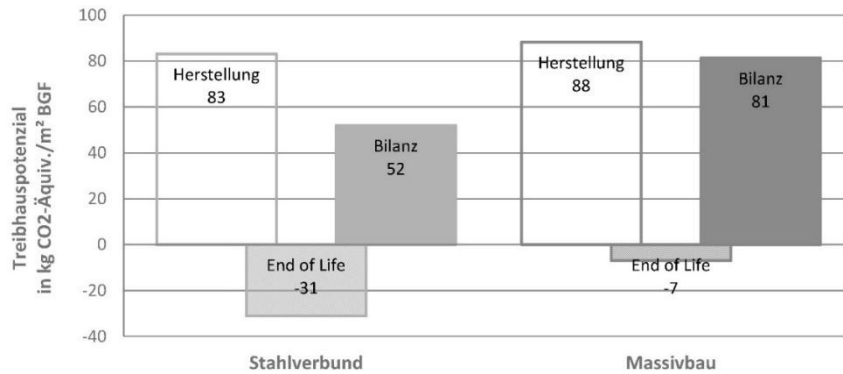


Abbildung 13: Treibhauspotenzial für das Tragwerk von Bürogebäuden unterschiedlicher Bauweisen [6]

Beim Treibhauspotenzial werden diese Vorteile deutlicher. Die relativ hohen CO<sub>2</sub> Emissionen der Massivbauweise können nicht durch eine einfache Verwertung des Betons kompensiert werden. Die Verwertung (Sortieren, Brechen, Sieben und Mischen) und die Deponierung der Betonteile führt nur zu einer geringfügigen Verbesserung der Treibhausgasemissionen (Abbildung 13).

## 6. Bauen in industriellen Kreisläufen

In Zeiten knapper werdender Ressourcen sowie steigender Energiekosten und eines erhöhten Umweltbewusstseins rückt die Ökologie und Ressourceneffizienz 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 Kreislauf- bzw. Null-Abfall-Wirtschaft dar. Besonders der Baustoff Stahl mit seiner ständigen Recyclingfähigkeit wird einen Beitrag zu dieser Entwicklung leisten. Hierbei spielt auf Bauwerksebene die Verlängerung der Lebensdauer von Bauwerken durch Flexibilität des Tragwerks und auf Materialebene die unübertroffene Wiederverwendungsfähigkeit und Recyclingfähigkeit des Baustoffs Stahl die größte Rolle.

## 7. Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt, [http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de\\_jb10\\_jahrtabu12.asp](http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb10_jahrtabu12.asp), Abfrage vom August 2014)
- [2] Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien – Richtlinie\_2008\_98\_eg, (41)
- [3] Helmus, M., Randel A.: Sachstandsbericht zum Stahlrecycling im Bauwesen, Wuppertal 2014
- [4] Umwelt-Produktdeklarationen EPD-BFS-20130094-IBG1 für Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche und EPD-BFS-20130173IBG1 für Feuerverzinkte Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche, Institut Bauen und Umwelt (IBU), Berlin, 2013
- [5] stahl-online.de Themenpapier zur Energiewirtschaft 2012, unter [http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2013/08/Energiewirtschaft\\_V1.pdf](http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2013/08/Energiewirtschaft_V1.pdf) (Abfrage von Okt. 2014)
- [6] Siebers, R., Hechler, O., Hauke, B., Kuhnhenne, M.: Bauprodukte aus Stahl im Kontext der Nachhaltigkeitsbewertung von Bauwerken, in Stahlbau-Kalender 2014 Hrsg. Kuhlmann U., Ernst & Sohn 2014
- [7] Stahlbau Verlags- und Service GmbH, bauforum Kalender 2014
- [8] Siebers, R. und Hauke, B.: Ökobilanzieller Vergleich von Hallen unterschiedlicher Bauweise, bauforumstahl e.V., Düsseldorf, 2012
- [9] Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. -FOSTA-, Düsseldorf (Herausgeber); Schmitt Stumpf Frühauf und Partner Ingenieurgesellschaft im Bauwesen mbH, München (Herausgeber); Effiziente Brücken in Verbund. Forschungsvorhaben P 629. Untersuchungen zum verstärkten Einsatz von Stahlverbundkonstruktionen bei Brücken kleinerer und mittlerer Stützweite, Düsseldorf, Selbstverlag, 2005.
- [10] Stroetmann, R. et. al.: Ganzheitliche Planung nachhaltiger Bürogebäude in Stahl- und Verbundbauweise, in Stahlbau Volume 83, Issue 7, July 2014, Pages: 429–440
- [11] Meißner, Werner (Herausgeber), Rebentisch, Dieter (Herausgeber), Wang, Wilfried (Herausgeber): Der Poelzig-Bau. Vom I.G. Farben-Haus zur Goethe-Universität, Frankfurt/Main, S. Fischer, 1999
- [12] bauforumstahl e.V. (Herausgeber), Preis des Deutschen Stahlbaus 2012, Düsseldorf, 2012