

SCHLEUDERBETONSTÜTZEN .. MIT HERVORRAGENDER ÖKOBILANZ

Eine Studie der LCEE Life Cycle Engineering Experts – ein Beratungsunternehmen, das speziell auf die Nachhaltigkeit von Bauwerken ausgerichtet ist- zeigt, dass Schleuderbetonstützen im Vergleich zu Stahlverbundstützen deutlich günstigere Umweltwirkungen über den Lebenszyklus verursachen. Hauptgründe hierfür sind überwiegend die Aufwendungen während der Herstellung der Stützen. Stahlverbundstützen verursachen hier aufgrund ihres massiven Stahlkerns deutlich höhere Umweltwirkungen. Hingegen werden für Schleuderbetonstützen aufgrund ihrer Konstruktionsweise deutlich weniger Materialien verbraucht. Neben dem geringeren Materialeinsatz wirkt sich sowohl die Verwendung von Bewehrungsstahl mit einem hohen Recyclinganteil als auch die Wartungsfreiheit der Schleuderbetonstütze positiv auf die Umweltbilanz aus.





Ökobilanz von Stützen

Ein ökologischer Vergleich von Schleuderbetonstützen und Stahlverbundstützen

Auftraggeber: Eurocoles GmbH & Co.KG
Ingolstädter Straße 51
92318 Neumarkt

Auftragnehmer: LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH
Petersenstraße 12
64287 Darmstadt

info@lcee.de
www.lcee.de

Dieser Projektbericht umfasst 16 Seiten.



Inhaltsverzeichnis

Projektbericht Ökobilanz von Lichtschachtsystemen

1	Motivation und Hintergründe der Studie	3
2	Untersuchungsmethodik: Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044	4
2.1	Die Methodik im Allgemeinen	4
2.2	Phasen einer Ökobilanz	5
2.3	Darstellung ausgewählter Ökobilanz-Kriterien	6
3	Ökobilanz von Stützen	9
3.1	Zielsetzung und Untersuchungsrahmen	9
3.2	Wirkungsabschätzung	11
3.2.1	Darstellung der Ergebnisse für die Herstellung der Stützen	11
3.2.2	Darstellung der Ergebnisse für die Nutzung der Stützen	12
3.2.3	Darstellung der Ergebnisse für das Recycling der Stützen	13
3.2.4	Darstellung der Gesamtbilanz der Stützen	13
4	Literaturverzeichnis	16



1 Motivation und Hintergründe der Studie

Nachhaltiges Bauen und Konstruieren entspricht dem Puls der Zeit. Die Forderung nach zukunftsverträglichem Wirken und Handeln wird sich auf alle Lebensbereiche ausweiten und auch das Baugeschehen grundlegend verändern. Nachhaltigkeit bedeutet hierbei die ökologische, ökonomische und technische Optimierung von baulichen Strukturen bei gleichzeitiger Schonung von natürlichen Ressourcen. Im Sinne der Zukunftsfähigkeit ist es darüber hinaus Ziel des nachhaltigen Bauens schädliche Wirkungen auf Mensch, Umwelt und Gesellschaft zu minimieren. Für jede beteiligte Interessensgruppe ergeben sich im Rahmen der Nachhaltigkeitsthematik neue Chancen und Anreize aber auch Risiken. Einen Vorsprung auf diesem Gebiet werden sich diejenigen Unternehmen sichern, die frühzeitig auf die neu entstehenden Anforderungen reagieren.

Das Unternehmen Eurocoles hat sich im Rahmen seiner Produktentwicklung und -vermarktung der Herausforderung „Nachhaltigkeit“ gestellt und der Life Cycle Engineering Experts GmbH (LCEE) mit der Erstellung einer Ökobilanzstudie nach DIN EN ISO 14040 und 14044 beauftragt. Ziel ist die Ermittlung der Umweltwirkungen von zwei Stützensystemen unterschiedlicher Konstruktion:

[1] Schleuderbetonstütze der Firma Eurocoles

[2] Stahl-Beton-Verbundstütze nach dem „Geilinger“ Prinzip

Die unter Berücksichtigung verschiedener ökologischer Kriterien, wie z. B. Primärenergiebedarf, Versauerungs- und Treibhauspotential, durchgeführte Studie dient der vergleichenden Darstellung der Umweltwirkungen verschiedener Stützen im Hochbau. Über die Ökobilanz können Potenziale für die Steigerung der Ressourceneffizienz aufgedeckt werden, welche durch die Produktentwicklung erarbeitet wurden. Weiterhin kann durch die Kenntnis der mit den eigenen Produkten verbundenen Umweltwirkungen auf Erfordernisse des Marktes strategisch reagiert werden. So ermöglicht zum Beispiel die Darstellung der Umweltwirkungen von Bauprodukten durch eine geprüfte Ökobilanz die günstigere Bilanzierung im Rahmen der Zertifizierung von Bauwerken mit dem DGNB-Gütesiegel. Der Vorteil beläuft sich hier auf 10% der Umweltwirkung. Realisiert wird dieser Umstand dadurch, dass Bauprodukte ohne produktbezogene Ökobilanz mit einem ökologischen Durchschnittswert plus einen Sicherheitszuschlag von 10% im DGNB-System bilanziert werden. Für einen aussagekräftigen Vergleich zur Umweltwirkung von den benannten Stützen werden die Produktions- sowie Materialdaten von Eurocoles verwendet.

Die Eingangsparameter der Untersuchung, sowie die ermittelten Ergebnisse werden im Folgenden beschrieben.



2 Untersuchungsmethodik: Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044

2.1 Die Methodik im Allgemeinen

Die Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044 [1] [2], die als Untersuchungsmethode für das vorliegende Forschungsvorhaben herangezogen wurde, dient der Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltaspekte und produktspezifischen potenziellen Umweltwirkungen.

Die Definition der Ökobilanz lautet bei Allen Astrup Jensen folgendermaßen:

„Life-Cycle Assessment is a process to evaluate the environmental burdens associated with a product, process, or activity by identifying and quantifying energy and materials used and wastes released to the environment; to assess the impact of those energy and material uses and releases to the environment; and to identify and evaluate opportunities to affect environmental improvements. The assessment includes the entire life cycle of the product, process, or activity, encompassing extracting and processing raw materials; manufacturing, transportation and distribution; re-use, maintenance; recycling, and final disposal.

The Life-Cycle Assessment (LCA) addresses environmental impacts of the system under study in the area of ecological health, human health and resource depletion. It does not address economic considerations or social effects. ...“ [3]

Ein Produkt kann hierbei eine Ware (wie z. B. ein Gebäude oder ein Lichtschacht), ein verfahrenstechnisches Hilfsmittel (wie z. B. ein Schmiermittel) oder eine Dienstleistung (wie z. B. ein Transportprozess) sein.

Die Methode der Ökobilanz besteht nach DIN EN ISO 14040 und 14044 aus den nachfolgenden Arbeitsschritten, die anschließend in Abbildung 1 dargestellt sind:

1. Festlegung des Zieles der Ökobilanz und des Untersuchungsrahmens
2. Sachbilanz
3. Wirkungsabschätzung
4. Auswertung



Die einzelnen Schritte beeinflussen sich gegenseitig und sollten nicht getrennt voneinander betrachtet werden. Im Folgenden werden die einzelnen Bestandteile bzw. Phasen einer Ökobilanz detailliert erläutert.

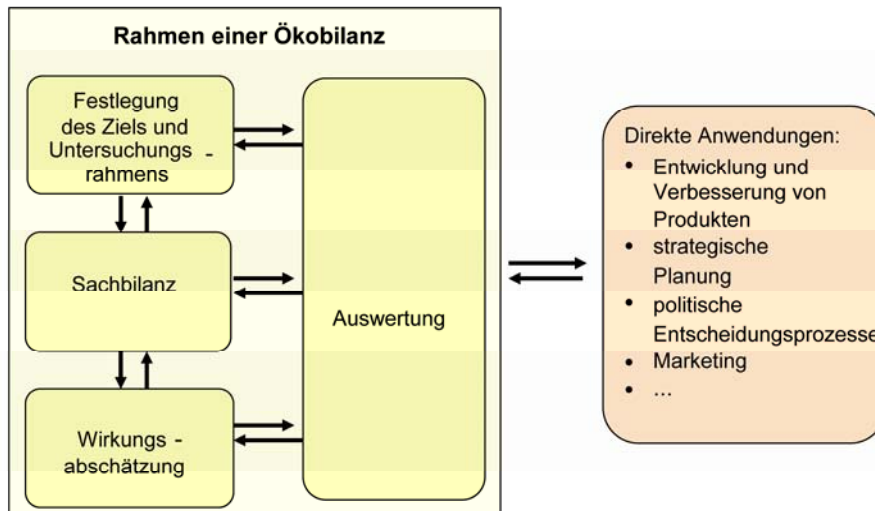


Abbildung 1 Aufbau einer Ökobilanz nach DIN EN 14040 und 14044 [2]

2.2 Phasen einer Ökobilanz

Der erste Arbeitsschritt der Ökobilanz (vgl. Abbildung 1) besteht nach DIN EN ISO 14040 aus den zwei Teilabschnitten „Festlegung des Ziels“ und „Festlegung des Untersuchungsrahmens“. Die „Festlegung des Ziels“ umfasst hierbei Angaben zu den Gründen der Durchführung der Ökobilanz, sowie eine Definition des Adressaten der Untersuchung. Der ebenfalls festgelegte Untersuchungsrahmen besteht aus Angaben zur Systemgrenze, der funktionellen Einheit und Informationen zur Datenqualität. Die Systemgrenze definiert sich hierbei als der technische und geografische Erfassungsraum der Daten, sowie der Zeitraum über den die Ökobilanz erstellt wird. Idealerweise ist die Systemgrenze so gewählt, dass an ihren Grenzen nur noch Elementarflüsse als Input oder Output auftreten. Die Sicherstellung der Vergleichbarkeit von zwei oder mehreren Ökobilanzen erfordert die Festlegung einer funktionellen Einheit. Sie ist die Größe auf die alle Input- und Outputströme bezogen werden. Vergleichbar sind zwei Ökobilanzen, wenn sie die gleiche Funktion erfüllen oder denselben Nutzen erzeugen und die identische Systemgrenze haben.



In der im zweiten Arbeitsschritt der Ökobilanz zu erstellende Sachbilanz werden die Daten der Input- und Outputströme des Produktsystems gesammelt und quantifiziert. In ihr wird ein Bezug zwischen den Energie- sowie Stoffverbräuchen und der funktionellen Einheit hergestellt. Die Sachbilanz stellt die Grundlage für die spätere Wirkungsabschätzung dar.

Im Arbeitsschritt „Wirkungsabschätzung“ werden aus den in der Sachbilanz zusammengetragenen Daten potentielle Umweltauswirkungen abgeleitet. Hierzu werden die einzelnen aus der Sachbilanz resultierenden Stoff- und Energieströme spezifischen, für die Untersuchung ausgewählten Kriterien zugeordnet (Klassifizierung) und gemäß ihres Beitrags zur mit dem Kriterium verbundenen Umweltwirkung gewichtet (Charakterisierung). Mögliche Kriterien einer Ökobilanz sind in Kapitel 2.3 dargestellt.

In dem die Ökobilanz abschließenden Arbeitsschritt „Auswertung“ werden die Ergebnisse der Studie dargestellt. Zudem erfolgt eine Beurteilung der Güte der Ökobilanz durch die Prüfung auf Vollständigkeit, Sensitivität und Konsistenz. Kontrolliert wird zudem die Übereinstimmung der Ergebnisse mit dem in Arbeitsschritt 1 definierten Ziel, sowie dem Untersuchungsrahmen der Ökobilanz. Der Arbeitsschritt enthält zudem Schlussfolgerungen, Erläuterungen von Einschränkungen und Empfehlungen für das weitere Vorgehen.

2.3 Darstellung ausgewählter Ökobilanz-Kriterien

Um Umweltwirkungen beschreiben und quantifizieren zu können, werden diese ökologischen Kriterien zugeordnet. Bei der Auswahl der Kriterien ist hierbei der Zweck der Studie, sowie die im Vorfeld festgelegten Kenngrößen der Untersuchung zu berücksichtigen. Im Folgenden ist eine Auswahl ökologischer Kriterien dargestellt. Für diese sind wissenschaftlich anerkannte Methoden zur Messung vorhanden. Zudem sind sie Bestandteil der Hauptkriteriengruppe der „Ökologischen Qualität“ im Rahmen des vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) eingeführten „Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“.

Treibhauspotential (GWP) [in kg CO₂-Äqu.]

Das Treibhauspotential (Global Warming Potential), gemessen in kg CO₂-Äquivalent, ist das massebezogene Äquivalent der Treibhauswirkung von Gasen. Ein Produkt mit einem niedrigen GWP-Wert verursacht nur geringe Emissionen an Gasen, die zum Treibhauseffekt beitragen. An dieser Stelle zu nennen sind z.B. CO₂, CH₄ und N₂O sowie SF₆, PFC und HFC. Ihre Werte werden in Relation zur Treibhauswirkung von Kohlendioxid als CO₂-Äquivalent angegeben. Das Treibhauspotential ist aufgrund der Wirkungscharakteristik von



Treibhausgasen und deren unterschiedlicher atmosphärischer Verweildauern ein zeitliches Integral für einen bestimmten Zeitraum. Daher ist bei der Kategorie Treibhauspotential stets der Bezugszeitraum – 25, 100 oder 500 Jahre – anzugeben. Für die vorliegende Studie beträgt der Bezugszeitraum 100 Jahre (GWP_{100}).

Ozonschichtzerstörungspotential (ODP) [in kg R₁₁-Äqu.]

Das Ozonschichtzerstörungspotential, gemessen in R₁₁- Äquivalent bildet, wie der Name schon sagt, die ozonschichtzerstörende Wirkung von Gasen ab. Aufgabe der Ozonschicht ist die Abschirmung von UV-Strahlung und damit die Verhinderung einer zu starken Erwärmung der Erdoberfläche. Zu den Folgen der Zerstörung der Ozonschicht gehören u. a. Tumorbildungen bei Mensch und Tier, sowie Störungen der Photosynthese.

Photochemisches Oxidantienbildungspotential (POCP) [in kg C₂H₄-Äqu.]

Das Photochemische Oxidantienbildungs- oder Sommersmogpotential, gemessen in kg C₂H₄ - Äquivalent ist das massebezogene Äquivalent schädlicher Spurengase, wie z.B. Stickoxide und Kohlenwasserstoffe, die in Verbindung mit UV-Strahlung zur Bildung von bodennahem (troposphärischem) Ozon beitragen. Die dadurch entstehende human- und ökotoxische Verunreinigung der bodennahen Luftschichten wird als Sommersmog bezeichnet. Dieser greift die Atmungsorgane an und schädigt Pflanzen und Tiere. Die Konzentration von bodennahem Ozon wird regelmäßig durch Luft-Messstationen ermittelt, in Belastungskarten dargestellt und veröffentlicht.

Überdüngungspotential (EP) [in kg PO₄-Äqu.]

Überdüngung (Eutrophierung) bezeichnet den Übergang von Gewässern und Böden von einem nährstoffarmen (oligotrophen) in einen nährstoffreichen (eutrophen) Zustand. Sie wird verursacht durch die Zufuhr von Nährstoffen, insbesondere durch Phosphor- und Stickstoffverbindungen. Diese können z. B. bei der Herstellung von Bauprodukten vor allem aber durch Auswaschungen von Verbrennungsemissionen in die Umwelt gelangen. Die resultierende Änderung der Verfügbarkeit von Nährstoffen wirkt sich z. B. in Gewässern durch eine vermehrte Algenbildung aus, die unter anderem das Sterben von Fischen zur Folge haben kann.



Versauerungspotential (AP) [in kg SO₂-Äqu.]

Das Versauerungspotential (Acidification Potential) beschreibt die Wirkung versauernder Emissionen und ist damit ein Maß für die Umweltwirkung der Versauerung von Böden und Gewässern. Je höher der AP-Wert, umso höher die Gefahr von saurem Regen und den damit verbundenen Umweltschädigungen. Referenzstoff für die Berechnung des Versauerungspotentials ist SO₂ (Schwefeldioxid), auf das die Wirkung der anderen versauernd wirkenden Luftemissionen (wie z. B. NO_x, H₂S), ausgedrückt in massebezogenen SO₂-Äquivalenten, bezogen wird.

Primärenergiebedarf regenerierbar (PE_e) [in MJ]

Der regenerierbare oder erneuerbare Primärenergiebedarf eines Produktes ist Summe aller primärenergetischen Aufwendungen aus erneuerbaren Quellen (wie z. B. Biomasse, Sonnenstrahlung, Erdwärme, Wasser- und Windkraft), die im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines ökonomischen Gutes (Produkt oder Dienstleistung) entstehen bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden. Ein niedriger PE_e-Wert deutet auf ein Produkt hin, für dessen Herstellung, Nutzung und Entsorgung nur wenig erneuerbare Energie verbraucht wurde. Der Primärenergiebedarf erneuerbar sollte immer in Zusammenhang mit dem Gesamtprimärenergiebedarf, d.h. der Summe der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiewerte gesehen werden.

Primärenergiebedarf nicht regenerierbar (PE_{ne}) [in MJ]

Der nicht regenerierbare bzw. nicht erneuerbare Primärenergiebedarf eines Produktes ist Summe aller nicht erneuerbaren primärenergetischen Aufwendungen, die im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines ökonomischen Gutes (Produkt oder Dienstleistung) entstehen bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden. Ein niedriger PE_{ne}-Wert weist auf ein Produkt hin, für dessen Herstellung, Nutzung und Entsorgung nur wenig nicht erneuerbare Energie verbraucht wurde. Zu den nicht erneuerbaren Primärenergiequellen zählen u. a. Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas und Uran.



3 Ökobilanz von Stützen

3.1 Zielsetzung und Untersuchungsrahmen

Ziel der vorliegenden Studie ist die Ermittlung und der Vergleich der ökologischen Profile von zwei Stützen mit Hilfe der Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044. Die Untersuchung dient sowohl der Ermittlung der ökologischen Eigenschaften der Stützen, als auch dem Aufzeigen von Verbesserungspotentialen der einzelnen Produkte. Die Ergebnisse sollen sowohl in der internen Forschung und Entwicklung der Eurooles GmbH & Co.KG wie auch für Marketingzwecke genutzt werden.

Die Systemgrenze der Betrachtung umfasst, wie in Abbildung 2 dargestellt, den gesamten Lebenszyklus einer Stütze. Dabei wird die Herstellung der Stützen inklusive von Vorprodukten und Vorketten betrachtet. Hinzu kommen Aufwendungen während der Nutzung des Bauwerkes, in dem die Stütze verbaut ist. Dazu zählt hauptsächlich die Erneuerung von Schutzanstrichen auf Stahloberflächen wie z. B. der Geilinger Stütze. Als Betrachtungszeitraum wurden 50 Jahre festgelegt. Des Weiteren werden der Rückbau der Stützen und das Recycling am Ende des Lebenszyklus nach 50 Jahren betrachtet. Nicht betrachtet werden Transportprozesse.

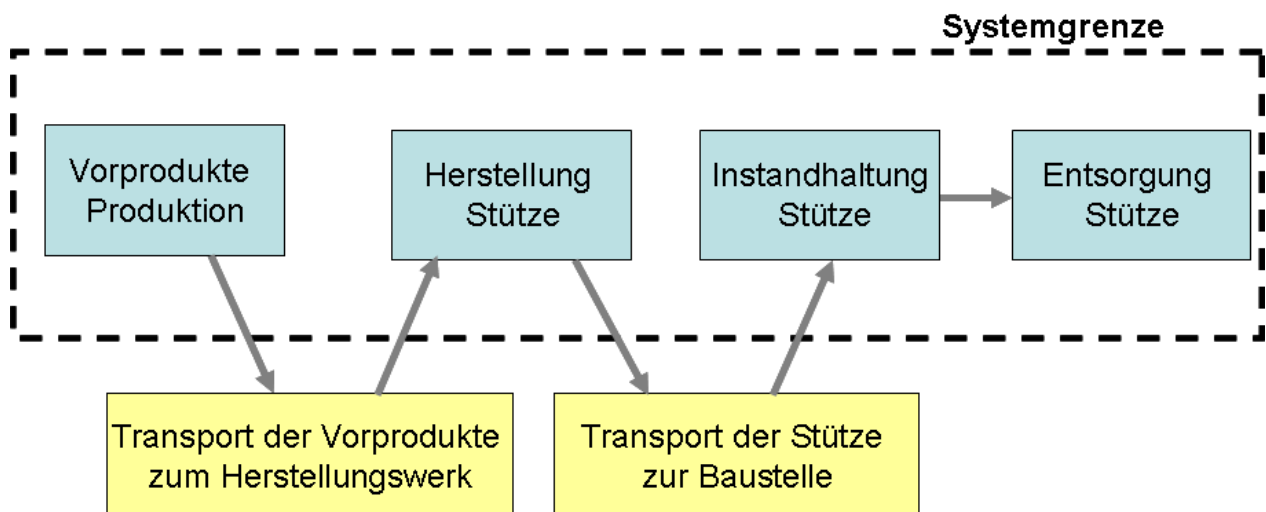


Abbildung 2 Darstellung der Systemgrenze der Betrachtung



Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Bilanzierung der Stützen zu ermöglichen, wurde der Studie als funktionelle Einheit eine Stütze mit den folgenden Eigenschaften zu Grunde gelegt:

- Durchmesser 330 mm
- Höhe 9430 mm
- Durchlaufende Stütze über zwei Stockwerke

Nicht berücksichtigt werden:

- Anbauteile zur Lastaufnahme

Diese Vergleichsabmessungen werden die für die einzelnen Stützensysteme jeweils charakteristischen Stoff- und Energieflüsse in Form von Materialien, Hilfsstoffen und Produktionsprozessen zugeordnet. Die jeweiligen Mengen- und Massenangaben, sowie die Angaben zum jeweiligen Herstellungsprozess wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Für die Untersuchung werden die in Kapitel 2.3 dargestellten und im Folgenden aufgelisteten Untersuchungskriterien herangezogen:

- Primärenergiebedarf nicht regenerierbar (in MJ)
- Primärenergiebedarf regenerierbar (in MJ)
- Treibhauspotential (in kg CO₂-Äquivalent)
- Ozonschichtzerstörungspotential (in kg R₁₁-Äquivalent)
- Photochem. Oxidantienbildungspotential (in kg C₂H₄-Äquivalent)
- Eutrophierungspotential (in kg PO₄-Äquivalent)
- Versauerungspotential (in kg SO₂-Äquivalent)

Die ausgewählten Kriterien sind in Ihrer Bewertungsmethodik wissenschaftlich und normativ anerkannt und, wie schon in Kapitel 2.3 erwähnt, Bestandteil der Hauptkriteriengruppe der „Ökologischen Qualität“ im Rahmen des „Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen“. Auf die Darstellung und Interpretation weiterer Kriterien (z. B. Humantoxizität) wurde aufgrund der eingeschränkten Akzeptanz in der Fachöffentlichkeit und einer bisher nur lückenhaft vorliegenden Datengrundlage nach Absprache mit dem Auftraggeber verzichtet.



Die Modellierung der einzelnen Prozesse und Teilprodukte innerhalb der Ökobilanzstudie, sowie die Erstellung der Ökobilanz selbst, erfolgt mit Hilfe des Ökobilanzierungs- und Datenbanktools GABI 4 der Firma PE International. Die dort vorhandenen Datensätze bieten die umfangreichste und aktuellste Datenbank für Deutschland. Durch regelmäßige Datenpflege ist hier eine hohe Datengenauigkeit und Datenaktualität gewährleistet. Die für die einzelnen Produktsysteme in die Bilanzierung einfließenden Eingangsgrößen, sowie die Zusammenstellung der Unterprodukte und Prozesse zum Produktsystem Stütze sind im folgenden Kapitel dargestellt.

3.2 Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung für die ausgewählten Kriterien (Primärenergie aus nicht regenerierbaren und regenerierbaren Quellen, Treibhauspotential, Versauerungspotential, Eutrophierungspotential, Ozonschichtzerstörungspotential, Photochemisches Oxidantienbildungspotential) erfolgt mit dem Softwaretool und Ökobilanzierungsprogramm GABI 4 der Firma PE International. In diesem werden die Ergebnisse der Stoffstrombilanzierung mit den in der Datenbank hinterlegten Werten der ausgewählten Untersuchungskriterien für alle eingesetzten Materialien und Hilfsstoffe verknüpft.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung grafisch aufbereitet dargestellt.

3.2.1 Darstellung der Ergebnisse für die Herstellung der Stützen

Tabelle 1 enthält eine Darstellung der Wirkungsbilanzergebnisse der untersuchten Stützen für den Herstellungsprozess.

Wirkungskategorie	Einheit	Stütze	
		Schleuderbeton	Stahlverbund
Primärenergie nicht regenerierbar	[MJ]	12155,2	89336,4
Primärenergie regenerierbar	[MJ]	746,8	3515,0
Primärenergie gesamt	[MJ]	12902,0	92851,5
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO ₂ -Äq.]	978,2	6621,4
Versauerungspotential (AP)	[kg SO ₂ -Äq.]	1,958	18,524
Ozonbildungspotential (POCP)	[kg C ₂ H ₄ -Äq.]	0,292	2,855
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO ₄ -Äq.]	0,187	1,757
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R ₁₁ -Äq.]	6,1E-05	1,2E-04

Tabelle 1: Ergebnis der Wirkungsbilanz der Herstellung



Die Ergebnisse zeigen, dass die Stahlverbundstütze über alle Wirkungskategorien hinweg deutlich größere Umweltwirkungen verursacht, als die vergleichbare Schleuderbetonstütze. Den größten Anteil an der Umweltwirkung hat das zentrale Innenrohr aus vollwandigem Stahl bei der Stahlverbundstütze. Dabei wird der deutsche Mix für die Stahlproduktion aus Hochofen- und Schmelzofenstahl angesetzt. Der Beton ist hier, auch aufgrund der geringen Menge von untergeordneter Bedeutung. Beim der Schleuderbetonstütze hat ebenfalls der Stahl den größten Einfluss auf die Umweltwirkung. Hier wird jedoch Bewehrungsstahl verwendet, der entsprechend den deutschen Herstellungsmix überwiegend aus Recyclingstahl hergestellt wird und damit eine günstigere Umweltbilanz aufzuweisen hat.

3.2.2 Darstellung der Ergebnisse für die Nutzung der Stützen

Im Betrachtungszeitraum von 50 Jahren fallen nur bei der Stahlverbundstütze Wartungsaufwendungen an. Aufgrund des außen liegenden Stahlmantels sind hier Korrosionsschutzanstriche notwendig. Entsprechend des Leitfadens Nachhaltiges Bauen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung wurde ein Erneuerungszyklus von 18 Jahren in der Bilanz angesetzt. Der Schleuderbeton ist aufgrund seiner Betonoberfläche wartungsfrei und verursacht daher auch keine Umweltwirkungen während der Nutzung. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse für die Instandhaltung der Stützen aufgezeigt.

Wirkungskategorie	Einheit	Stütze	
		Schleuderbeton	Stahlverbund
Primärenergie nicht regenerierbar	[MJ]	0,0	140,1
Primärenergie regenerierbar	[MJ]	0,0	2,6
Primärenergie gesamt	[MJ]	0,0	142,8
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO ₂ -Äq.]	0,0	7,2
Versauerungspotential (AP)	[kg SO ₂ -Äq.]	0,0	0,115
Ozonbildungspotential (POCP)	[kg C ₂ H ₄ -Äq.]	0,0	0,055
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO ₄ -Äq.]	0,0	0,002
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R ₁₁ -Äq.]	0,0	4,5E-07

Tabelle 2: Ergebnis der Wirkungsbilanz während der Nutzung



3.2.3 Darstellung der Ergebnisse für das Recycling der Stützen

Am Ende des gedachten Lebenszyklus von 50 Jahren werden die Stützen kontrolliert abgebrochen und durch einen Recyclingprozess dem Stoffkreislauf zugeführt. Die Bilanz zeigt, dass das Recyclingpotenzial in der Stahlverbundstütze höher ist, als in der Schleuderbetonstütze. Dies begründet sich mit dem hohen Stahlanteil in der Stahlverbundstütze, der dem Recyclingprozess zugeführt werden kann. Die sich daraus ergebenden Einsparungen in der Produktion eines neuen Stahlerzeugnisses durch entsprechend der Norm hier angerechnet werden. Aus dem Betonrecycling ergeben sich keine nennenswerten Gutschriften. Tabelle 3 stellt die Ergebnisse der Wirkungsbilanz für das Recycling dar.

Wirkungskategorie	Einheit	Stütze	
		Schleuderbeton	Stahlverbund
Primärenergie nicht regenerierbar	[MJ]	-1238,3	-47492,6
Primärenergie regenerierbar	[MJ]	-8,3	-223,4
Primärenergie gesamt	[MJ]	-1246,6	-47716,0
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO ₂ -Äq.]	-50,1	-3530,8
Versauerungspotential (AP)	[kg SO ₂ -Äq.]	-0,242	-12,154
Ozonbildungspotential (POCP)	[kg C ₂ H ₄ -Äq.]	-0,045	-1,875
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO ₄ -Äq.]	0,098	-1,081
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R ₁₁ -Äq.]	2,6E-06	1,1E-04

Tabelle 3: Ergebnis der Wirkungsbilanz aus dem Recycling

3.2.4 Darstellung der Gesamtbilanz der Stützen

Die Gesamtbilanz der Stützen über den Lebenszyklus zeigt, dass die Schleuderbetonstütze deutlich günstigere Umweltwirkungen im Vergleich zur Stahlverbundstütze verursacht. Ursächlich dafür sind überwiegend die Aufwendungen während der Herstellung der Stützen. Hier verursacht die Stahlverbundstütze aufgrund ihres massiven Stahlkerns deutlich höhere Umweltwirkungen. Diese werden auch nicht durch das Recyclingpotenzial am Ende des Lebenszyklus ausgeglichen. Für die Schleuderbetonstütze werden aufgrund ihrer Konstruktion weniger Materialien verbraucht, als für die Stahlverbundstütze. Dies wirkt sich auch in der Ökobilanz positiv aus. Neben den geringeren Materialeinsatz wirkt sich die Verwendung von Bewehrungsstahl mit einem hohen Recyclinganteil positiv aus. Ein weitere Aspekt, der die Umweltbilanz der Schleuderbetonstütze positiv beeinflusst ist die Wartungsfreiheit der Betonoberfläche. Tabelle 4 stellt die Ergebnisse der Ökobilanz zusammengefasst für den gesamten Lebenszyklus dar.



Wirkungskategorie	Einheit	Stütze	
		Schleuderbeton	Stahlverbund
Primärenergie nicht regenerierbar	[MJ]	10916,9	41983,9
Primärenergie regenerierbar	[MJ]	738,5	3294,3
Primärenergie gesamt	[MJ]	11655,4	45278,2
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO ₂ -Äq.]	928,1	3097,8
Versauerungspotential (AP)	[kg SO ₂ -Äq.]	1,716	6,484
Ozonbildungspotential (POCP)	[kg C ₂ H ₄ -Äq.]	0,247	1,035
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO ₄ -Äq.]	0,285	0,677
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R ₁₁ -Äq.]	6,4E-05	2,3E-04

Tabelle 4: Darstellung der Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus

Zur Verdeutlichung ist in den nachfolgenden Grafiken das Ergebnis der Ökobilanz noch einmal Kriterienweise aufbereitet.

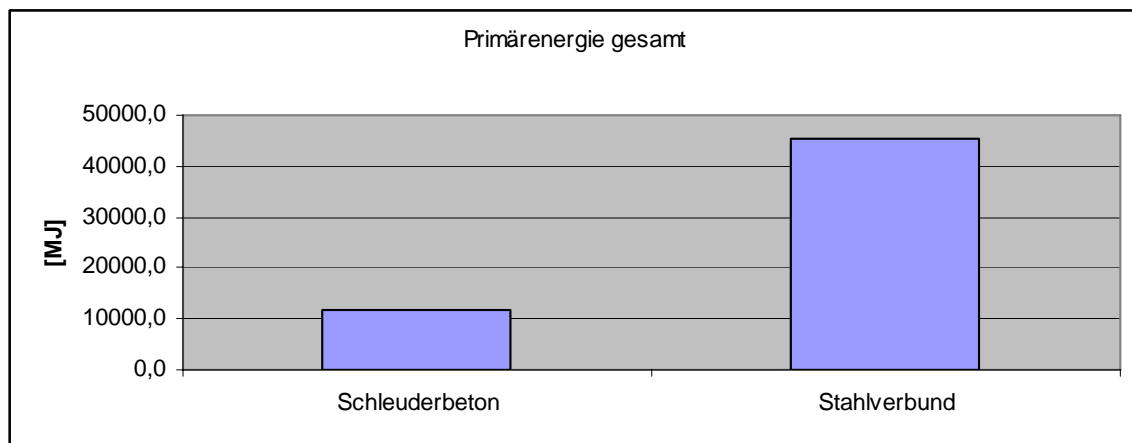


Abbildung 3: Darstellung des Primärenergieverbrauchs über den Lebenszyklus

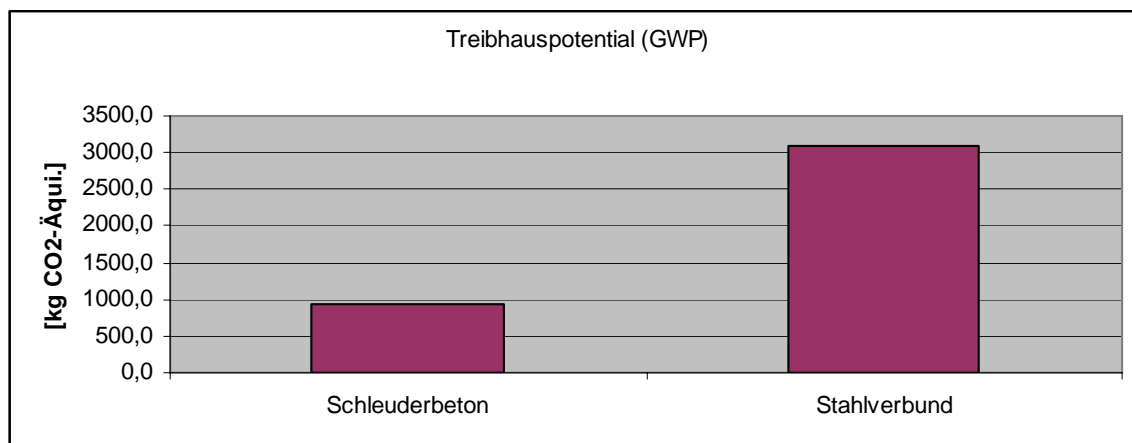


Abbildung 4: Darstellung des Treibhauspotentials über den Lebenszyklus

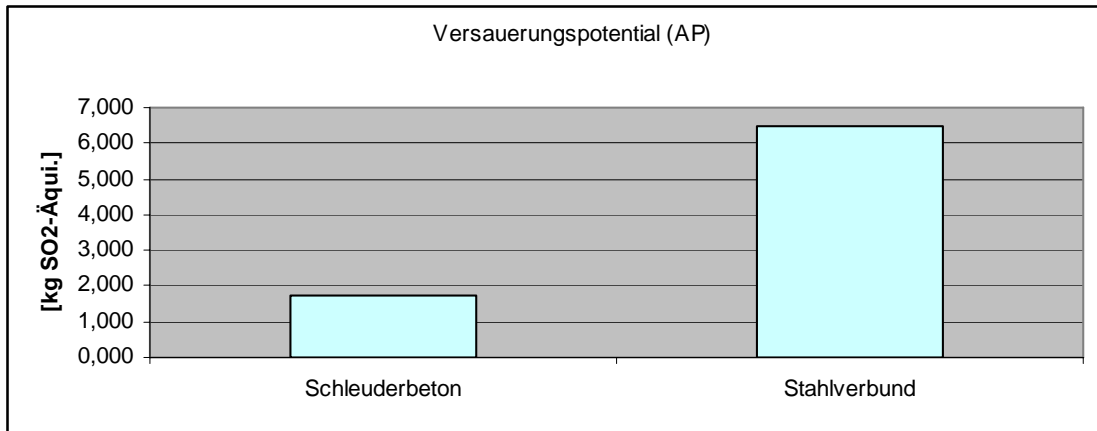


Abbildung 5: Darstellung des Versauerungspotentials über den Lebenszyklus

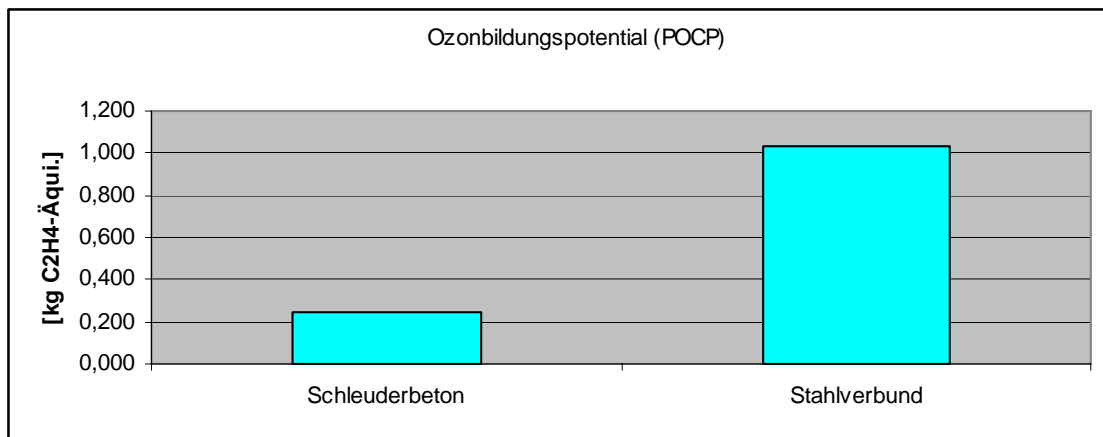


Abbildung 6: Darstellung des Ozonbildungspotentials über den Lebenszyklus

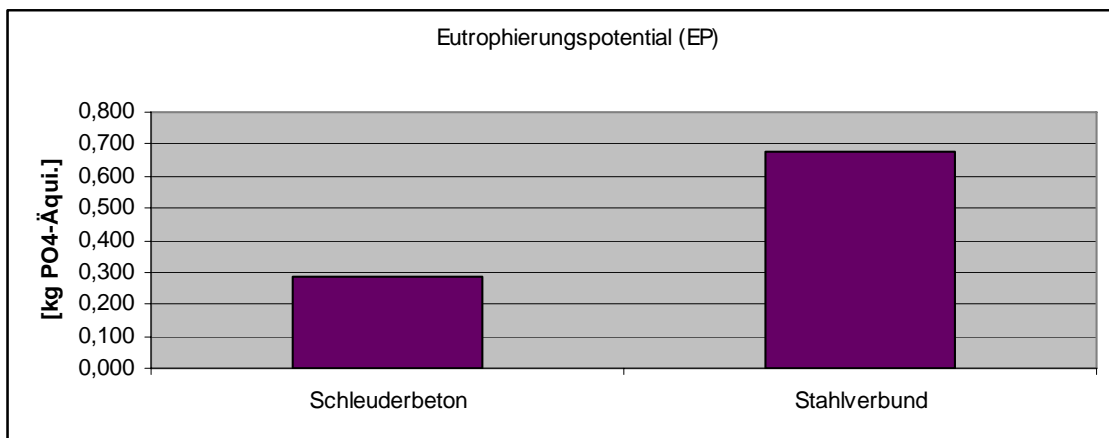


Abbildung 7: Darstellung des Eutrophierungspotentials über den Lebenszyklus

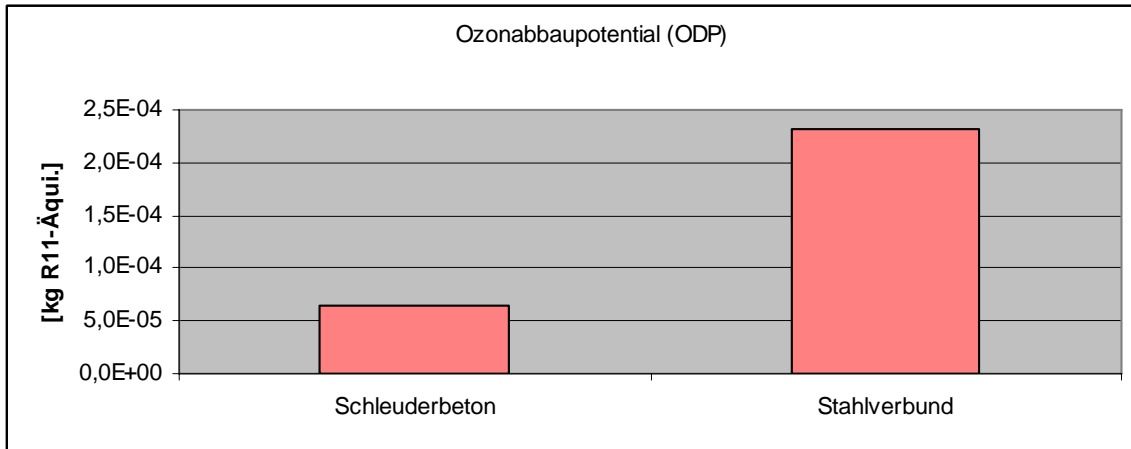


Abbildung 8: Darstellung des Ozonabbaupotentials über den Lebenszyklus

4 Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN ISO 14040: 2006-10: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag, Berlin, 2006.
- [2] DIN EN ISO 14044: 2006-10: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag, Berlin, 2006.
- [3] JENSEN, A. A. u. a. (2004): Working Environment in Life-Cycle Assessment, Pensacola 2004.
- [4] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin, 2001.