



Ökobilanz von Lichtschachtsystemen

Ein ökologischer Vergleich von Lichtschachtsystemen in den Materialvarianten Beton und Kunststoff

Auftraggeber: BetonBauteile Bayern
Postfach 15 02 40
80042 München

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

info@lcee.de
www.lcee.de

Aktenzeichen: 2009-05-Ö

Dieser Projektbericht umfasst 21 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 Lichtschachtsysteme	9
3.1	Zielsetzung und Untersuchungsrahmen	9
3.2	Sachbilanzierung	12
3.2.1	Lichtschachtsystem Beton	12
3.2.2	Lichtschachtsystem Kunststoff	13
3.3	Wirkungsabschätzung	14
3.3.1	Darstellung der Wirkungsbilanz über den gesamten Lebenszyklus	14
3.3.2	Darstellung der Ergebnisse für die Herstellung eines Betonlichtschachtes	19
4	Zusammenfassung	20
5	Literaturverzeichnis	21



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 auswirken 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, Anreize aber auch Risiken. Einen Vorsprung auf diesem Gebiet werden sich diejenigen Unternehmen sichern, die frühzeitig auf die neu entstehenden Anforderungen reagieren.

Der Interessenverband BetonBauteile Bayern hat sich der Herausforderung „Nachhaltigkeit“ gestellt und der Life Cycle Engineering Experts GmbH (LCEE) einen Auftrag zur Erstellung einer Ökobilanzstudie nach DIN EN ISO 14040 und 14044 erteilt. Ziel ist die Ermittlung der Umweltwirkungen von verschiedenen in Mitgliedsunternehmen des Verbandes hergestellten Lichtschachtsystemen aus Beton sowie einem vergleichbaren Lichtschachtsystem aus Kunststoff:

[1] Lichtschachtsystem aus Beton (Herstellerangaben von 6 verschiedenen Herstellern)

[2] Lichtschachtsystem aus Kunststoff

Die unter Berücksichtigung verschiedener ökologischer Kriterien, wie z. B. Primärenergiebedarf, Versauerungs- und Treibhauspotential, durchgeführte Studie dient der vergleichenden Darstellung der Umweltwirkungen verschiedener Materialien für Lichtschächte. 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-Siegel. 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. Die Untersuchung soll weiterhin durch die Darstellung der Umweltwirkungen getrennt nach deren Ursachen Verbesserungspotentiale im Hinblick auf die ökologischen Produkteigenschaften und den Produktionsprozess der Lichtschachtsysteme aufzeigen.



Für einen aussagekräftigen Vergleich zur Umweltwirkung von Betonlichtschächten werden die Produktions- sowie Materialdaten von sechs Herstellern ermittelt und zu einem Durchschnittswert verrechnet.

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.

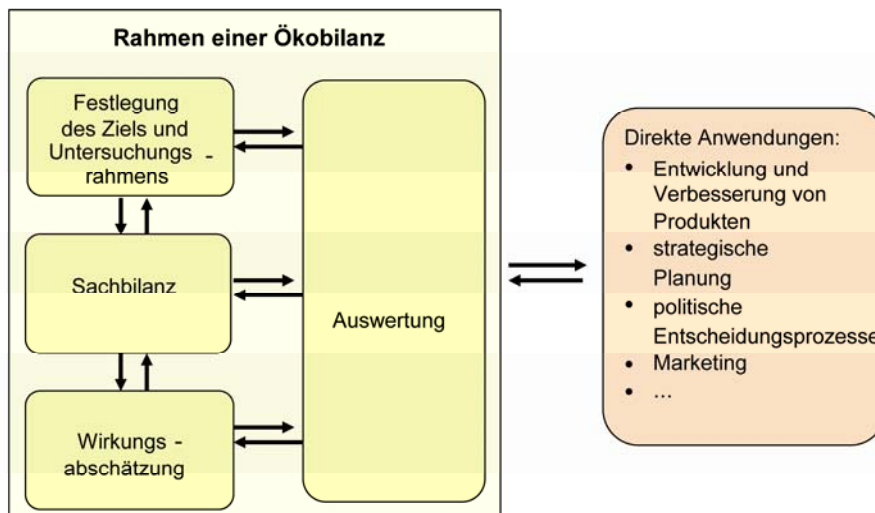


Abbildung 1 Aufbau einer Ökobilanz nach DIN EN 14040 und 14044 [2]

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 (GWP₁₀₀).

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 Lichtschachtsysteme

3.1 Zielsetzung und Untersuchungsrahmen

Ziel der vorliegenden Studie ist die Ermittlung und der Vergleich der ökologischen Profile von verschiedenen Lichtschachtsystemen mit Hilfe der Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044. Die Untersuchung dient sowohl der Ermittlung der ökologischen Eigenschaften der Lichtschächte, als auch dem Aufzeigen von Verbesserungspotentialen der einzelnen Produkte. Die Ergebnisse sollen sowohl in der internen Forschung der Mitgliedsunternehmen der BetonBauteile Bayern als Grundlage für die strategische Verbesserung von Produkten eingesetzt werden, als auch für Marketingzwecke genutzt werden.

Als Untersuchungsrahmen der Ökobilanzstudie ist die Erstellung einer Bilanz der Stoff- und Energieströme für jedes der Lichtschachtsysteme vorgesehen:

[1] Lichtschacht aus Beton (Durchschnittswert von sechs Herstellern)

[2] Lichtschacht aus Kunststoff (Durchschnittswert aufgrund von Literaturrecherche)

Die Systemgrenze der Betrachtung umfasst, wie in Abbildung 2 dargestellt, den gesamten Lebenszyklus eines Lichtschachtes. Dieser setzt sich aus den drei Lebenszyklusabschnitten Herstellung, Nutzung und Entsorgung/Recycling zusammen. Im Rahmen des Lebenszyklus Herstellung wird die Erzeugung der Ausgangsstoffe des Lichtschachtes, wie z. B. Zement, den Herstellungsprozess des Lichtschachtes im Werk und der Transport zum Einbauort betrachtet. Als Nutzungsphase wird ein Zeitraum von 50 Jahren definiert, in denen die Funktion eines Lichtschachtes sichergestellt werden muss. Dazu notwendige Instandhaltungs- und/oder Erneuerungsmaßnahmen werden hier betrachtet. Der zeitliche Betrachtungsraum wurde entsprechend dem Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB) gewählt. Im Rahmen der Erarbeitung des DGNB wurde ein Konsens zwischen Bund, Verbänden, Wissenschaft und Industrie gefunden, dass Gebäude mit in einem zeitlichen Rahmen von eben 50 Jahren zu betrachten sind. Da Lichtschächte in der Regel Bestandteil eines Gebäudes sind, orientiert sich die vorliegende Studie an diesem Wert. Im Lebenszyklusabschnitt Recycling werden der Rückbau und die Aufbereitung des Lichtschachtes zur Rückführung in den Stoffkreislauf in die Bilanz einbezogen.

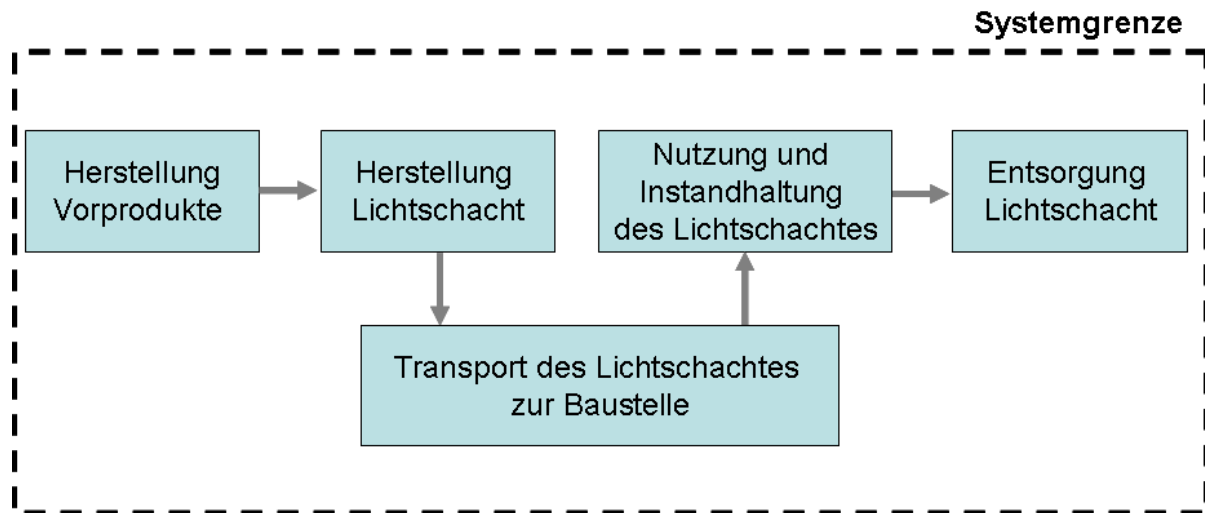


Abbildung 2 Darstellung der Systemgrenze der Ökobilanz

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Bilanzierung der Lichtschachtsysteme zu ermöglichen, wurde der Studie als funktionelle Einheit ein Standard-Lichtschacht mit den folgenden Abmessung zu Grunde gelegt:

- Maße (H/B/T) 120/100/50 cm

Nicht berücksichtigt werden:

- Abdeckung in Form von Gitterrost, Streckmetall, etc.
- Befestigungsmaterial
- Anschlüsse für Abläufe, Verbindungsmuffen

Diesem Standard-Lichtschacht werden die für die einzelnen Lichtschachtsysteme 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 den Transportprozess zwischen Herstellungswerk des Lichtschachtes und Einbauort wurden zwei unterschiedliche Szenarien definiert. Zum einen wird ein Transportweg von 50 Kilometern betrachtet. Dies entspricht einem regionalen Wirtschaftsnetzwerk. Darüber hinaus wird ein Transportweg von 300 Kilometern betrachtet. Dies entspricht einem überregionalen Wirtschaftsnetzwerk. Die Wirkungen der Transportentfernung werden für beide Produktgruppen gezeigt. Es ist jedoch festzustellen, dass die Betonlichtschächte eher in einem regionalen Wirtschaftsnetzwerk vertrieben werden, während Kunststofflichtschächte



eher der Gruppe der überregionalen Wirtschaftsnetze zuzuordnen sind. Als Transportmittel wird jeweils ein LKW mit einer Tonnage von 20 Tonnen und der Abgasklasse EURO 4 herangezogen.

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, wie 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. In dieser Datenbank nicht vorhandene Teilprodukte und Teilprozesse zur Erstellung einer Bilanz für das Gesamtsystem Lichtschacht wurden nach Angaben der jeweiligen Hersteller auf Basis der in der Datenbank vorliegenden Elementarflüsse und Basisprozesse nach Rücksprache mit dem Auftraggeber möglichst detailgenau bilanziert. Die für die einzelnen Produktsysteme in die Bilanzierung einfließenden Eingangsgrößen, sowie die Zusammenstellung der Unterprodukte und Prozesse zum Produktsystem Lichtschacht sind im folgenden Kapitel dargestellt.



3.2 Sachbilanzierung

Ziel der Sachbilanzierung ist es, alle relevanten Energie- und Stoffströme innerhalb der für die Bilanzierung der Lichtschächte festgelegten Systemgrenze zu erfassen. Die ermittelten Fluss- und Materialmengen werden daraufhin mit den entsprechenden Umweltwirkungen verknüpft, die die Herstellung, den Transport und die Verarbeitung dieser Materialien repräsentieren.

Die systemspezifischen Eingangsgrößen und Produktionsprozesse werden im Folgenden beschrieben. Die Daten sind aufgrund von Geheimhaltungsvereinbarungen mit dem Auftraggeber nur reduziert und verschleiert dargestellt.

3.2.1 Lichtschachtsystem Beton

Im Rahmen der Sachbilanzierung wurden die Energie und Stoffströme bei sechs Herstellern von Betonlichtschächten erhoben. Nachfolgend ist vereinfacht in Abbildung 3 die Prozesskette bei der Herstellung eines Betonlichtschachtes dargestellt, welche für die Bilanzierung betrachtet wurde. Dabei sind in Rot die Vorprodukte der Herstellung eines Lichtschachtes dargestellt. Die Prozesse im Verantwortungsbereich des Lichtschachtherstellers sind in Blau abgebildet. Die Nutzung ist schraffiert und die Recyclingphase Grün chloriert.

Während der Nutzung wird davon ausgegangen, dass der Betonlichtschacht wartungsfrei ist. Veröffentlichungen in der Literatur verdeutlichen, dass bei Betonlichtschächten mit einer Lebensdauer von im Durchschnitt 80 Jahren gerechnet werden kann (vgl. [5], [6], [7], [8]). Für den gewählten Betrachtungszeitraum von 50 Jahren ergibt sich damit, dass keine Austauschprozesse des Lichtschachtes in der Bilanz zu berücksichtigen sind.

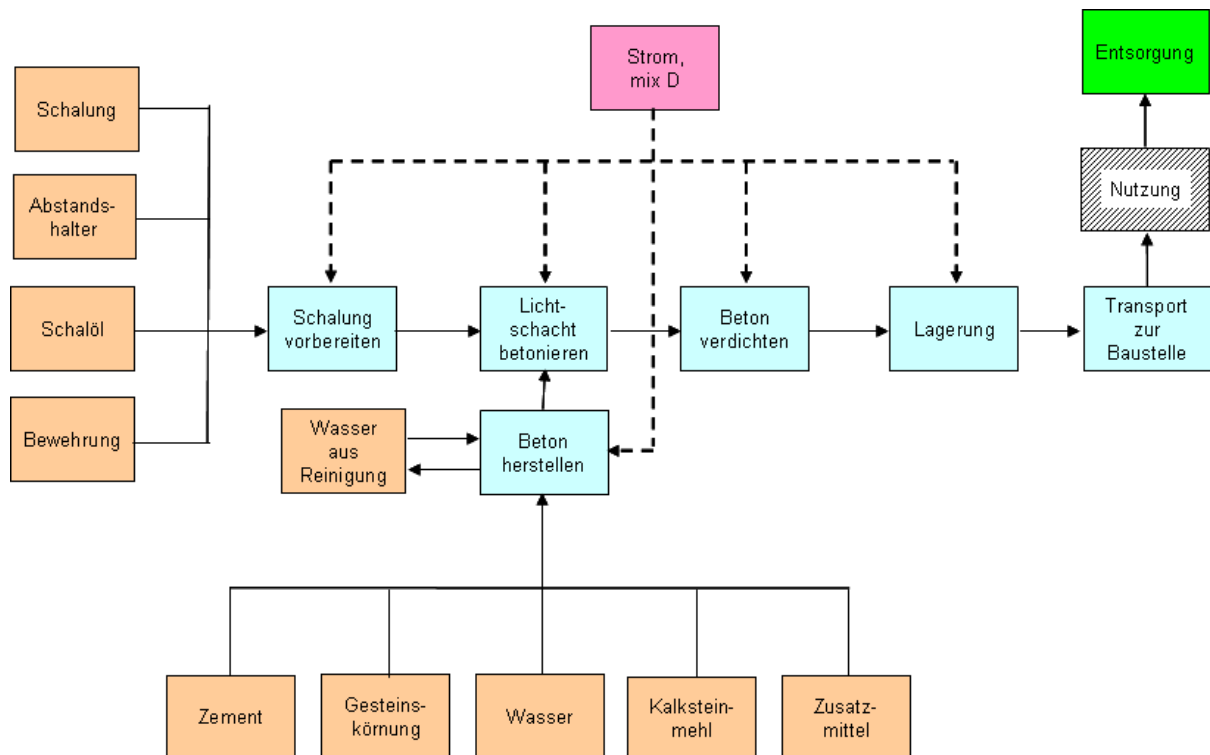


Abbildung 3 Flussbild Lichtschachtsystem aus Beton

3.2.2 Lichtschachtsystem Kunststoff

Auf Basis einer Marktanalyse konnten zwei wesentliche Materialien für die Herstellung eines Kunststofflichtschachtes analysiert werden. Zum Ersten konnte glasfaserverstärktes Polyester (GFK) [9], [10] und zum Zweiten glasfaserverstärktes Polypropylen (PP-GK) [11] als Werkstoff identifiziert werden.

Die Bilanzierung erfolgt auf Basis der für die Herstellung der benannten Werkstoffe bekannten durchschnittlichen Stoffströme aus der Datenbank GABI 4 und den damit verbundenen Umweltwirkungen. Das Gewicht der Kunststofflichtschächte wurde anhand der Angaben von ACO Hochbau [12] festgelegt und anhand eines realen Modells überprüft.

Kunststofflichtschächte wurden ebenfalls als wartungsfrei während der Nutzung angesetzt. Die Lebensdauer wird mit 40 Jahren angesetzt. Dies stellt einen Durchschnittswert aus verschiedenen Literaturquellen dar (vgl. [5], [6], [7], [8], [13], [14]). Daraus ergibt sich, dass im betrachteten Nutzungszeitraum von 50 Jahren eine Erneuerung vorgenommen werden muss.

3.3 Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung erfolgt anhand der folgenden Indikatoren: Primärenergie aus nicht regenerierbaren und regenerierbaren Quellen, Treibhauspotential, Versauerungspotential, Eutrophierungspotential, Ozonschichtzerstörungspotential, Photochemisches Oxidantienbildungspotential. Dazu werden die Ergebnisse der Stoffstrombilanzierung mit den in der Datenbank hinterlegten Werten der Umweltwirkung für die eingesetzten Materialien und Hilfsstoffe verknüpft. Sowohl für die Beton- wie auch für die Kunststofflichtschächte wurde die Wirkungsabschätzung der eingesetzten Inputmaterialien mit herstellerunabhängigen Durchschnittswerten berechnet.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung grafisch aufbereitet dargestellt.

3.3.1 Darstellung der Wirkungsbilanz über den gesamten Lebenszyklus

Tabelle 1 und Tabelle 2 enthalten eine Darstellung der Wirkungsbilanzergebnisse der untersuchten Lichtschachtsysteme für den gesamten Lebenszyklus. Dabei ist für das Lichtschachtsystem aus Beton ein Durchschnittswert aller sechs Hersteller dargestellt. In Tabelle 1 ist ein Transportweg von jeweils 50 Kilometern berücksichtigt. Tabelle 2 stellt die Ergebnisse bei einer Transportentfernung von 300 Kilometern dar.

Lichtschacht system	Lebenszyklus phase	Primärenergie nicht regenerierbar	Primärenergie regenerierbar	Primärenergie gesamt	Treibhauspotential (GWP 100)	Versauerungspotential (AP)	Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	Eutrophierungspotential (EP)	Ozonabbaupotential (ODP)
		[MJ]	[MJ]	[MJ]	[kg CO ₂ -Äq.]	[kg SO ₂ -Äq.]	[kg C ₂ H ₄ -Äq.]	[kg PO ₄ -Äq.]	[kg R ₁₁ -Äq.]
Beton	Herstellung	466,7	22,4	489,1	58,2	0,110	0,012	0,014	2,6E-06
	Transport 50	17,1	0,0	17,1	1,2	0,007	0,001	0,001	2,0E-09
	Nutzung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,0E+00
	Recycling	21,3	-0,7	20,6	15,7	0,031	0,002	0,004	-1,7E-07
PP-GK	Herstellung	1368,1	13,2	1381,3	42,9	0,083	0,014	0,008	2,7E-06
	Transport 50	7,6	0,0	7,6	0,5	0,003	0,000	0,001	9,0E-10
	Nutzung	1285,1	12,4	1297,5	52,0	0,101	0,015	0,011	2,5E-06
	Recycling	-90,6	-0,8	-91,4	8,6	0,015	0,000	0,002	-1,7E-07
GFK	Herstellung	735,0	9,1	744,1	47,1	0,095	0,020	0,013	1,9E-06
	Transport 50	7,6	0,0	7,6	0,5	0,003	0,000	0,001	9,0E-10
	Nutzung	652,0	8,3	660,3	56,3	0,113	0,021	0,016	1,7E-06
	Recycling	-90,6	-0,8	-91,4	8,6	0,015	0,000	0,002	-1,7E-07
Beton	Summe	505,1	21,7	526,8	75,1	0,147	0,015	0,020	2,5E-06
PP-GK	Summe	2570,3	24,7	2595,0	104,0	0,202	0,030	0,021	5,0E-06
GFK	Summe	1304,0	16,6	1320,6	112,5	0,226	0,041	0,032	3,4E-06

Tabelle 1: Ergebnis der Wirkungsbilanz aufgeteilt nach Lebenszyklusphasen mit einer Transportentfernung von 50 Kilometern



Lichtschacht system	Lebenszyklus phase	Primärenergie nicht regenerierbar	Primärenergie regenerierbar	Primärenergie gesamt	Treibhauspotential (GWP 100)	Versauerungspotential (AP)	Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	Eutrophierungspotential (EP)	Ozonabbaupotential (ODP)
		[MJ]	[MJ]	[MJ]	[kg CO ₂ -Äq.]	[kg SO ₂ -Äq.]	[kg C ₂ H ₄ -Äq.]	[kg PO ₄ -Äq.]	[kg R ₁₁ -Äq.]
Beton	Herstellung	466,7	22,4	489,1	58,2	0,110	0,012	0,014	2,6E-06
	Transport 300	102,6	0,1	102,7	7,3	0,043	0,003	0,007	1,2E-08
	Nutzung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,0E+00
	Recycling	21,3	-0,7	20,6	15,7	0,031	0,002	0,004	-1,7E-07
PP-GK	Herstellung	1368,1	13,2	1381,3	42,9	0,083	0,014	0,008	2,7E-06
	Transport 300	45,7	0,0	45,7	3,3	0,019	0,001	0,003	5,4E-09
	Nutzung	1323,2	12,4	1335,6	54,7	0,117	0,016	0,013	2,5E-06
	Recycling	-90,6	-0,8	-91,4	8,6	0,015	0,000	0,002	-1,7E-07
GFK	Herstellung	735,0	9,1	744,1	47,1	0,095	0,020	0,013	1,9E-06
	Transport 300	45,7	0,0	45,7	3,3	0,019	0,001	0,003	5,4E-09
	Nutzung	690,1	8,3	698,4	59,0	0,129	0,022	0,019	1,7E-06
	Recycling	-90,6	-0,8	-91,4	8,6	0,015	0,000	0,002	-1,7E-07
Beton	Summe	590,6	21,8	612,4	81,2	0,183	0,017	0,026	2,5E-06
PP-GK	Summe	2646,5	24,8	2671,3	109,4	0,234	0,032	0,027	5,0E-06
GFK	Summe	1380,1	16,7	1396,8	118,0	0,258	0,044	0,038	3,4E-06

Tabelle 2: Ergebnis der Wirkungsbilanz aufgeteilt nach Lebenszyklusphasen mit einer Transportentfernung von 300 Kilometern

Die Ergebnisse zeigen, dass die Lichtschächte aus Beton über einen angenommenen Lebenszyklus von 50 Jahren die geringeren Umweltwirkungen verursachen, als zum Vergleich die Lichtschächte aus Kunststoff. Dieses Ergebnis zeigt sich über alle Wirkungskategorien hinweg. Bei den Kunststofflichtschächten zeigt der Lichtschacht aus dem Material glasfaserverstärktes Polypropylen sehr hohe Primärenergiebedarfe. Der Lichtschacht aus glasfaserverstärktem Polyester hingegen verursacht sehr hohe Umweltwirkungen in den Emissionen.

Die Betrachtung der einzelnen Lebenszyklusphasen zeigt, dass bei Betonlichtschacht die überwiegenden Umweltwirkungen aus der Herstellung des Lichtschachtes resultieren. Die Transportprozesse zur Baustelle haben eine eher untergeordnete Bedeutung. Erst bei großen Transportentfernungen wirken sich die benötigten Energieströme erkennbar negativ auf die Umweltbilanz aus. Dies ist der Bilanz mit einer Transportentfernung von 300 Kilometern erkennbar, in der die Aufwendungen für den Transport rund ¼ der Aufwendungen für die Herstellung ausmachen.

Bei den Lichtschachtssystemen aus Kunststoff haben die Transportentfernungen einen noch geringeren Einfluss auf die Ökobilanz. Dies ist in dem geringen Gewicht begründet, welches die Kunststofflichtschächte kennzeichnet. Begrenzende Größe ist hier eher das Transportvolumen, welches die Auslastung des LKW und damit verbunden die Umweltwirkung begrenzt. Die ökologischen Auswirkungen aus der Produktion der Kunststofflichtschächte sind teilweise, z. B. beim Indikator Treibhauspotential, geringer als



die Auswirkungen der Herstellung von Betonlichtschächten. Jedoch wirkt sich bei der Betrachtung über den Lebensweg die Langlebigkeit und hohe Dauerhaftigkeit der Betonlichtschächte positiv aus. Bei einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren müssen die Kunststofflichtschächte einmal häufiger erneuert werden, als die Betonlichtschächte. Im End-of-Life erhalten die Kunststofflichtschächte eine Gutschrift durch den Ansatz, dass die Lichtschächte einer Verbrennungsanlage zugeführt werden. In der Müllverbrennungsanlage dienen Sie der Erzeugung von Strom und Wärme und erzielen dadurch einen positiven Beitrag zur Ökobilanz. Betonlichtschächte werden hingegen durch Betonrecycling in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt, die Umweltwirkungen dafür liegen bei annähernd Null.

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Umweltwirkungen der verschiedenen Lichtschächtsysteme, getrennt nach den verschiedenen Umweltindikatoren bzw. Primärenergiebedarf, noch einmal bildlich gegenübergestellt.

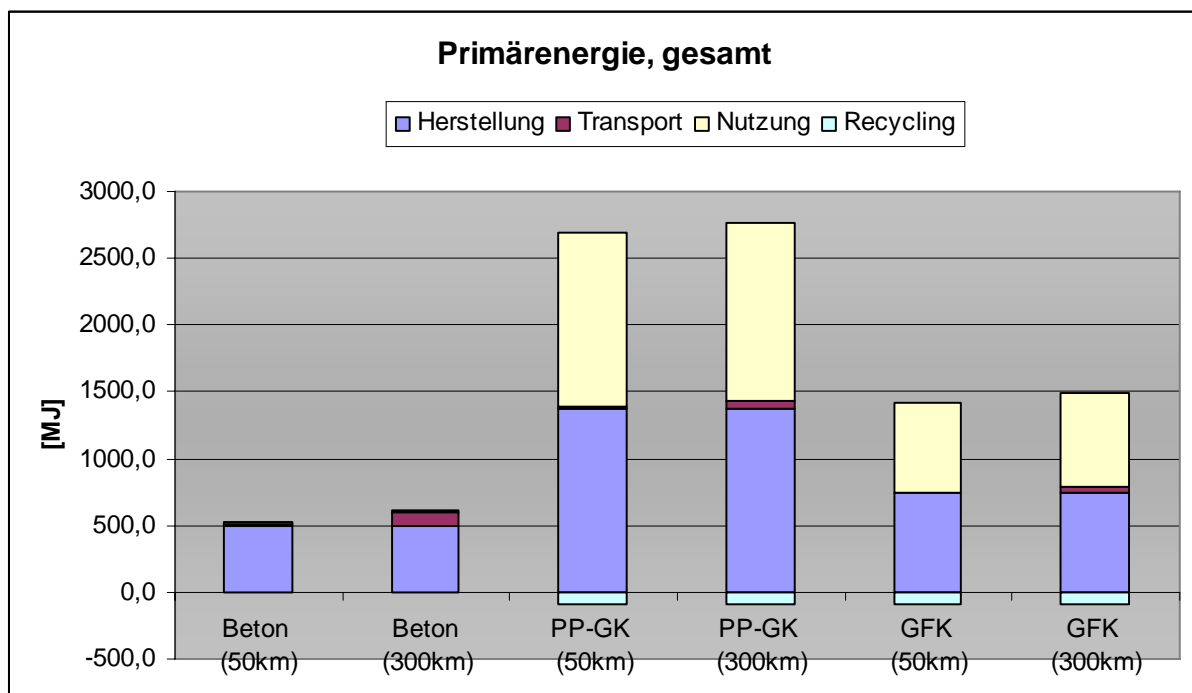


Abbildung 4: Darstellung des Primärenergiebedarf über den gesamten Lebenszyklus

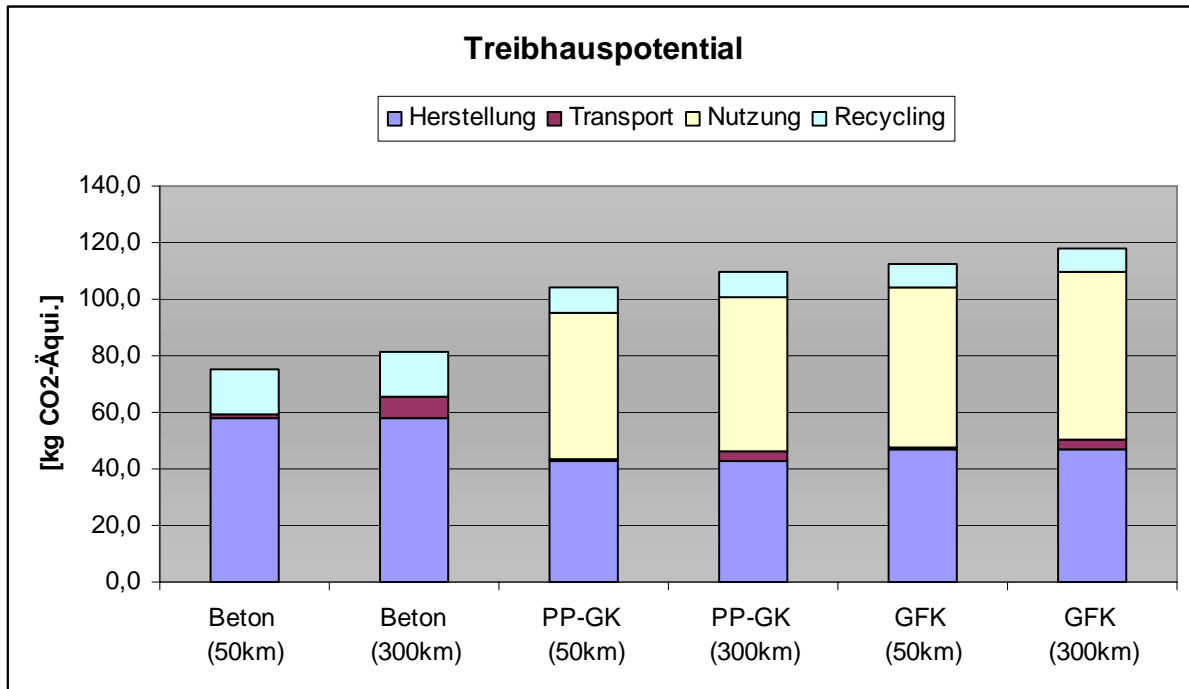


Abbildung 5: Darstellung des Treibhauspotentials über den gesamten Lebenszyklus

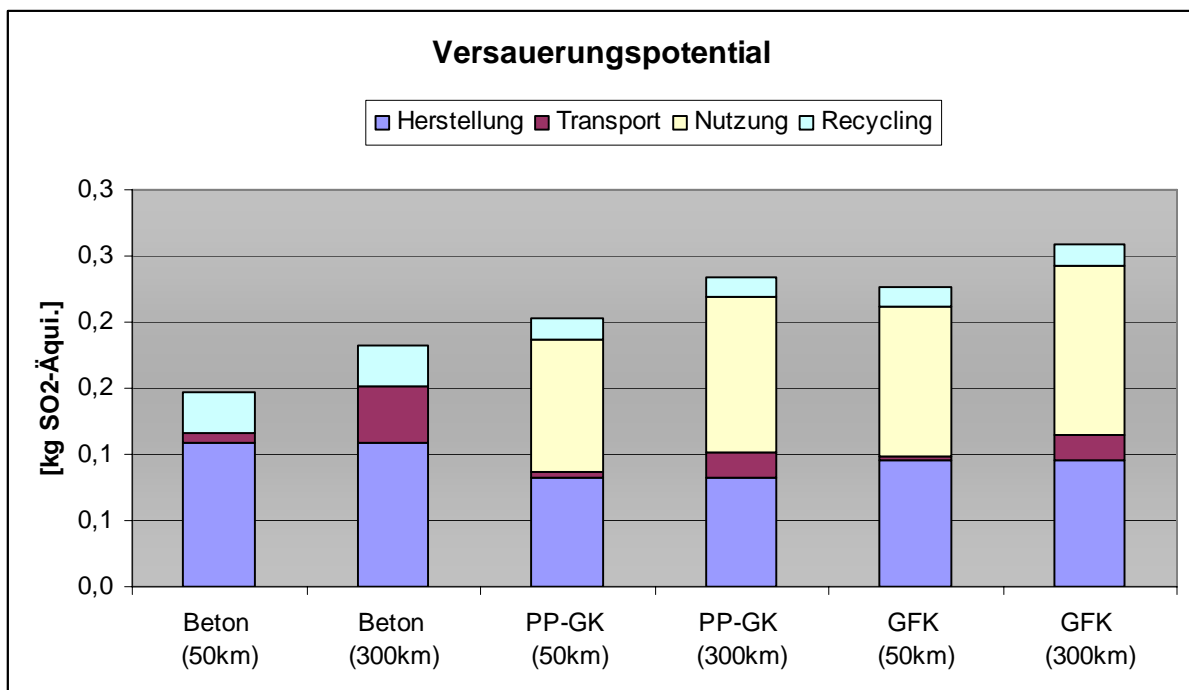


Abbildung 6: Darstellung des Versauerungspotentials über den gesamten Lebenszyklus

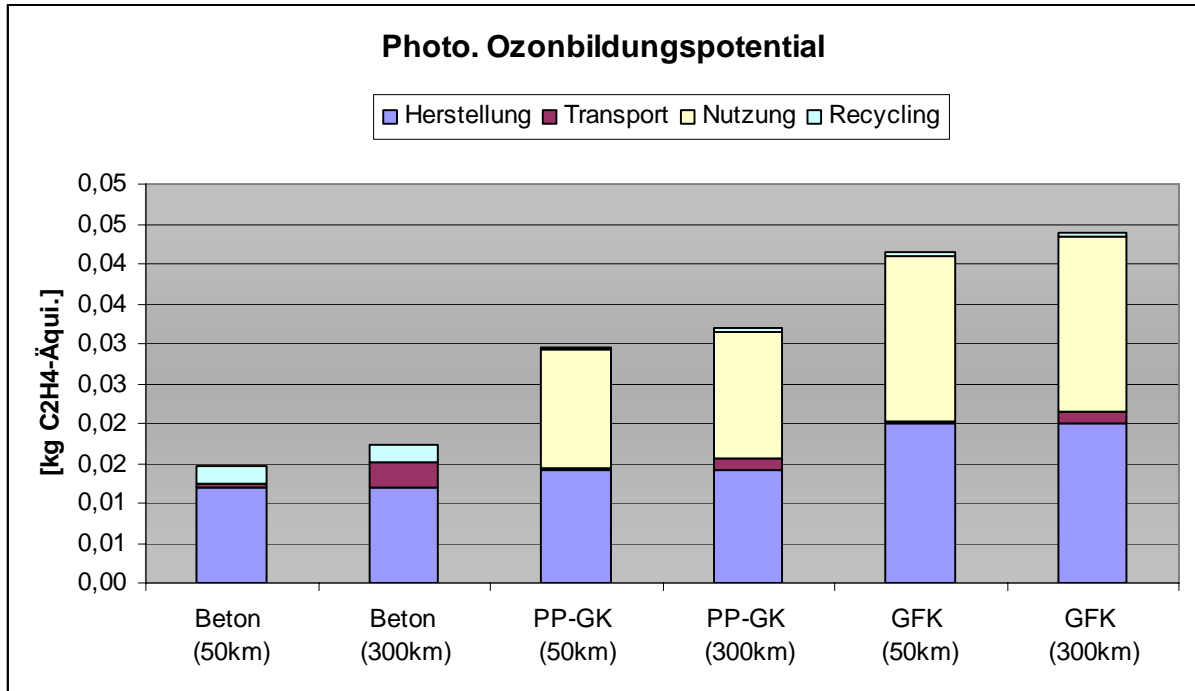


Abbildung 7: Darstellung des Ozonbildungspotentials über den gesamten Lebenszyklus

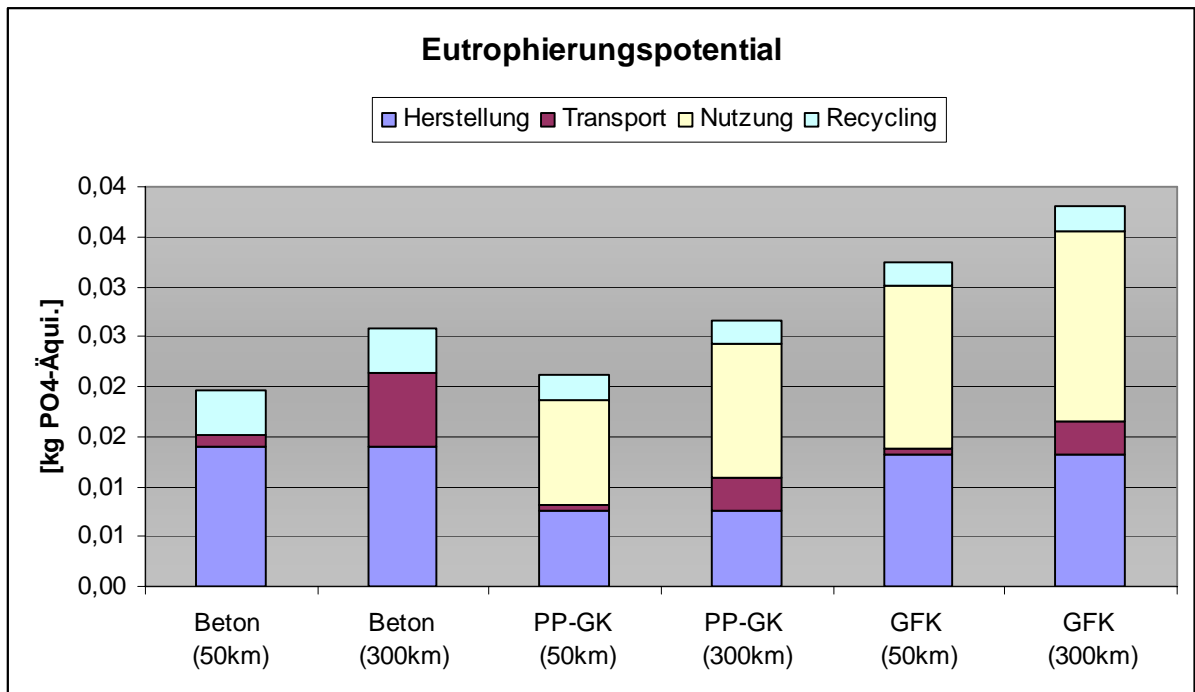


Abbildung 8: Darstellung des Eutrophierungspotentials über den gesamten Lebenszyklus

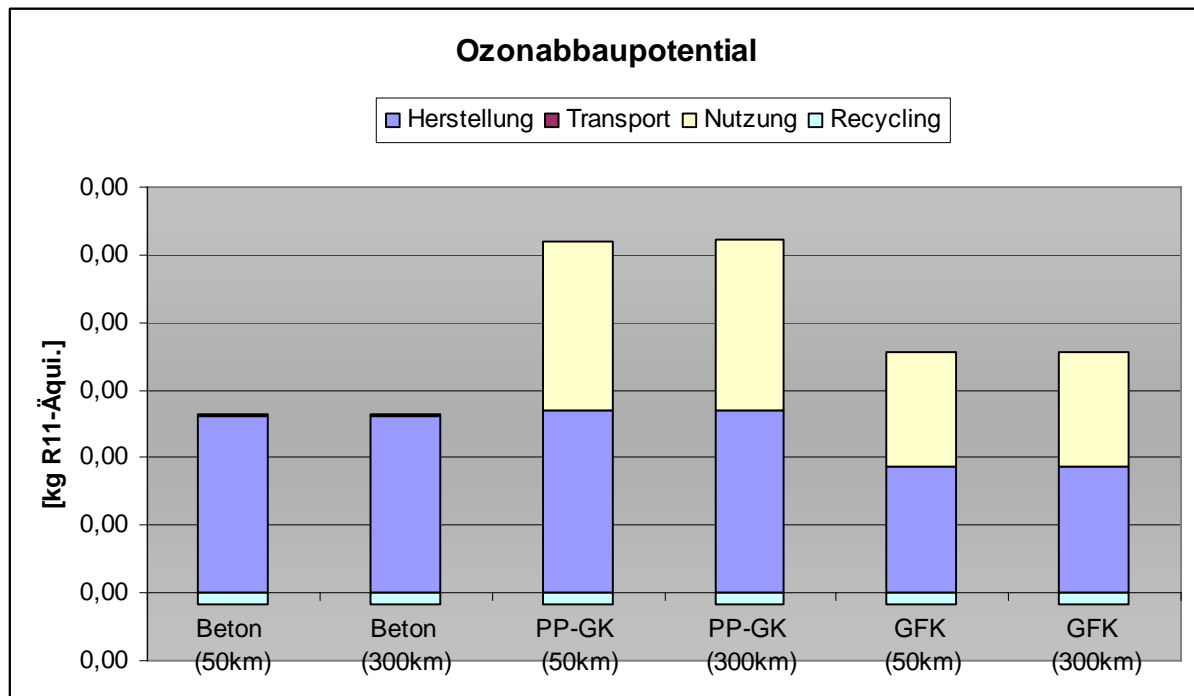


Abbildung 9: Darstellung des Ozonabbaupotentials über den gesamten Lebenszyklus

3.3.2 Darstellung der Ergebnisse für die Herstellung eines Betonlichtschachtes

Eine Fokussierung auf die Herstellung der Betonlichtschächte ist in Tabelle 3 dargestellt. Es zeigt sich, dass die überwiegenden Umweltwirkungen aus den eingesetzten Materialien stammen. Die Verarbeitungsprozesse, wie z.B. Betonmischen, haben nur einen geringen Anteil an den Umweltwirkungen. Die durch die Materialien verursachten Umweltwirkungen werden auch als „Ökologischer Rücksack“ der Inputmaterialien bezeichnet.

	Primärenergie nicht regenerierbar	Primärenergie regenerierbar	Primärenergie gesamt	Treibhauspotential (GWP 100)	Versauerungspotential (AP)	Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	Eutrophierungspotential (EP)	Ozonabbaupotential (ODP)
	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[kg CO ₂ -Äq.]	[kg SO ₂ -Äq.]	[kg C ₂ H ₄ -Äq.]	[kg PO ₄ -Äq.]	[kg R ₁₁ -Äq.]
Material	366,8	14,4	381,2	53,9	0,101	0,011	0,013	2,1E-06
Verarbeitungsprozess	99,9	8,0	107,9	4,4	0,008	0,001	0,001	5,7E-07

Tabelle 3: Umweltwirkung während der Herstellung eines Betonlichtschacht



Der Ökologische Rücksack der Inputmaterialien lässt sich durch den Hersteller nur indirekt beeinflussen. Hier besteht zum einen die Wahl, einen anderen Vorproduzenten zu wählen, dessen Produkt eine günstiger Umweltbilanz besitzt. Dies ist zum Beispiel durch den Wechsel des Zementes von CEM I zu CEM IIIa möglich. Die Umweltwirkungen aus dem Verarbeitungsprozess lassen sich durch den Hersteller direkt beeinflussen. Hier besteht die Möglichkeit, z. B. auf effizientere Anlagentechnik umzustellen oder durch Prozessoptimierungen Einsparungen zu realisieren.

4 Zusammenfassung

Die Bilanzierung der Lichtschachtsysteme aus Beton und Kunststoff erfolgte auf Basis der Vorgaben der DIN EN ISO 14040 und 14044. Es wurde ein Betrachtungsrahmen von Herstellung, Nutzung über 50 Jahre und Entsorgung der Lichtschächte gewählt. Da die Lichtschächte wartungsfrei sind, wurde im Rahmen der Nutzungsphase nur die altersbedingte Erneuerung betrachtet. Als Betrachtungsobjekt wurde ein Lichtschacht mit den Abmessungen (H/B/T) 120/100/50 cm gewählt.

Die Daten für die Material-, Stoff- und Energieverbräuche während der Herstellung der Betonlichtschächte wurden bei sechs Herstellern erhoben und zu einem Mittelwert verschmolzen. Für den Kunststofflichtschacht wurden zwei mögliche Materialien identifiziert. Neben dem häufig anzutreffenden glasfaserverstärkten Polyester (GFK) ist auch noch der Werkstoff glasfaserverstärktes Polypropylen (PP-GK) anzutreffen. Die Werte für die Herstellung der Lichtschächte aus diesen zwei Materialien wurden aufgrund fehlender Herstellerangaben aus der Literatur hergeleitet. Damit ergibt sich, dass die Angaben für die Kunststofflichtschächte mit einer sehr hohen Unsicherheit belegt sind. Für die Betonlichtschächte kann von einer sehr hohen Datenqualität ausgegangen werden.

Die Ergebnisse der Ökobilanz zeigen, dass die Betonlichtschächte sich in der Gesamtbilanz als ökologisch vorteilhafter darstellen. Dies lässt sich durch die Langlebigkeit und hohe Dauerhaftigkeit der Betonlichtschächte begründen. Entsprechend verschiedener Literaturangaben lässt sich eine annähernd doppelte Lebensdauer bei dem Betonlichtschächten im Vergleich zu dem Kunststofflichtschächten erwarten.

Zur Verbesserung der Umweltwirkung der Betonlichtschächte sind folgende Maßnahmen auf ihre Realisierbarkeit zu prüfen.

- Reduzierung der Wandstärken und damit Reduzierung des eingesetzten Betons
- Reduzierung des Zementanteils im Beton z. B. durch den Einsatz von Füllstoffen wie Flugasche und Hüttensand
- Reduzierung der im Bauteil verwendeten Bewehrung



5 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.: Working Environment in Life-Cycle Assessment, Pensacola 2004.
- [4] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin, 2001.
- [5] SIA Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten, Dokumentation D 0123. Zürich, 1995
- [6] BMBau: Richtlinie für die ingenieurtechnische Überwachung baulicher Anlagen. Bonn, 1994.
- [7] Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung (LBB) des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Geplante Instandsetzung. Aachen, 1995.
- [8] IP Bau (Hrsg.): Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten. Bern, 1994.
- [9] MEA Bausysteme GmbH (Hrsg.): Verkaufsprospekt MEA Licht- und Lüftungsschächte, 2009.
- [10] WOLFA (Hrsg.): Lichtschachtsysteme. Online im Internet: http://www.wolfa.de/?Ink=wb_lichtschachtsysteme, 2010.
- [11] ACO Hochbau (Hrsg.): Der ACO Lichtschacht Allround. In: Prospekt Lichtschächte, Büdelsdorf, 2009.
- [12] ACO Hochbau (Hrsg.): Preisliste. Online im Internet: http://www.aco-hochbau.de/files/GER_ACO_Markant_PDF/ACO-Hochbau_Preisliste_1_2010.xls , Büdelsdorf, 2010.
- [13] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, Anlage 1. 2005.
- [14] Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement (CRTE) (Hrsg.): Leitfaden für nachhaltiges Bauen und Renovieren, Version 2.00, Teil II. 2008.