



# Ökobilanz von Lichtschachtsystemen

Ein ökologischer Vergleich von Lichtschachtsystemen  
in den Materialvarianten Beton und Kunststoff



Fachverband Beton- und Fertigteilwerke  
Baden-Württemberg e.V.



**BetonBauteile Bayern**

## Inhalt

Vorbemerkung .....	2
1 Zusammenfassung der Kritischen Überprüfung .....	3
2 Zielsetzung und Untersuchungs- rahmen der Studie .....	4
3 Sachbilanzierung .....	6
4 Wirkungsabschätzung .....	8
5 Ausgewählte Ergebnisse .....	10
6 Zusammenfassung .....	11
Literaturverzeichnis .....	11

## Impressum

Ersteller der Studie  
LCEE  
Life Cycle Engineering Experts GmbH  
Petersenstraße 12  
64287 Darmstadt

Herausgeber  
BetonBauteile Bayern im BIV e.V.  
Beethovenstr. 8  
80336 München

Fachverband Beton- und Fertigteilwerke  
Baden-Württemberg e.V.  
Gerhard-Koch-Str. 2 + 4  
73760 Ostfildern

© Gestaltung und Gesamtproduktion  
Verlag Bau+Technik GmbH  
Düsseldorf 2010

## Vorbemerkung

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.

Die Interessenverbände BetonBauteile Bayern im BIV e.V. und Fachverband Beton- und Fertigteilwerke Baden-Württemberg e.V. haben 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 Lichtschachtsystemen aus Beton sowie von einem vergleichbaren 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.

Die vorliegende Broschüre stellt eine Zusammenfassung der Studie „Ökobilanz von Lichtschachtsystemen – Ein ökologischer Vergleich von Lichtschachtsystemen aus den Materialvarianten Beton und Kunststoff“ der Life Cycle Engineering Experts GmbH (LCEE) von 2010 dar. Sie wurde einer Kritischen Überprüfung nach DIN EN ISO 14040 bzw. 14044 unterzogen.

Die vorliegende Studie sowie der Bericht erfüllen die Anforderungen der Normen DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044. Der Untersuchungsrahmen wurde in Übereinstimmung mit den Randbedingungen der Gebäudezertifizierungen des BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung) und der DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.) gewählt. Die Datensätze zur Materialien und Prozessen entstammen der bewährten GaBi 4-Datenbank. Die verwendeten Charakterisierungsmodelle entsprechen dem anerkannten Stand der Wissenschaft [CML 2001]. Die korrekte Beziehung zwischen Sachbilanz und Wirkungsabschätzung ist durch die Verwendung der in der Datenbank GaBi 4 implementierten CML-Methodik sichergestellt.

In Bezug zum Untersuchungsrahmen ist das System stimmig modelliert und berücksichtigt alle Inputs und Outputs. Bezüglich der Lebensdauer der Lichtschächte wurde auf Literatur zurückgegriffen. Obwohl Lebensdauern nur als Bandbreiten angegeben werden können, ist die grundsätzliche Annahme, dass die Lebensdauer der untersuchten Betonlichtschächte im Mittel größer als die der Kunststofflichtschächte ist, auf Basis der Literaturquellen plausibel. Die Datengrundlage bezüglich des Lichtschachtensystems aus Beton beruht auf realen Daten von sechs Herstellerwerken,

während die Datengrundlage zum Lichtschachtensystem aus Kunststoff Abschätzungen enthält. Der Leser sollte bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigen, dass die Ergebnisse zum Kunststoffsystem daher mit einer größeren Unsicherheit behaftet sind als die Ergebnisse zum Betonlichtschacht. Ferner sollte sich der Leser bewusst sein, dass eine abweichende tatsächliche Nutzungsdauer der Lichtschächte deren Ökobilanz stark verändern kann, da sie über die Anzahl der notwendigen Ersetzungen im Betrachtungszeitraum von 50 Jahren entscheidet.

Insgesamt ist die Studie nachvollziehbar und konform zu den Normen DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044 durchgeführt. Sie entspricht den Grundsätzen und Anforderungen an eine korrekte Ökobilanz.



Dipl.-Ing. Carolin Roth  
Prof. Hock Beratende Ingenieure GmbH  
Büchelbergstraße 38  
63808 Haibach  
Haibach, den 03.12.2010

## 2 Zielsetzung und Untersuchungsrahmen der Studie

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 der Ermittlung der ökologischen Eigenschaften der Lichtschächte. 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 1 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, der 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.

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

Die Abdeckungen, Befestigungsmaterialien etc. wurden aus der Bilanz ausgeklammert, weil sie bei allen Lichtschachtsystemen in sehr ähnlicher Form vorhanden sind. Sie stellen daher kein Unterscheidungsinstrument dar.

Dem 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.

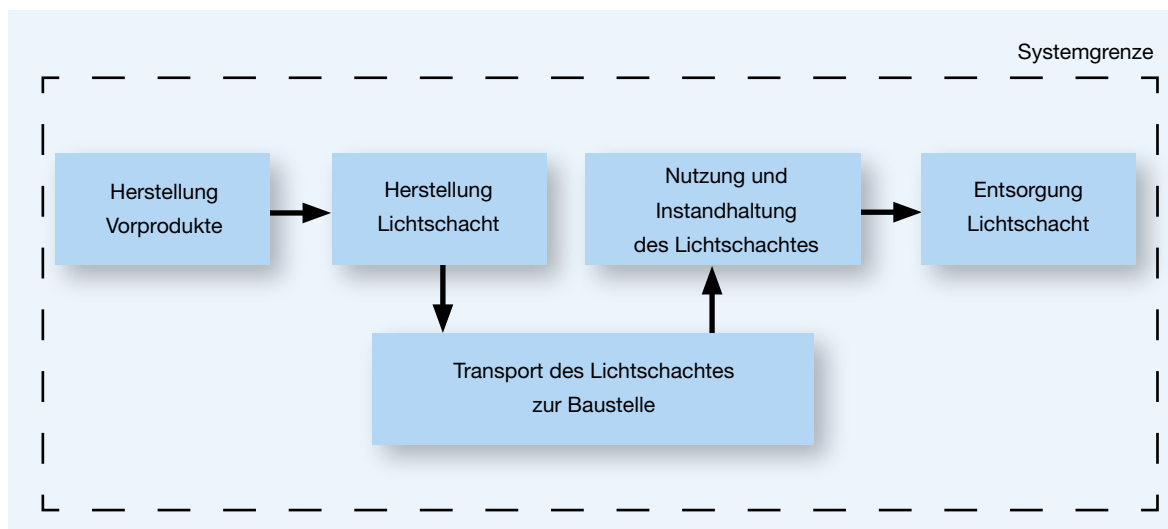


Abbildung 1: Darstellung der Systemgrenze der Ökobilanz

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 im Folgenden aufgelisteten Untersuchungskriterien herangezogen:

- Primärenergiebedarf nicht regenerierbar (in MJ)
- Primärenergiebedarf regenerierbar (in MJ)
- Treibhauspotential (in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent)
- Ozonschichtzerstörungspotential (in kg R<sub>11</sub>-Äquivalent)
- Photochem. Oxidantienbildungspotential (in kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äquivalent)
- Eutrophierungspotential (in kg PO<sub>4</sub>-Äquivalent)
- Versauerungspotential (in kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent)

Die ausgewählten Kriterien sind in ihrer Bewertungsmethodik wissenschaftlich und normativ anerkannt

und 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 nachfolgend dargestellt.

Die gesamten Analysen werden für eine Produktion in Deutschland im Jahr 2010 und mit zeitgemäßer Technik bilanziert.

### 3 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.

#### Lichtschachtsystem Beton

Im Rahmen der Sachbilanzierung wurden die Energie- und Stoffströme bei sechs Herstellern von Betonlichtschächten erhoben. Nachfolgend ist vereinfacht in Abbildung 2 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 Grau und die Recyclingphase Grün koloriert.

Der Herstellungsprozess lässt sich vereinfacht in sechs Schritten beschreiben. Der Herstellungsprozess beginnt mit der Herstellung einer Schalung aus Holzplatten, welche die spätere Form des Lichtschachtes bestimmt.

Neben der Schalung wird zudem die Bewehrung für den Betonlichtschacht vorbereitet. Ist die Schalung fertig gestellt, kann der Beton entsprechend einer definierten Mischungsrezeptur mit Hilfe einer Mischanlage hergestellt und zur Schalung verbracht werden. Beim Einbringen des Betons in die Schalung ist darauf zu achten, dass sich keine Lufteinschlüsse bilden. Daher werden Rüttler zur Verdichtung des Betons verwendet. Nach dem Aushärten des Betons wird der Lichtschacht ausgeschalt und zum Lagerort gebracht. Die Schalung kann nach einer Reinigung wiederverwendet werden.

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]). Dabei ist eine Spannweite von 60 bis 100 Jahren in der Literatur verzeichnet. Für den gewählten Betrachtungszeitraum von 50 Jahren ergibt sich damit, dass keine Austauschprozesse des Lichtschachtes in der Bilanz zu berücksichtigen sind. Dies gilt auch, wenn der Minimalwert aus der Literatur angesetzt wird.

Die der Sachbilanz zugrunde liegenden Zahlen wurden bei den Lichtschachtherstellern direkt in der Produktion erhoben und sind daher durch eine hohe Zuverlässigkeit und Plausibilität gekennzeichnet.

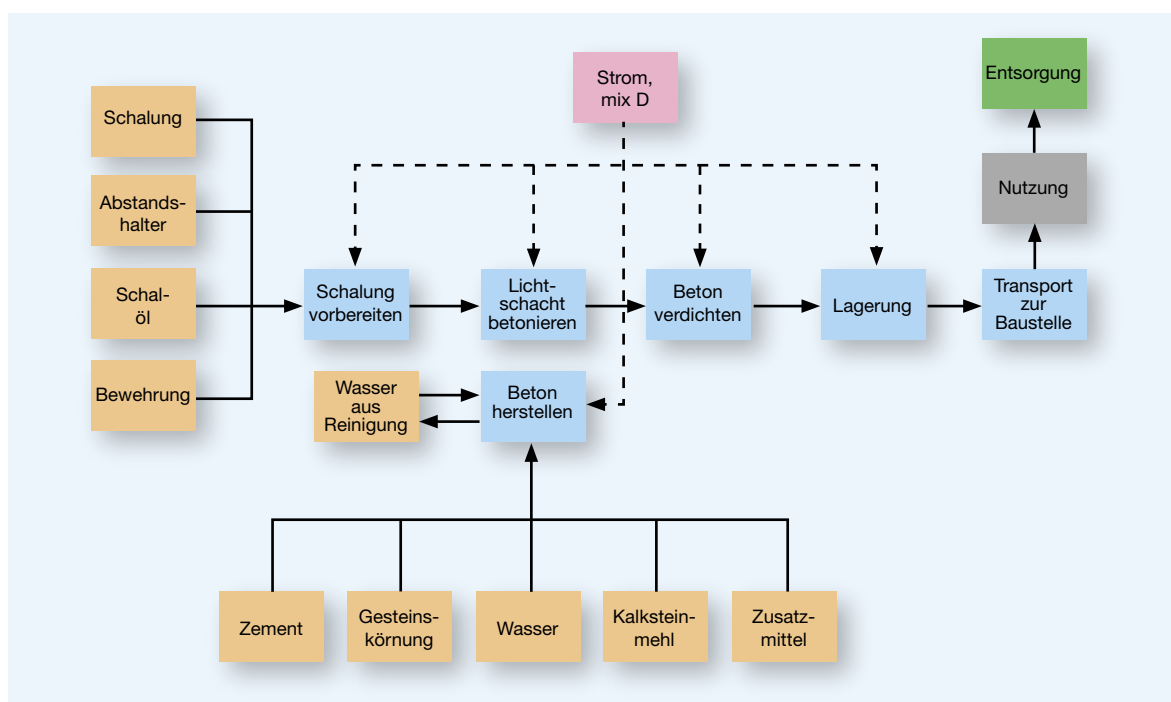


Abbildung 2: Flussbild Lichtschachtsystem aus Beton

### 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 Musters überprüft.

Kunststofflichtschächte wurden ebenfalls als während der Nutzung wartungsfrei angesetzt. Die Lebensdauer wird mit 40 Jahren angenommen. 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.

Die Spannweite der in der Literatur verzeichneten Lebensdauern reicht von 15 bis zu 60 Jahren. Für die Sachbilanz ergibt sich daraus, dass beim Wert von 15 Jahren mit 3 Erneuerungszyklen gerechnet werden muss, was zu einer Verdoppelung der Stoffströme im Vergleich zum Ansatz mit einer durchschnittlichen Lebensdauer von 40 Jahren führt. Wird der Ansatz von 60 Jahren gewählt, ist kein Erneuerungsprozess im Lebenszyklus notwendig und die Stoffströme im Lebenszyklus halbieren sich im Vergleich zur Annahme mit durchschnittlicher Lebensdauer.

Da es sich bei den Daten für die Kunststofflichtschächte um Daten aus der Literatur handelt, sind diese mit einer geringeren Datenzuverlässigkeit behaftet. Die Plausibilitätsprüfung hat jedoch gezeigt, dass die Daten eine ausreichende Qualität für diese Bilanz aufweisen. Eine stärkere Streuung der Eingangsdaten ist jedoch bei einer detaillierten Aufnahme der Stoff- und Energieströme direkt im Produktionsprozess zu erwarten. Die Datenqualität der Lichtschachtsysteme aus Kunststoff muss daher als niedriger eingestuft werden, als bei den Betonprodukten.

## 4 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.

### 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.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Lichtschächte aus Beton über einen angenommenen Lebenszyklus von 50 Jahren geringere 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. Bei der Bewertung der Daten sei zusätzlich noch einmal auf die unterschiedlichen Datenqualitäten hingewiesen.

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 Trans-

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

Lichtschachtsystem	Lebenszyklusphase	Primärenergie nicht regenerierbar	Primärenergie regenerierbar	Primärenergie gesamt	Treibhauspotential (GWP 100)	Versauerungspotential (AP)	Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	Eutrophierungspotential (EP)	Ozonabbaupotential (ODP)
		[MJ]	[MJ]	[MJ]	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	[kg SO <sub>2</sub> -Äq.]	[kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äq.]	[kg PO <sub>4</sub> -Äq.]	[kg R <sub>11</sub> -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



portentfernung von 300 Kilometern erkennbar, in der die Aufwendungen für den Transport rund ein Viertel der Aufwendungen für die Herstellung ausmachen.

Bei den Lichtschachtsystemen 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. Dies ein theoretischer Ansatz, der ein mögliches positives Szenario am Ende des Lebenszyklus abbildet. Sollte der Lichtschacht nicht einem Verbrennungsprozess zugeführt werden, entfällt die Gutschrift für die Energiegewinnung und die Umweltwirkung erhöht sich. Betonlichtschächte werden hingegen durch Betonrecycling in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt. Dies ist ein Rückbauszenario, welches keine Gutschrift erzeugt.

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

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

Lichtschachtsystem	Lebenszyklusphase	Primärenergie nicht regenerierbar	Primärenergie regenerierbar	Primärenergie gesamt	Treibhauspotential (GWP 100)	Versauerungspotential (AP)	Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	Eutrophierungspotential (EP)	Ozonabbaupotential (ODP)
		[MJ]	[MJ]	[MJ]	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	[kg SO <sub>2</sub> -Äq.]	[kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äq.]	[kg PO <sub>4</sub> -Äq.]	[kg R <sub>11</sub> -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	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 300	45,7	0,0	45,7	3,3	0,019	0,001	0,003	5,4E-09
	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	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

## 5 Ausgewählte Ergebnisse

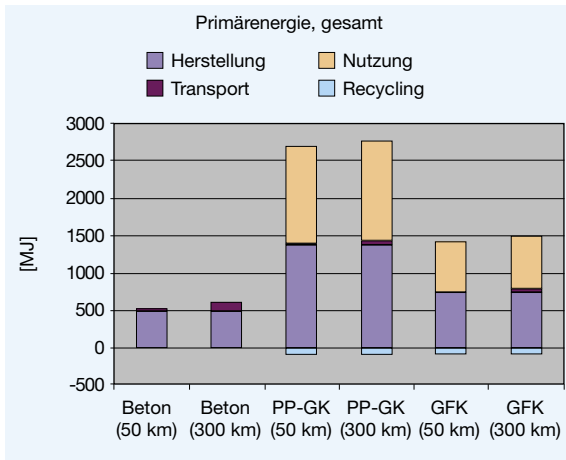


Abbildung 3: Darstellung des Primärenergiebedarf über den gesamten Lebenszyklus

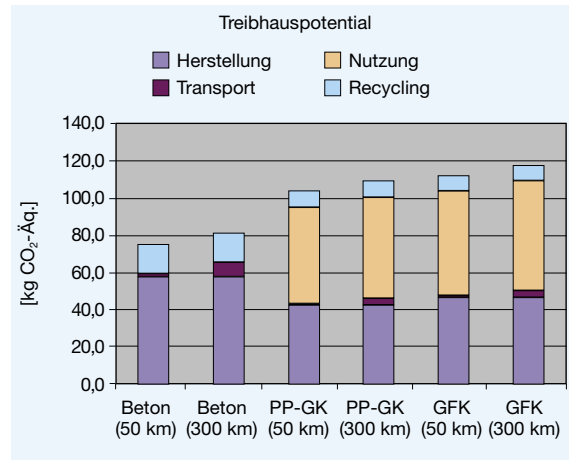


Abbildung 4: Darstellung des Treibhauspotentials über den gesamten Lebenszyklus

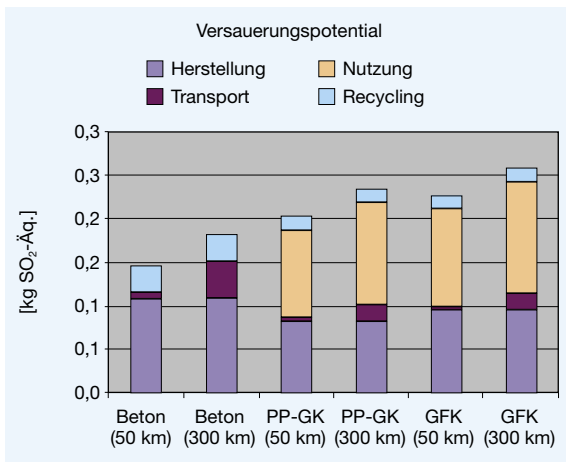


Abbildung 5: Darstellung des Versauerungspotentials über den gesamten Lebenszyklus

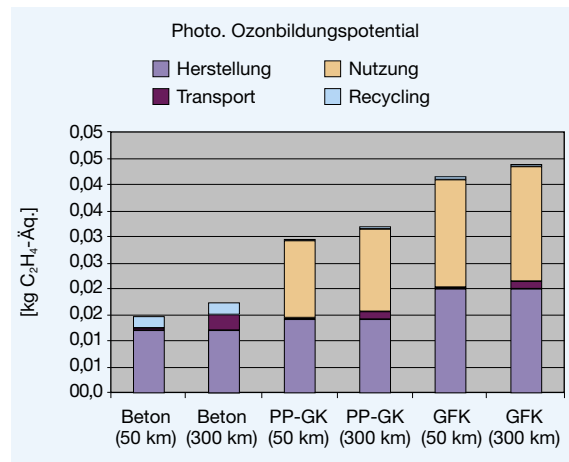


Abbildung 6: Darstellung des Ozonbildungspotentials über den gesamten Lebenszyklus

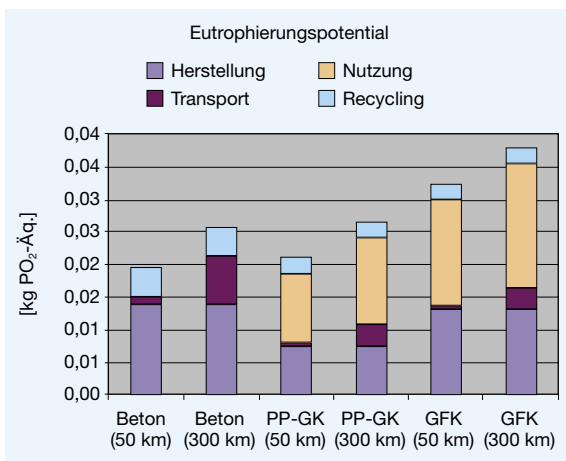


Abbildung 7: Darstellung des Eutrophierungspotentials über den gesamten Lebenszyklus

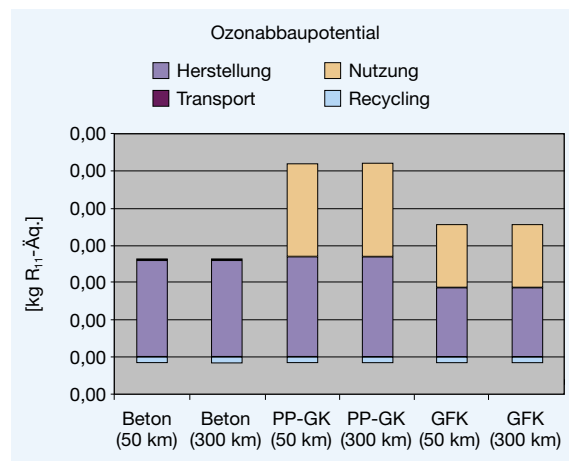


Abbildung 8: Darstellung des Ozonabbaupotentials über den gesamten Lebenszyklus

Die Bilanzierung der Lichtschachtssysteme 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 glasfa-

serverstärktes 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 Betonlichtschächten im Vergleich zu Kunststofflichtschächten erwarten.

## 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.): Lichtschachtssysteme. Online im Internet: [http://www.wolfa.de/?Ink=wb\\_lichtschachtssysteme](http://www.wolfa.de/?Ink=wb_lichtschachtssysteme), 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](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.

