

# Verkehrsflächenbefestigungen

Vergleichende Ökobilanz von  
Oberbaukonstruktionen für Verkehrsflächen

## Inhalt

Einleitung.....	3
Zusammenfassung des Critical Review Statement .....	4
1. Einführung in die Ökobilanz .....	5
2. Allgemeines.....	5
3. Ziel und Umfang der Studie .....	6
4. Deklarierte Einheit und andere Annahmen.....	7
5. Beschreibung der Oberbau- konstruktionen und Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz.....	8
6. Zusammenfassung .....	24
7. Literaturverzeichnis.....	25

## Impressum

### Autorinnen

Dipl.-Ing. Siegrun Kittelberger,  
Dipl.-Ing. Melanie Goymann,  
PE INTERNATIONAL AG,  
Leinfelden-Echterdingen

### Herausgeber

Betonverband Straße, Landschaft, Garten  
e.V. (SLG)  
Schloßallee 10, 53179 Bonn

In Zusammenarbeit mit der  
BetonMarketing Deutschland GmbH  
Steinhof 39, 40699 Erkrath

Stand: Dezember 2014

© Gestaltung und Gesamtproduktion  
Verlag Bau+Technik GmbH  
Düsseldorf 2014

Diese Broschüre wurde auf dem Recyclingpapier (EnviroTop) das mit dem Blauen Engel ausgezeichnet ist, gedruckt. Dieses Papier wird klimaneutral und ohne Zusatz von optischen Aufhellern und Chlorbleiche aus Altpapier hergestellt. Der Blaue Engel gilt als eines der weltweit strengsten Umweltzeichen.

### Einleitung

Immer größere Bedeutung im Bauwesen – und dies gilt selbstverständlich auch für den Straßen- und Wegebau – erlangen Aspekte wie Umweltschutz, Klimaschutz, Ressourcenverbrauch und Nachhaltigkeit. Mit anderen Worten: Die Umweltwirkungen von Baustoffen und Bauweisen, z. B. der damit einhergehende Energieverbrauch und das Thema „Carbon Footprint“, rücken mehr und mehr in den Fokus bei der Planung von Baumaßnahmen im öffentlichen und privaten Sektor.

In der Bundesrepublik Deutschland werden Tag für Tag Außenanlagen unterschiedlichster Nutzung neu geschaffen oder umgestaltet. Dabei gewinnen – als Folge der Klimaveränderung – ökologische Kenngrößen von Baustoffen mehr und mehr an Bedeutung. Die Bundesregierung hat bereits im Jahr 2002 eine nationale Nachhaltigkeitsstrategie beschlossen und mit konkret messbaren Zielen unterlegt. In der Folge wurde mit dem Leitfaden *Nachhaltiges Bauen* eine praktikable Handlungsanleitung betreffend der Büro- und Verwaltungsgebäude des Bundes zur Verfügung gestellt. Im Februar 2012 hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung den *Leitfaden Nachhaltig geplante Außenanlagen auf Bundesliegenschaften* herausgegeben. Darin werden Empfehlungen zu Planung, Bau und Bewirtschaftung gegeben, die auch für Bauvorhaben der Länder und Kommunen sowie für private Bauvorhaben Verwendung finden können.

Das Bauen stellt stets einen Eingriff in die Umwelt dar, der sowohl lokale, regionale als auch globale Auswirkungen haben kann. Daher sollte das Bauen – dem Nachhaltigkeitsgedanken folgend – möglichst eine Minimierung der negativen Umweltwirkungen und eine Stärkung ökologischer Effekte mit sich bringen. Somit werden Ökobilanzdaten von Baustoffen, Bausystemen oder Bauweisen zunehmend wichtiger und weiterhin an Bedeutung gewinnen. Der Betonverband SLG hat schon Anfang 2009 die erste Vergleichende Ökobilanz von Oberbaukonstruktionen am Beispiel einer Erschließungsstraße basierend auf der Studie [SLG 2009] herausgegeben. Es folgten im Verlauf der Jahre 2011 und 2012 Veröffentlichungen von Ökobilanzdaten zu Oberbaukonstruktionen ausgewählter typischer Anwendungsbereiche, wie z. B. einer Wohnsammelstraße oder einer Fußgängerzone auf der Basis der Studie [SLG 2011].

Die Überarbeitung der vorgenannten Studien, d. h. die Aktualisierung der bisher vom Betonverband SLG veröffentlichten Ökobilanzdaten wurde aufgrund von Regelwerkänderungen – sowohl im Bereich des Straßenbaus als auch im Bereich der Rechenregeln für Ökobilanzen – notwendig und liegt in Form der 132 Seiten umfassenden Studie *Vergleichende Ökobilanz: Oberbaukonstruktionen von Verkehrsflächen mit unterschiedlichen Deckschichten* [SLG Juli 2014] vor, aus welcher diese Kurzfassung erstellt wurde.

## Zusammenfassung des Critical Review Statement

### Zusammenfassung des Critical Review Statement

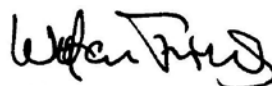
Die vorliegende Studie sowie der Bericht erfüllen die Anforderungen der ISO 14040. Die verglichenen Oberbaukonstruktionen entstammen der einschlägigen Referenzliteratur (RStO 2012 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen). Dadurch ist die prinzipielle Vergleichbarkeit der Lösungen für definierte Anwendungsbereiche gegeben.

Die Datengrundlage entstammt der aktuellen GaBi Datenbank, zur Modellierung, Charakterisierung und zur Abschätzung der Umweltwirkungen wird auf die Normen ISO 14040, 14044 und EN 15804 verwiesen, wobei eine begründete Auswahl aus den in den Normen aufgeführten Indikatoren getroffen wird.

Die Interpretation der Ergebnisse ist detailliert und zeigt auf, unter welchen Bedingungen welche Materialauswahl zu bevorzugen ist. Dabei werden die den Annahmen zu Grunde liegenden Bedingungen aufgegriffen. Ein Entscheidungsträger, der die Ergebnisse der Ökobilanz verwendet, sollte diese Annahmen und Szenarien auf ihre Übereinstimmung und Anwendbarkeit im konkreten Fall kritisch überprüfen, da diese alle verglichenen Lösungen betreffen und einen signifikanten Einfluss auf die dargestellten Ergebnisse haben können.

Die Kernanforderungen an die angewendete Methodik und die angewendeten Daten sind erfüllt. Der Bericht erfüllt die Anforderungen an Nachvollziehbarkeit und Transparenz.

Die Studie ist konform zu internationalen Normen durchgeführt und kann als wissenschaftlich und technisch korrekt angesehen werden.



Dr. Wolfram Trinius  
Ingenieurbüro Trinius GmbH  
Barmbeker Str. 9a  
22303 Hamburg  
trinius@trinius.de

Hamburg, den 23.07.2014

Quelle: [SLG Juli 2014]

Anmerkung: Das vollständige Critical Review Statement einschließlich u. a. der Fragestellungen und der Vorgehensweise kann der Studie [SLG Juli 2014] entnommen werden.

## 1. Einführung in die Ökobilanz

Die Ökobilanz (Life Cycle Assessment – LCA) ist ein Werkzeug zur Analyse und Charakterisierung der Umwelteinflüsse, die durch Produktion, Nutzung, Recycling und Entsorgung eines Produkts oder Produktsystems verursacht werden.

Das Ergebnis einer Ökobilanz resultiert nicht in einer einzelnen Ergebniszahl oder einer einzigen Aussage, sondern ermöglicht eine differenzierte Ergebnisdarstellung zu unterschiedlichen Umweltwirkungen. Die vorliegende Studie berücksichtigt und betont insbesondere die Umweltwirkung hinsichtlich des Einsatzes nicht erneuerbarer Primärenergie sowie des Treibhauspotentials. Die genannten Indikatoren lassen Aussagen im Hinblick auf den Klimawandel sowie auf die Energie- und Ressourceneffizienz zu, die von hohem politischem Interesse sind und zu den drängendsten Umweltfragen unserer heutigen Zeit gehören. Diese Indikatoren dienen daher häufig der Entscheidungsfindung und der Kommunikation.

Die Erstellung der Ökobilanz in der Studie [SLG Juli 2014] erfolgte nach den Anforderungen der EN ISO 14040 und der EN ISO 14044 [EN ISO 14040, EN ISO 14044]. Der Aufbau einer Ökobilanz umfasst danach vier Phasen. Im ersten Schritt werden das Ziel und der Untersuchungsrahmen definiert. Dabei kann der gesamte Lebenszyklus eines Produkts „von der Wiege bis zur Bahre“ (cradle to grave) betrachtet werden. Es ist auch möglich, den Umfang einzuschränken und nur Umweltwirkungen zu berechnen, die bis zur Fertigstellung eines Produkts oder Produktsystems entstehen (cradle to factory gate). Ebenso ist es möglich, Recyclingprozesse zusätzlich in die Kalkulation aufzunehmen. In der Studie [SLG Juli 2014] erfolgte die Betrachtung der Herstellung verschiedener Oberbaukonstruktionen für Verkehrsflächen einschließlich der Entsorgungsphase sowie deren mögliche Recyclingprozesse. Dabei wurde die Nutzung nicht betrachtet (siehe auch Abschnitt 4).

Entsprechend der gesteckten Rahmenbedingungen wurden die notwendigen Daten im betrachteten System erhoben (Sachbilanz). Die Daten stammen entweder aus Messungen, errechneten Daten, der Literatur oder aus Abschätzungen von Experten. Daraus können mit Hilfe von Charakterisierungsfaktoren die einzelnen Umweltwirkungen errechnet werden.

Abschließend wurden die Ergebnisse ausgewertet und interpretiert sowie Schlussfolgerungen gezogen und gegebenenfalls vorhandene Schwerpunkte ermittelt.

## 2. Allgemeines

Innerörtliche Verkehrsflächenbefestigungen, z. B. Straßen, Wege, Plätze, Aufenthaltsflächen und Abstellflächen, werden in Abhängigkeit der zu erwartenden Verkehrsbelastung in der Regel in einer Asphaltbauweise, einer Betonbauweise (Ortbeton) oder einer Elementbauweise erstellt. Bei Elementbauweisen wird nach Pflasterdecken und Plattenbelägen unterschieden. Das heißt, innerhalb der vorgegebenen Funktion einer Verkehrsfläche, z. B. Sammelstraße oder Stellplatz, und ihrer prognostizierten Verkehrsbelastung können die vorgenannten Bauweisen alternativ angewendet werden. Die unterschiedlichen Bauweisen erfordern den Einsatz unterschiedlicher Baustoffe und Bauverfahren. Für zahlreiche Anwendungsfälle, insbesondere im innerörtlichen Verkehrswegebau, können prinzipiell alle der vorgenannten Bauweisen ausgewählt werden.

Die Entscheidung für eine bestimmte Bauweise wird oftmals anhand der zu erwartenden Baukosten getroffen, aber auch regionale Belange und gestalterische Aspekte haben Einfluss. Was jedoch bei der Entscheidung für eine Bauweise für eine Verkehrsflächenbefestigung immer noch häufig unbeachtet bleibt, ist, dass eine solche funktionale Befestigung selbstverständlich auch – wie zum Beispiel ein Gebäude – eine Ökobilanz über ihren Lebenszyklus aufweist.

Die Studie [SLG Juli 2014] beschreibt die Ökobilanz für die Herstellung von Oberbaukonstruktionen von Verkehrsflächen mit unterschiedlichen Deckschichten und Szenarien für deren Nachnutzungsphase. Innerhalb der Studie wird der Lebenszyklus der Oberbaukonstruktionen untersucht, der folglich die Herstellungs-, Entsorgungs- und Recyclingphase umfasst (cradle to grave). Die Berechnung der Umweltwirkungen erfolgte für vier typische, nachfolgend aufgeführte Oberbaukonstruktionen, für welche die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12 [RSTO 2012] zugrunde gelegt wurden.

**Beispiel 1 Oberbau Bk3,2 für Verkehrsfläche mit überwiegend funktionalem Charakter, z. B. Sammelstraße**

**Beispiel 2 Oberbau Bk3,2 für Verkehrsfläche mit funktionalem und gestalterischem Charakter, z. B. Fußgängerzone mit Lieferverkehr**

**Beispiel 3 Oberbau Bk0,3 für Verkehrsfläche mit überwiegend gestalterischem Charakter, z. B. Repräsentative Verkehrsfläche**

**Beispiel 4 Oberbau für Gehweg**

### 3 Ziel und Umfang der Studie

Generell müssen die Aufbauten für die Verkehrsflächenbefestigungen so beschaffen sein, dass die nach den Technischen Regeln geforderten Qualitäten, z. B. hinsichtlich Frostsicherheit, Ebenheit, Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit innerhalb der Belastungsklassen nach den RStO 12 [RSTO 2012] erreicht werden. Für jede der genannten Oberbaukonstruktionen wurden daher typische und nach dem Technischen Regelwerk anwendbare Bauweisen vorgegeben. Diese können je nach Art der Verkehrsfläche eine Decke aus Asphalt, Betonpflaster, Natursteinpflaster oder Klinkerpflaster aufweisen.

Die Studie [SLG Juli 2014] wurde entsprechend den normativen Anforderungen für Ökobilanzen erstellt [EN ISO 14040, EN ISO 14044]. Sie berücksichtigt alle nach der EN 15804 [EN 15804] geforderten Umweltindikatoren. Die Durchführung erfolgte unter Anwendung der Ökobilanzsoftware GaBi 6 [GABI 6]. Die Studie wurde einem Verifizierungsverfahren – dem so genannten Critical Review – entsprechend [EN ISO 14040] [EN ISO 14044] unterzogen (siehe auch Seite 4).

#### 3. Ziel und Umfang der Studie

##### 3.1 Ziel

Die Studie [SLG Juli 2014] dient in erster Linie der Aktualisierung der *Vergleichenden Ökobilanz: Oberbaukonstruktionen mit unterschiedlichen Deckschichten* aus den Jahren 2009 und 2011 [SLG 2009, SLG 2011]. Innerhalb der Aktualisierung erfolgten die Adressierung aller nach EN 15804 geforderten Umweltindikatoren sowie die Berücksichtigung der darin beschriebenen

Rechenregeln [EN 15804]. Gleichzeitig wurde ein Datenbankupdate vorgenommen, so dass die Berechnung auf Basis der aktuellen Hintergrunddatensätze der GaBi Datenbanken 2013 erfolgte. Inhaltlich haben sich Änderungen in Bezug auf die Ende 2012 erschienene Neufassung der RStO [RSTO 2012] ergeben. Dies wirkte sich vor allem hinsichtlich der Begrifflichkeiten, aber auch hinsichtlich der Grenzen der Verkehrsbelastung und in geringfügigem Maße hinsichtlich der Schichtdicken aus. Die Bezeichnung der Varianten aus den Studien [SLG 2009, SLG 2011] wurde gemäß den neuen RStO [RSTO 2012] angepasst.

Die Studie [SLG Juli 2014] – wie auch diese Kurzfassung – sind zur Veröffentlichung vorgesehen. Sie können im Rahmen der Kommunikation, aber auch zur Anwendung und Auswertung der untersuchten Oberbaukonstruktionen und vergleichbarer Anwendungsbereiche eingesetzt werden.

Die vergleichende Ökobilanz von Oberbaukonstruktionen richtet sich an Planer, Bauherren und Entscheider im Straßen-, Garten- und Landschaftsbau. Sie ermöglicht im Rahmen der Herstellung einer Verkehrsfläche die Festlegung einer bestimmten Bauweise unter ökobilanziellen Gesichtspunkten. Hierbei können wahl- oder fallweise für die verschiedenen Umweltwirkungen (lokal, regional, global) sowie z. B. für den Ressourceneinsatz entsprechende Prioritäten festgelegt werden. Damit wird im Rahmen der Herstellung von Verkehrsflächenbefestigungen ein wertvoller Beitrag zur Minimierung von schädlichen Umweltwirkungen

Tabelle 3-1: Angabe der Systemgrenzen (X = in Ökobilanz enthalten, MND = Modul nicht deklariert)

Produktionsstadium			Stadium der Errichtung des Bauwerks		Nutzungsstadium							Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze
Rohstoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport zum Verwendungsort	Einbau	Nutzung/Anwendung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Erneuerung	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Rückbau/Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Beseitigung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- oder Recyclingpotential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X			X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	X	X	X	X	X

und/oder dem Energieverbrauch geleistet. Bei der Wahl für eine ökobilanziell vorteilhafte Bauweise brauchen keine Abstriche bei der Funktionalität, aber in der Regel auch nicht beim Nutzungskomfort, bei der Nutzungssicherheit und der Dauerhaftigkeit der betreffenden Verkehrsfläche in Kauf genommen zu werden.

### 3.2 Umfang

Die folgenden Lebenszyklusphasen wurden innerhalb der Studie [SLG Juli 2014] berücksichtigt:

- Produktionsstadium
- Errichtung des Bauwerks (Transporte und Einbau)
- Nachnutzungsstadium / Entsorgung
- Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze.

Die Systemgrenzen der Studie folgen dem modularen Ansatz der EN 15804. Die Tabelle 3-1 – entnommen aus [SLG Juli 2014] – zeigt die in dieser Studie berücksichtigten Module.

### 4. Deklarierte Einheit und weitere Annahmen

Als Referenzgröße wurde 1 m<sup>2</sup> Oberbaukonstruktion (O.K. Planum bis O.K. Decke/Belag) betrachtet.

Der Nutzungszeitraum wurde mit 30 Jahren angenommen.

Die Zuordnung der Belastungsklasse erfolgte bei den Beispielen 1 bis 3 über die jeweilige Funktion der Verkehrsfläche. Die Festlegung der Schichtdicken erfolgte anhand der erforderlichen Tragfähigkeitswerte. Dabei wurde über alle Bauweisen innerhalb der Beispiele 1 bis 3 die Dicke der Tragschicht aus Tafel 1 bzw. Tafel 3 der RStO und die Dicke der Frostschuttschicht aus Tabelle 8 der RStO entnommen. Diese Vorgehensweise sorgt für die geringstmögliche Dicke der Frostschuttschicht innerhalb der einzelnen Bauweisen und somit für eine wirtschaftliche Dimensionierung der Oberbaudicke. Es wurden Bauweisen mit Trag- und Frostschuttschichten aus gebrochenen Gesteinskörnungen gewählt, da diese eine gute Eignung mitbringen, flächendeckend zur Verfügung stehen und somit überwiegend Verwendung im Straßenbau finden. Für das Beispiel 4 „Gehweg“ wurde für alle Bauweisen die Zeile 2 der Tafel 6 der RStO 12 zugrunde gelegt.

In den RStO wird wegen der gebotenen Baustoffneutralität nicht zwischen Pflastersteinen bzw. Platten aus Beton, Naturstein oder Klinker unterschieden. Gleichwohl müssen beim Bau von Pflasterbefestigungen oder von solchen mit einem Plattenbelag baustoffrelevante Unterschiede berücksichtigt werden, die sich durch Vorgaben anderer Regelwerke, z. B. den ZTV Pflaster-StB [ZTV Pflaster 2006], ergeben. Als Beispiel sei hier das nachträgliche Aufräuen der Seitenflächen und der Unterseite von gesägtem Naturstein – zur Erzielung einer ausreichenden Rauheit – erwähnt.

Die Arbeiten zur Vorbereitung des Einbaus des Oberbaus, d. h. die Vorbereitung des Untergrundes, wurden nicht berücksichtigt.

Ein nutzungsbedingter Verschleiß, z. B. aus dem Kfz-Verkehr, und andere nutzungsbedingten Veränderungen der Verkehrsflächenbefestigung sowie Maßnahmen der baulichen Straßenerhaltung wurden nicht berücksichtigt.

Für das End of Life-Szenario wurde kein vollständiger Rückbau der Oberbaukonstruktionen zu Grunde gelegt. Die ungebundenen Tragschichten (Frostschuttschicht und Schottertragschicht) wurden als nicht rückgebaut betrachtet.

Der Vergleich der Ökobilanzen erfolgte jeweils innerhalb der im Abschnitt 5 beschriebenen Varianten bzw. definierten Beispiele, d. h. innerhalb vergleichbarer Bauweisen bzw. Nutzungsansprüche.

In den Beispielen 2, 3 und 4 wird für die Natursteinvariante u. a. der so genannte „Herkunftsmix“ angewendet. Dieser geht von folgender Zusammensetzung aus:

- 40% regionaler Bezug (Deutschland) Transportentfernung im Mittel 350 km,
- 30% europäischer Bezug (z. B. Italien), Transportentfernung im Mittel 1.000 km,
- 30% Bezug aus Übersee (z. B. China), Transportentfernung ca. 20.000 km.

## 5 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen und Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz

### 5. Beschreibung der Oberbaukonstruktionen und Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz

#### 5.1 Allgemeines

In den nachfolgenden Abschnitten betreffend der Ergebnisse und deren Interpretation werden lediglich die Ergebnisse der im Allgemeinen als besonders wichtig einzustufenden Umweltwirkungen „Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarfs“ (PENRT) und „Treibhauspotenzial“ (GWP) grafisch dargestellt. Eine kurze Erläuterung bzw. Interpretation erfolgt zu den Ergebnissen der beiden genannten Umweltwirkungen sowie zu denen anderer wichtiger Umweltwirkungen, namentlich dem Versauerungspotenzial (AP), dem Eutrophierungspotenzial (EP) und dem Sommersmogpotenzial (POCP). Die Ökobilanzdaten zu den hier nicht dargestellten Umweltwirkungen können der Studie [SLG Juli 2014] im Einzelnen entnommen werden.

Bei den grafischen Darstellungen des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs (PENRT) und des Treibhauspotenzials (GWP) werden – zur besseren Les-

barkeit – die Einzelwerte der Module A1 bis A3 sowie der Module C1 bis C4 zu jeweils einem Gesamtwert zusammengefasst. Des Weiteren sind jeweils die Ergebnisse der Module A4, A5 und D grafisch dargestellt. Zwar können im Einzelfall Einzelergebnisse der Module A1 bis A3, z. B. für eine Asphalt- oder Schottertragschicht oder für ein Bettungsmaterial, von Interesse sein, jedoch steht in der vorliegenden Kurzfassung die Betrachtung der gesamten Oberbaukonstruktion für eine Verkehrsfläche für einen bestimmten Einsatzzweck im Vordergrund. Einzelergebnisse zu den Modulen A1 bis A3 und C1 bis C4 – auch zu den Umweltwirkungen, die hier nicht grafisch dargestellt werden – können der Studie [SLG Juli 2014] entnommen werden.

Nachfolgend wird für den Begriff „Oberbaukonstruktion“ alternativ auch der Begriff „Bauweise“ verwendet. Beides meint aber im Rahmen dieser Kurzfassung das gleiche.



**5.2 Beispiel 1 – Oberbau Bk3,2 für Verkehrsfläche mit überwiegend funktionalem Charakter, z. B. Sammelstraße**

**5.2.1 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen**

Es wurden drei Oberbaukonstruktionen (Bauweisen) mit unterschiedlichen Deckenvarianten ausgewertet, die typisch für eine Verkehrsfläche mit überwiegend funktionalem Charakter innerhalb der Belastungsklasse Bk3,2 sind und nach den RStO 12 [RSTO 2012] alternativ eingesetzt werden können. Die Bauweisen variieren in der Dicke des Gesamtaufbaus bedingt durch die Art der Bauweise bzw. durch die Dicke der Pflastersteine. Weitere Einzelheiten sind der Abbildung 5-1 und der Tabelle 5-1 zu entnehmen.

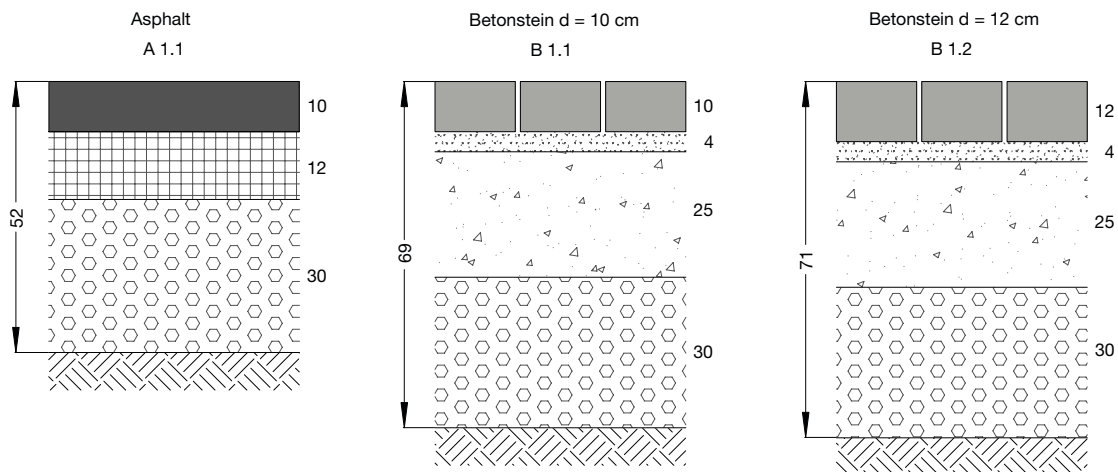


Abbildung 5-1: Oberbaukonstruktionen innerhalb des Beispiels 1 – Schichtenaufbau

Tabelle 5-1: Bezeichnung und Beschreibung der Oberbaukonstruktionen zu Beispiel 1

Bezeichnung	Deckschicht	Schichten unterhalb der Deckschicht
A 1.1	Asphaltdecke d = 10 cm, aus Binderschicht d = 3,5 cm und Deckschicht d = 6,5 cm	Asphalttragschicht d = 12 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
B 1.1	Pflasterdecke aus Beton-Verbundpflastersteinen (z. B. Doppel-T oder Uni), grau mit Vorsatz, d = 10 cm, Bettung und Fugenfüllung, Fugenanteil ca. 4 %	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
B 1.2	Pflasterdecke aus Beton-Verbundpflastersteinen (z. B. Doppel-T oder Uni), grau mit Vorsatz, d = 12 cm, Bettung und Fugenfüllung, Fugenanteil ca. 4 %	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm

## 5 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen und Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz

### 5.2.2 Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz *Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf*

Die Abbildung 5-2 zeigt die Ergebnisse hinsichtlich des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs (PENRT). Für die Asphaltbauweise ist der Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie annähernd 3 Mal so hoch wie für die Betonsteinbauweise. Dies wird durch die Module des Produktionsstadiums (A1 bis A3) dominiert und liegt darin begründet, dass im Bitumen des Asphalts Energie in stofflicher Form gespeichert ist, die so genannte Feedstock Energie. Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf bei den Betonsteinbauweisen wird ebenfalls durch die Module Produktionsstadiums (A1 bis A3), und hier insbesondere durch den Zementein-satz, dominiert. Der Unterschied zwischen den beiden Bauweisen ist analog zu den Steindicken.

### *Treibhauspotenzial*

Die Abbildung 5-3 zeigt die Ergebnisse hinsichtlich des Treibhauspotenzials (GWP). Die Asphaltbauweise weist geringere Werte auf als die Betonsteinbauweisen,

was im Wesentlichen auf die Ergebnisse der Module des Produktionsstadiums (A1 bis A3) zurückzuführen ist. Die 25 cm dicke Schottertragschicht bei den Betonsteinbauweisen hat einen vergleichsweise großen Einfluss auf das Gesamtergebnis.

### *Andere Umweltwirkungen (nicht in Abbildungen dargestellt)*

Eine Ausnahme beim Vergleich der Bauweisen bildet das **Sommersmogpotenzial** (POCP) der Asphaltbauweise infolge der VOC-Emissionen bei Straßenbelagsarbeiten, wodurch das Modul Einbau (A5) bei dieser Bauweise dominiert wird und das Gesamtergebnis ungünstig beeinflusst. Im POCP zeigt sich somit für die Betonsteinbauweise ein deutlicher Vorteil gegenüber der Asphaltbauweise. Die Ergebnisse in der Umweltwirkung **Versauerungspotenzial** (AP) sind für die drei untersuchten Bauweisen nahezu identisch. Bei Betrachtung des **Eutrophierungspotenzial** (EP) ergeben sich tendenziell Vorteile für die Asphaltbauweise.

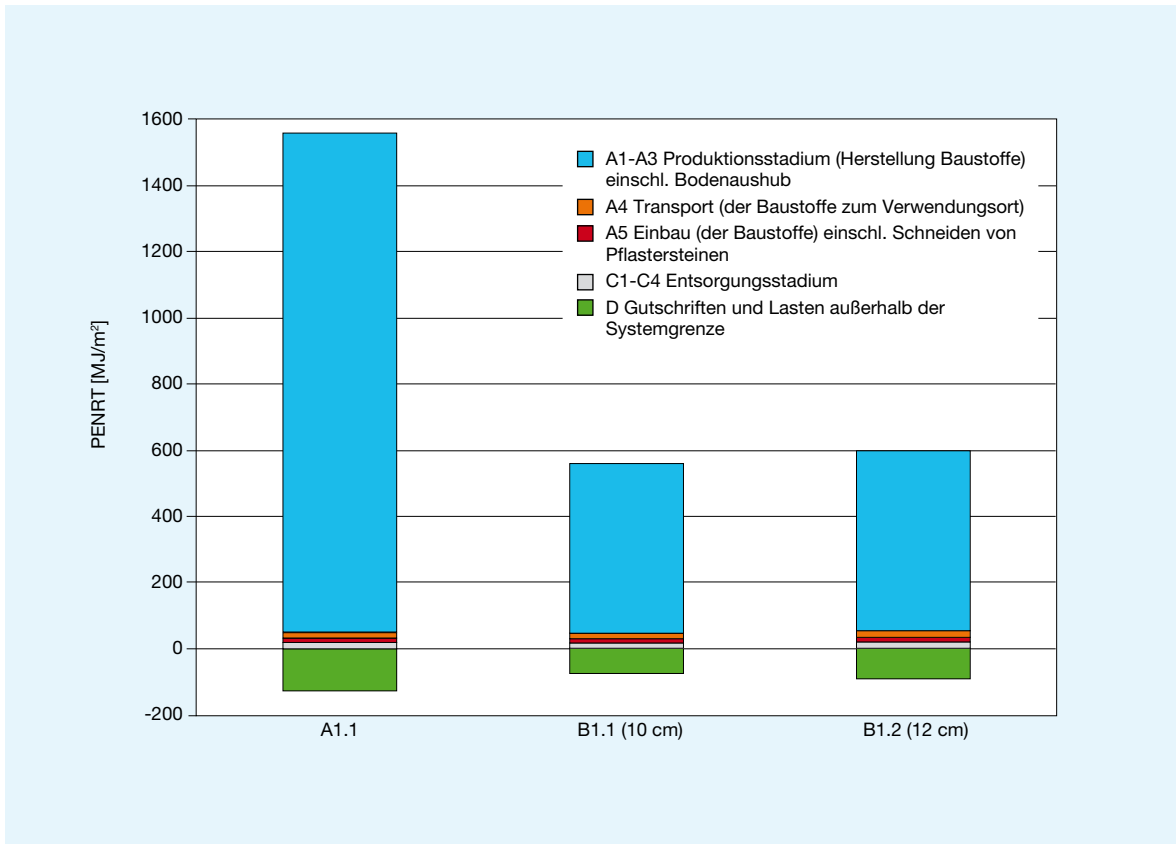


Abbildung 5-2: Ökobilanzergebnisse Beispiel 1, hier: nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf PENRT in MJ/m²

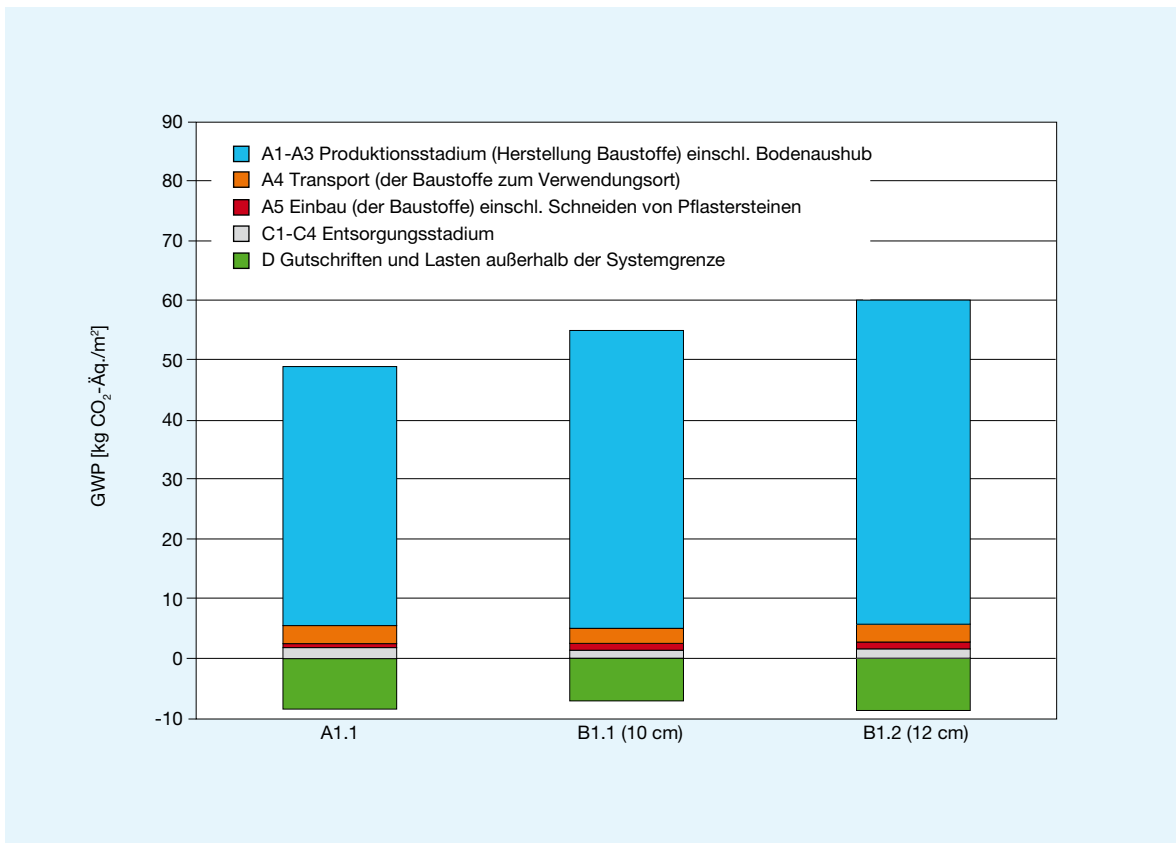


Abbildung 5-3: Ökobilanzergebnisse Beispiel 1, hier: Treibhauspotenzial GWP in kg CO₂-Äq./m²

## 5 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen und Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz

### 5.3 Beispiel 2 – Oberbau Bk3,2 für Verkehrsfläche mit funktionalem und gestalterischem Charakter, z. B. Fußgängerzone mit Lieferverkehr

#### 5.3.1 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen

Es wurden drei Oberbaukonstruktionen (Bauweisen) mit insgesamt zehn unterschiedlichen Deckenvarianten ausgewertet, die als Hochwertoberflächen bezeichnet werden können und somit typisch für eine Verkehrsfläche mit funktionalem und gestalterischem Charakter innerhalb der Belastungsklasse Bk3,2 sind (hier: Fußgängerzone mit Lieferverkehr) und nach den RStO 12 [RSTO 2012] alternativ eingesetzt werden können. Die Bauweisen variieren geringfügig hinsichtlich ihrer Dicke bedingt durch die Dicke der Platten bzw. Pflastersteine. Die Bettungsdicke ist bei allen Varianten mit 4 cm angenommen. Die Formate der

Platten und Pflastersteine sowie deren Farben bzw. Oberflächenbehandlungen wurden nach marktüblichen Gesichtspunkten ausgewählt. Bei den Natursteinplatten wurde die seit Jahren hohe Importrelevanz für diese Produkte berücksichtigt, indem die Varianten „China-Import“, „Portugal-Import“ und „Herkunftsmix“ beispielhaft gewählt wurden (zu „Herkunftsmix“ siehe auch Abschnitt 4). Bei der Bauweise mit Betonplatten und bei der mit gesägten Natursteinplatten beträgt der Fugenanteil jeweils 4,1 %. Bei der Klinkerbauweise beträgt der Fugenanteil 6,3 %.

Weitere Einzelheiten zu den untersuchten Oberbaukonstruktionen sind der Abbildung 5-4 und der Tabelle 5-2 zu entnehmen.

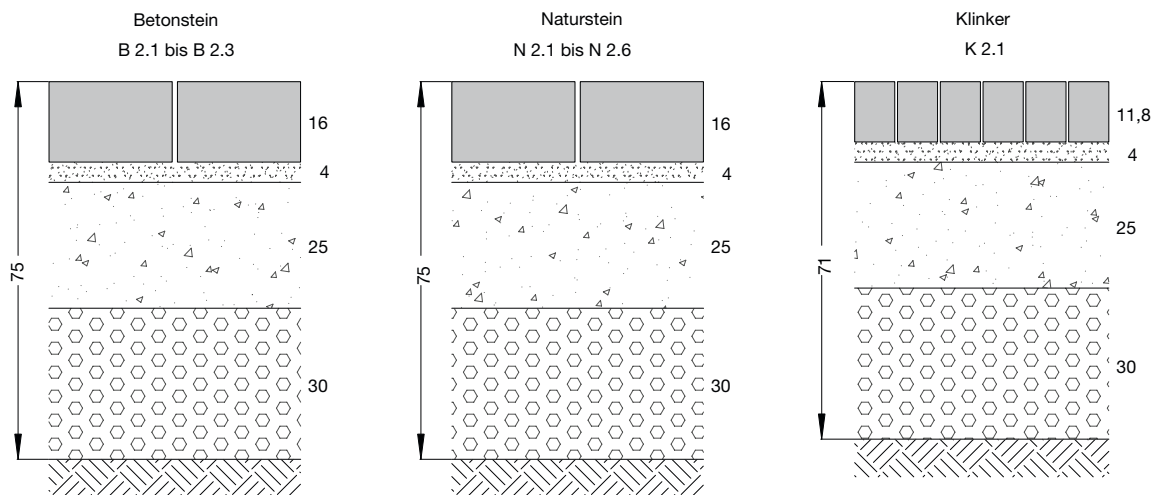


Abbildung 5-4: Oberbaukonstruktionen innerhalb des Beispiels 2 – Schichtenaufbau

Tabelle 5-2 Bezeichnung und Beschreibung der Oberbaukonstruktionen zu Beispiel 2

Bezeichnung	Deckschicht (zu allen Deckschichten gehören jeweils die Bettung sowie die Fugenfüllung)	Schichten unterhalb der Deckschicht
B 2.1	Betonplatten 60/40/16, gelb, ocker oder sandsteinfarben. Vorsatz unter Verwendung von Granitkörnung, Weißzement und Pigment. Oberfläche kugel-feingestrahlt	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
B 2.2	Betonplatten 60/40/16, gelb, ocker oder sandsteinfarben. Vorsatz unter Verwendung von Granitkörnung, Weißzement und Pigment. Oberfläche wasser-feingestrahlt	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
B 2.3	Betonplatten 60/40/16, gelb, ocker oder sandsteinfarben. Vorsatz unter Verwendung von Granitkörnung, Weißzement und Pigment. Oberfläche geschliffen	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
N 2.1	Natursteinplatten 60/40/16 gesägt, Gelber Granit (China). Seitenflächen und Unterseite aufgeraut (gestrahlt). Oberfläche kugel-feingestrahlt	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
N 2.2	Natursteinplatten 60/40/16 gesägt, Gelber Granit (China). Seitenflächen und Unterseite aufgeraut (gestrahlt). Oberfläche geschliffen	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
N 2.3	Natursteinplatten 60/40/16 gesägt, Gelber Granit (Portugal). Seitenflächen und Unterseite aufgeraut (gestrahlt). Oberfläche kugel-feingestrahlt	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
N 2.4	Natursteinplatten 60/40/16 gesägt, Gelber Granit (Portugal). Seitenflächen und Unterseite aufgeraut (gestrahlt): Oberfläche geschliffen	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
N 2.5	Natursteinplatten 60/40/16 gesägt, Gelber Granit („Herkunfts-Mix“). Seitenflächen und Unterseite aufgeraut (gestrahlt). Oberfläche kugel-feingestrahlt	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
N 2.6	Natursteinplatten 60/40/16 gesägt, Gelber Granit („Herkunfts-Mix“). Seitenflächen und Unterseite aufgeraut (gestrahlt). Oberfläche geschliffen	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
K 2.1	Klinkerpflastersteine 240/118/80, gelb oder terrakottafarben, hochkant verlegt	Schottertragschicht d = 25 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm

## 5 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen und Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz

### 5.3.2 Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz *Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf*

Die Abbildung 5-5 zeigt die Ergebnisse hinsichtlich des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs (PENRT). Die Bauweisen mit Betonplatten weisen insgesamt die geringsten Werte für den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf auf. Dies ist im Vergleich zur Klinkerbauweise im Wesentlichen auf die Module des Produktionsstadiums (A1 bis A3) und im Vergleich zu den Bauweisen mit Naturstein auf das Modul Transport (A4) zurückzuführen. Die Bauweise mit Natursteinplatten „China-Import“ weist den höchsten Wert für den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf auf, was durch das Modul Transport (A4) entscheidend beeinflusst wird.

Der Abbildung 5-5 kann auch entnommen werden, dass die Oberflächenbehandlung „Schleifen“ energieintensiver ist, als das „Wasserfeinstrahlen“ oder das „Kugelfeinstrahlen“. Die Oberflächenbehandlung hat dennoch einen nur vergleichsweise geringen Einfluss auf das Gesamtergebnis. Dies gilt für die Bearbeitung von Betonstein und Naturstein gleichermaßen. Zudem sind die Umweltprofile der jeweiligen länderspezifischen Strom-Mixe von größerer Bedeutung als die Art der Oberflächenbehandlung selbst. So ist z. B. das Kugelfeinstrahlen unter Annahme eines chinesischen Stroms „umweltschädlicher“ als das Schleifen unter der Annahme eines portugiesischen Stroms, weil die jeweiligen Vorketten in der länderspezifischen Stromgewinnung darauf einen Einfluss haben.

Der Einfluss der Verwendung des Farbpigments zur Einfärbung der Betonplatten (in diesem Beispiel die Farbe Gelb) auf das Gesamtergebnis ist nur gering.

### *Treibhauspotenzial*

Die Abbildung 5-6 zeigt die Ergebnisse hinsichtlich des Treibhauspotenzials (GWP). Bei dieser Umweltwirkung erreichen acht von zehn Oberbaukonstruktionen ähnliche Werte – mit leichten Vorteilen für die Bauweisen mit Betonplatten. Den Ausnahmefall im negativen Sinne stellt auch hier die Bauweise mit Natursteinplatten „China-Import“ dar; das GWP ist etwa doppelt so hoch ist wie dies der anderen Bauweisen.

Der Einfluss der Verwendung des Farbpigments zur Einfärbung der Betonplatten (in diesem Beispiel die Farbe Gelb) auf das Gesamtergebnis ist nur gering.

### *Andere Umweltwirkungen (nicht in Abbildungen dargestellt)*

Die Ergebnisse zum **Sommersmogpotenzial** (POCP), zum **Versauerungspotenzial** (AP) und zum **Eutrophierungspotenzial** (EP) werden im Wesentlichen durch das Modul Transport (A4) bestimmt. Am ungünstigsten sind die Werte für die Natursteinbauweisen „China-Import“ und „Herkunftsmix“. Die anderen Bauweisen zeigen deutlich geringere und dabei untereinander etwa gleichgroße Ergebnisse.

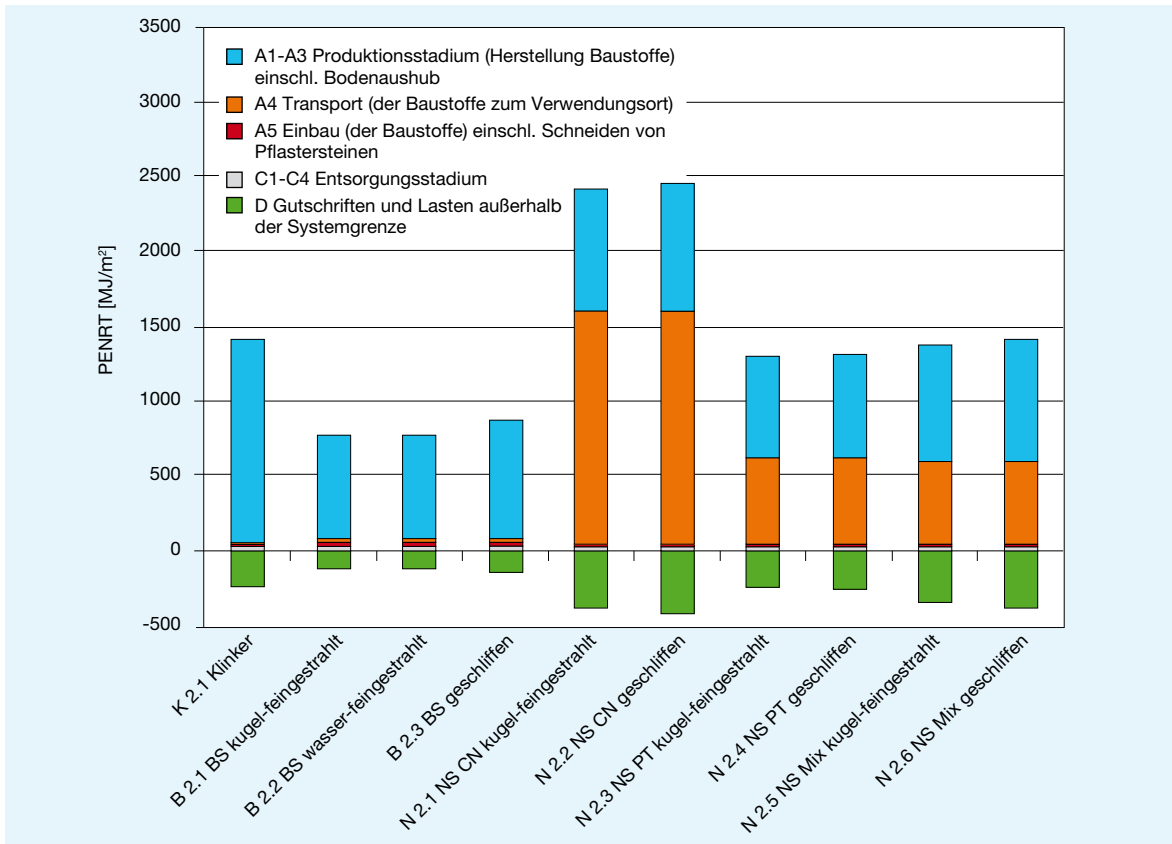


Abbildung 5-5: Ökobilanzergebnisse Beispiel 2, hier: nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf PENRT in MJ/m²

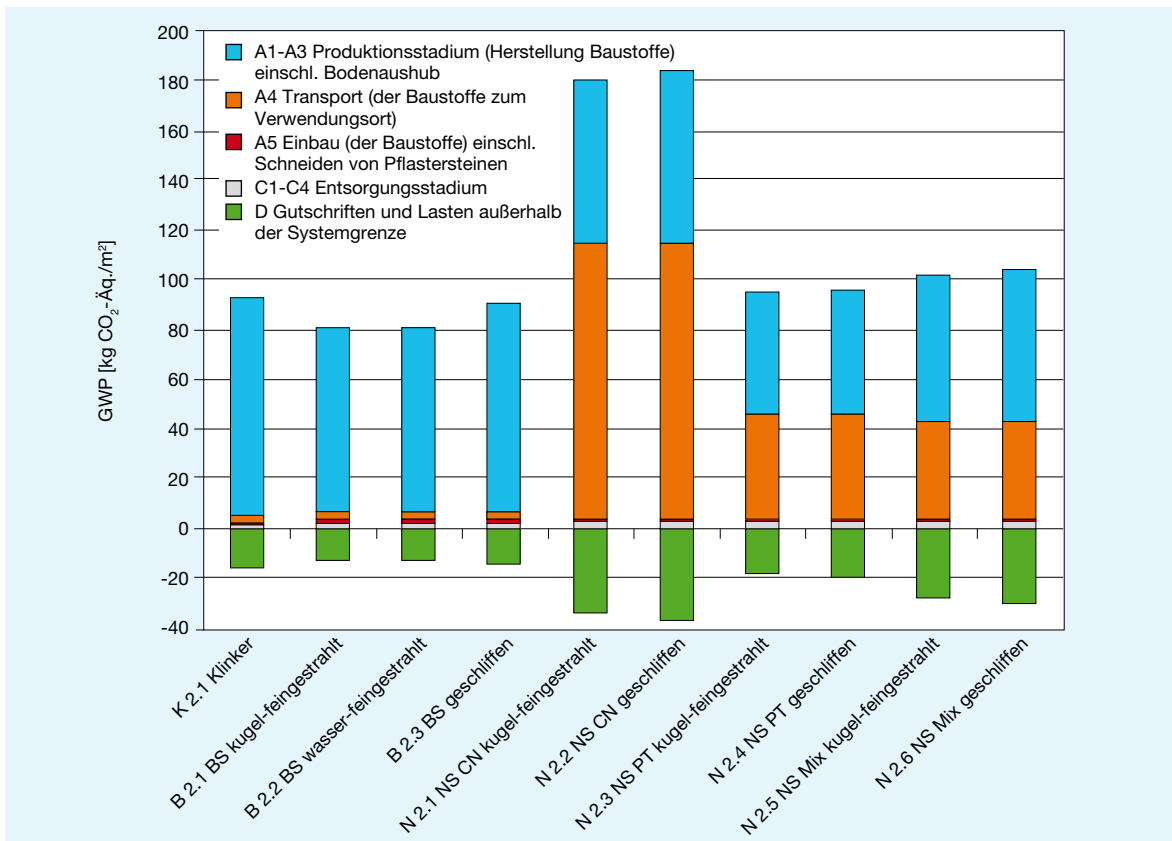


Abbildung 5-6: Ökobilanzergebnisse Beispiel 2, hier: Treibhauspotenzial GWP in kg CO<sub>2</sub>-Äq./m²

## 5 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen und Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz

### 5.4 Beispiel 3 – Oberbau Bk0,3 für Verkehrsfläche mit überwiegend gestalterischem Charakter, z. B. Repräsentative Verkehrsfläche

#### 5.4.1 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen

Es wurden vier Oberbaukonstruktionen (Bauweisen) mit insgesamt sieben unterschiedlichen Deckenvarianten ausgewertet, die als Hochwertoberflächen bezeichnet werden können und somit typisch für eine repräsentative Verkehrsfläche innerhalb der Belastungsklasse Bk0,3 sind und nach den RStO 12 [RSTO 2012] alternativ eingesetzt werden können. Die Pflasterbauweisen in diesem Beispiel haben einen Gesamtaufbau von 47 cm Dicke. Die Decke besteht jeweils aus 8 cm dicken Pflastersteinen, der Fugenfüllung und einer Bettung von 4 cm Dicke. Bei der Asphaltbauweise weist der Gesamtaufbau eine Dicke von 40 cm auf. Die rot eingefärbte Asphaltdeckschicht ist 4 cm dick.

Die Formate der Pflastersteine sowie deren Farben bzw. Oberflächenbehandlungen wurden nach marktüblichen Gesichtspunkten ausgewählt. Bei den Natursteinprodukten wurde die seit Jahren hohe Importrelevanz für diese Produkte berücksichtigt, indem die Varianten „Indien-Import“, „Polen-Import“ und „Herkunftsmix“ beispielhaft gewählt wurden (zu „Herkunftsmix“ siehe auch Abschnitt 4). Bei der Bauweise mit Betonsteinen und bei der mit gesägtem Naturstein beträgt der Fugenanteil jeweils 2,6 %. Bei der Klinkerbauweise beträgt der Fugenanteil 4,9 %.

Weitere Einzelheiten zu den untersuchten Oberbaukonstruktionen sind der Abbildung 5-7 und der Tabelle 5-3 zu entnehmen.

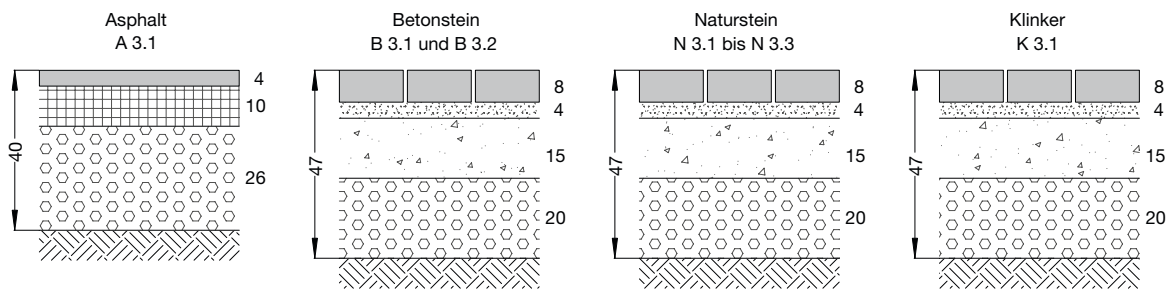


Abbildung 5-7: Oberbaukonstruktionen zu Beispiel 3 – Schichtenaufbau



Tabelle 5-3 Bezeichnung und Beschreibung der Oberbaukonstruktionen zu Beispiel 3

Bezeichnung	Deckschicht (zu den Deckschichten mit der Bezeichnung B, N und K gehören jeweils die Bettung sowie die Fugenfüllung)	Schichten unterhalb der Deckschicht
A 3.1	Asphaltdeckschicht, d = 4 cm, rot eingefärbt (transparentes Bindemittel) und abgestreut mit Körnung Granit rot (z. B. 2/5)	Asphalttragschicht d = 10 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 30 cm
B 3.1	Betonpflastersteine 30/30/8, rot. Vorsatz unter Verwendung von Granitkörnung, Weißzement und Pigment. Oberfläche geschliffen	Schottertragschicht d = 15 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 20 cm
B 3.2	Betonpflastersteine 30/30/8, gekollert, durchgefärbt rot-nuanciert (1-Schicht-Stein). Verwendung von gebrochenen Gesteinskörnungen, Grauzement und Pigmenten	Schottertragschicht d = 15 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 20 cm
N 3.1	Pflastersteine aus Naturstein 30/30/8 gesägt. Roter Granit (Indien) Seitenflächen und Unterseite aufgeraut (gestrahlt). Oberfläche geschliffen	Schottertragschicht d = 15 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 20 cm
N 3.2	Pflastersteine aus Naturstein 30/30/8 gesägt. Roter Granit (Polen) Seitenflächen und Unterseite aufgeraut (gestrahlt). Oberfläche geschliffen	Schottertragschicht d = 15 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 20 cm
N 3.3	Pflastersteine aus Naturstein 30/30/8 gesägt. Roter Granit („Herkunfts-Mix“) Seitenflächen und Unterseite aufgeraut (gestrahlt). Oberfläche geschliffen	Schottertragschicht d = 15 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 20 cm
K 3.1	Klinkerpflastersteine 240/118/80, rot, flach verlegt	Schottertragschicht d = 15 cm Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 20 cm

## 5 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen und Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz

### 5.4.2 Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf

Die Abbildung 5-8 zeigt die Ergebnisse hinsichtlich des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs (PENRT). Die Bauweisen mit Betonplatten weisen insgesamt die geringsten Werte für den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf auf. Dies ist im Vergleich zu den anderen Bauweisen auf die Module des Produktionsstadiums (A1 bis A3) zurückzuführen und im Vergleich zu den Bauweisen mit Naturstein zusätzlich auf das Modul Transport (A4). Die Bauweise mit Natursteinplatten „Indien-Import“ weist den höchsten Wert für den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf auf, was durch das Modul Transport (A4) entscheidend beeinflusst wird. Bei den Bauweisen mit Naturstein wird der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf innerhalb der Module des Produktionsstadiums (A1 bis A3) maßgeblich durch das allseitige Sägen der Pflastersteine und der anschließenden Oberflächenbehandlung ungünstig beeinflusst.

Der Abbildung 5-8 kann auch entnommen werden, dass die Oberflächenbehandlung „Schleifen“ bei der Betonsteinbauweise energieintensiver ist, als das „Kollern“. Die Oberflächenbehandlung hat dennoch einen nur vergleichsweise geringen Einfluss auf das Gesamtergebnis.

Der Einfluss der Verwendung des Farbpigments zur Einfärbung der Betonsteine (in diesem Beispiel die Farbe Rot) auf das Gesamtergebnis ist nur gering.

### Treibhauspotenzial

Die Abbildung 5-9 zeigt die Ergebnisse hinsichtlich des Treibhauspotenzials (GWP). Alle Bauweisen mit Ausnahme der Natursteinvariante „Indien-Import“ weisen etwa gleichgroße Werte auf. Der vergleichsweise hohe Wert der Natursteinvariante „Indien-Import“ ist maßgeblich auf das Modul Transport (A4) zurückzuführen.

### Andere Umweltwirkungen (nicht in Abbildungen dargestellt)

Beim **Sommersmogpotenzial** (POCP) zeigt sich für die beiden Betonsteinbauweisen ein deutlicher Vorteil gegenüber anderen Bauweisen. Bei der Asphaltbauweise ist eine Dominanz im Modul Einbau (A5) infolge der VOC-Emissionen bei Straßenbelagsarbeiten und bei der Natursteinbauweise unter der Annahme des „Herkunftsmix“ eine Dominanz im Modul Transport (A4) gegeben, wodurch die beiden Bauweisen am ungünstigsten abschneiden. Die Ergebnisse für das **Versauerungspotenzial** (AP) und für das **Eutrophierungspotenzial** (EP) sind bei den Bauweisen mit Asphalt, Klinker bzw. Betonstein jeweils in etwa gleich. Die Natursteinbauweisen zeigen jeweils höhere Werte, die maßgeblich von dem Modul Transport (A4) bestimmt werden. Die ungünstigsten Werte weisen jeweils die Natursteinbauweisen „Indien-Import“ und „Herkunftsmix“ auf.

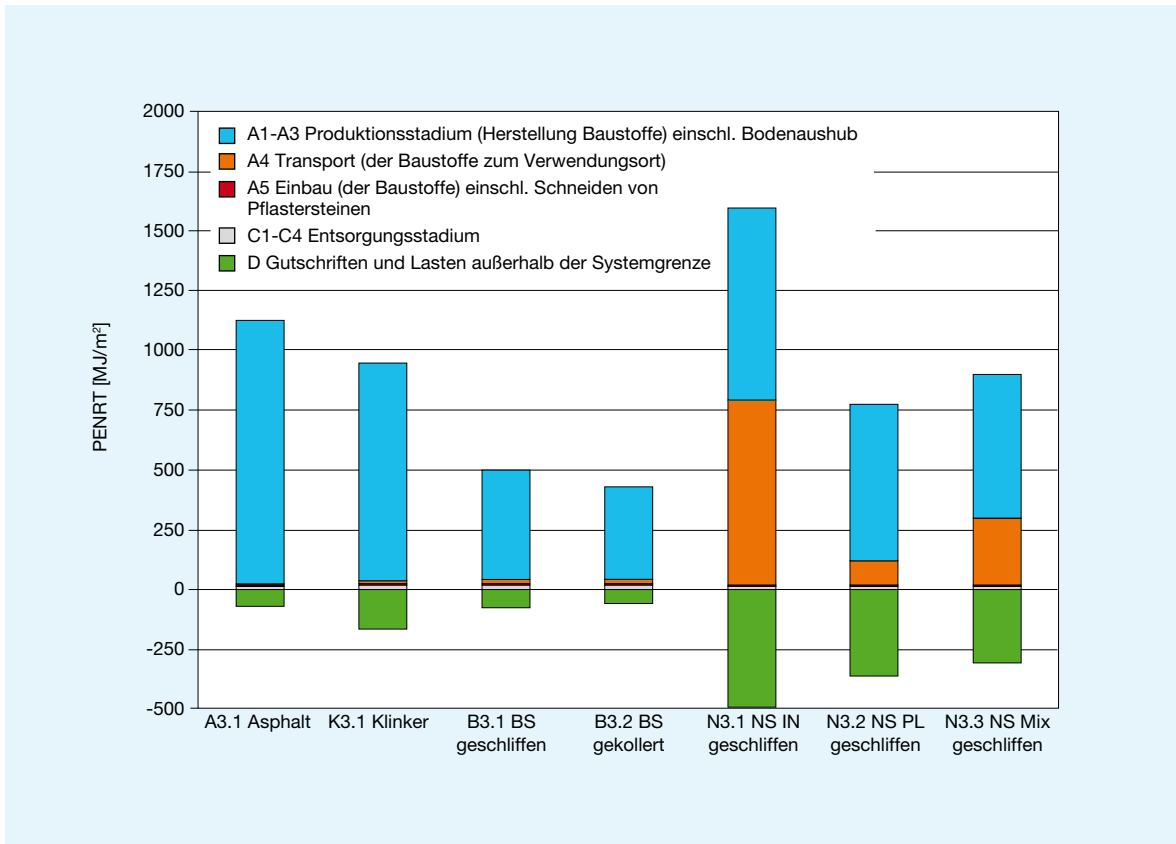


Abbildung 5-8: Ökobilanzergebnisse Beispiel 3, hier: nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf PENRT in MJ/m²

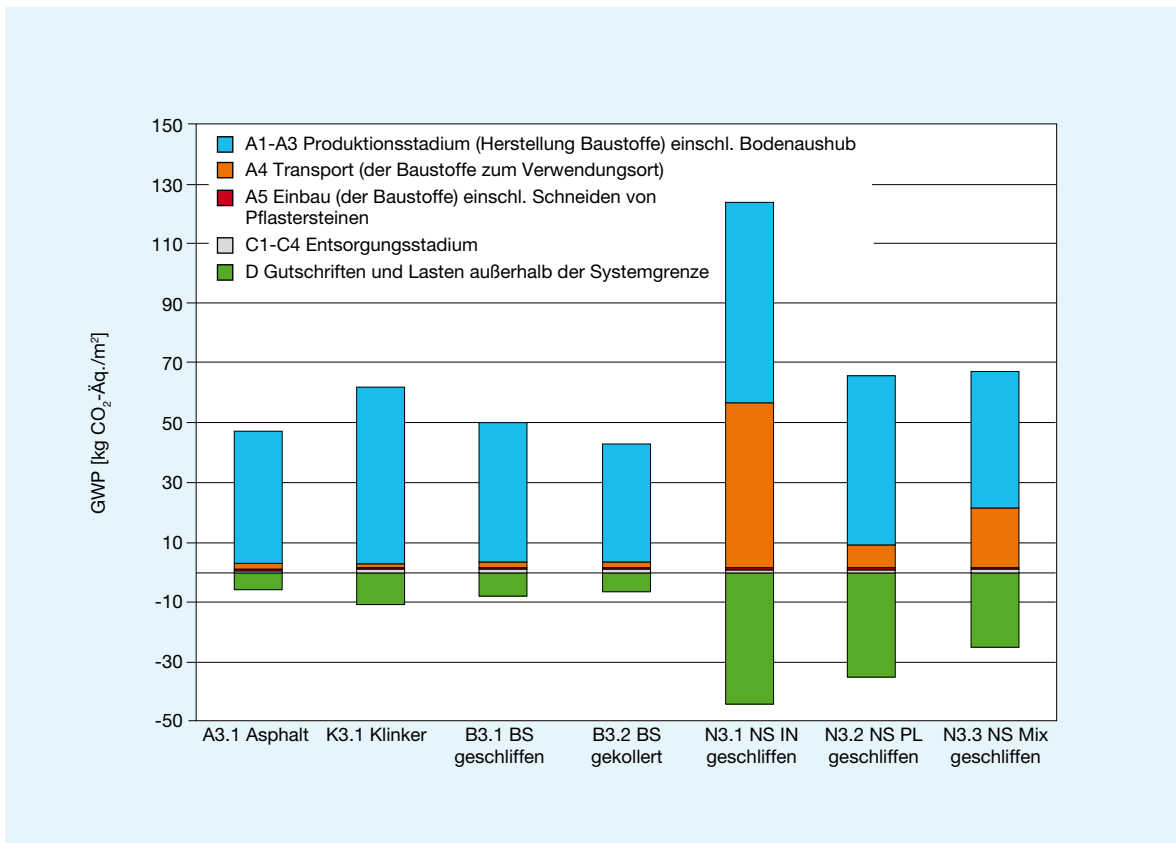


Abbildung 5-9: Ökobilanzergebnisse Beispiel 3, hier: Treibhauspotenzial GWP in kg CO₂-Äq./m²

## 5 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen und Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz

### 5.5 Beispiel 4 – Oberbau für Gehweg

#### 5.5.1 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen

Es wurden vier Oberbaukonstruktionen (Bauweisen) für einen Gehweg mit insgesamt sechs unterschiedlichen Deckenvarianten ausgewertet, die typisch für eine Gehwegbefestigung sind und nach den RStO 12 [RSTO 2012] alternativ eingesetzt werden können. Die Bauweisen in diesem Beispiel haben einen Gesamtaufbau mit einer Dicke von jeweils 30 cm. Bei der Asphaltvariante ist die Asphalttragdeckschicht 10 cm dick. Bei den Pflastervarianten besteht die Decke jeweils aus den Pflastersteinen, der Fugenfüllung und einer Bettung von 4 cm Dicke.

Die Formate der Pflastersteine sowie deren Farbe wurden nach marktüblichen Gesichtspunkten ausgewählt. Bei den Natursteinprodukten wurde die seit Jahren hohe Importrelevanz für diese Produkte berücksichtigt, indem die Varianten „Polen-Import“, „Portugal-Import“ und „Herkunftsmix“ beispielhaft gewählt wurden (zu „Herkunftsmix“ siehe auch Abschnitt 4). Der Fugenteil bei den Pflastervarianten ist – bedingt durch die gewählten Formate und Verlegerichtlinien – unterschiedlich (siehe Tabelle 5-4).

Weitere Einzelheiten zu den untersuchten Oberbaukonstruktionen sind der Abbildung 5-10 und der Tabelle 5-4 zu entnehmen.

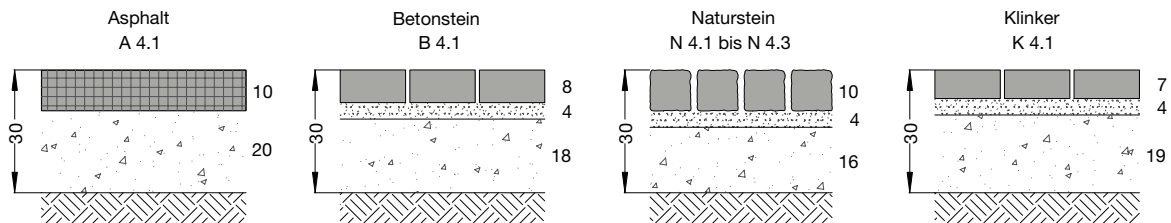


Abbildung 5-10: Oberbaukonstruktionen zu Beispiel 4 – Schichtenaufbau

Tabelle 5-4 Bezeichnung und Beschreibung der Oberbaukonstruktionen zu Beispiel 4

Bezeichnung	Deckschicht (zu den Deckschichten mit der Bezeichnung B, N und K gehören jeweils die Bettung sowie die Fugenfüllung)	Schichten unterhalb der Deckschicht
A 4.1	Asphalt-Tragdeckschicht, d = 10 cm	Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 20 cm
B 4.1	Betonpflastersteine 10/20/8, grau, mit Vorsatz. Oberfläche unbehandelt. Fugenanteil 5,9 %	Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 18 cm
N 4.1	Naturstein-Kleinpflaster 10/10/10, gespalten. Grauer Granit (Polen). Fugenanteil 15,4 %	Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 16 cm
N 4.2	Naturstein-Kleinpflaster 10/10/10, gespalten. Grauer Granit (Portugal). Fugenanteil 15,4 %	Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 16 cm
N 4.3	Naturstein-Kleinpflaster 10/10/10, gespalten. Grauer Granit („Herkunfts-Mix“). Fugenanteil 15,4 %	Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 16 cm
K 4.1	Klinkerpflastersteine 240/118/71, gelb, flach verlegt. Fugenanteil 4,9 %	Frostschuttschicht aus überwiegend gebrochenem Material d = 19 cm

## 5 Beschreibung der Oberbaukonstruktionen und Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz

### 5.5.2 Interpretation der Ergebnisse der Ökobilanz *Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf*

Die Abbildung 5-11 zeigt die Ergebnisse hinsichtlich des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs (PENRT). Die Betonsteinbauweise weist insgesamt den geringsten Wert für den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf auf. Dies ist im Vergleich zu den Bauweisen mit Asphalt und Klinker auf die Module des Produktionsstadiums (A1 bis A3) und im Vergleich zu den Bauweisen mit Naturstein auf das Modul Transport (A4) zurückzuführen. Die Bauweisen mit Asphalt und Klinker weisen die höchsten Werte für den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf auf.

### *Treibhauspotenzial*

Die Abbildung 5-12 zeigt die Ergebnisse hinsichtlich des Treibhauspotenzials (GWP). Bei dieser Umweltwirkung liefern die Bauweisen mit Asphalt, Betonstein und Naturstein „Polen-Import“ die günstigsten Ergebnisse – mit einem leichten Vorteil für die Natursteinbauweise. Die Bauweisen mit Naturstein „Portugal-Import“ und „Herkunftsmix“ sowie die Klinkerbauweise zeigen die

ungünstigsten Ergebnisse. Dabei dominieren das Modul Transport (A4) jeweils bei den Natursteinbauweisen und die Module des Produktionsstadiums (A1 bis A3) bei der Klinkerbauweise.

### *Andere Umweltwirkungen (nicht in Abbildungen dargestellt)*

Beim **Sommersmogpotenzial** (POCP) zeigt sich für die Betonsteinbauweise ein deutlicher Vorteil gegenüber der Asphalt- und der Klinkerbauweise. Bei der Asphaltbauweise ist eine Dominanz im Modul Einbau (A5) infolge der VOC-Emissionen bei Straßenbelagsarbeiten und bei der Klinkerbauweise eine Dominanz in den Modulen des Produktionsstadiums (A1 bis A3) gegeben. Die Ergebnisse für das **Versauerungspotenzial** (AP) zeigen für die Betonsteinbauweise Vorteile gegenüber den anderen Bauweisen. Die Ergebnisse für das **Eutrophierungspotenzial** (EP) zeigen Vorteile für die Betonstein- und die Asphaltbauweise. Der ungünstigste Wert ergibt sich für die Natursteinbauweise „Portugal-Import“, maßgeblich beeinflusst durch das Modul Transport (A4).

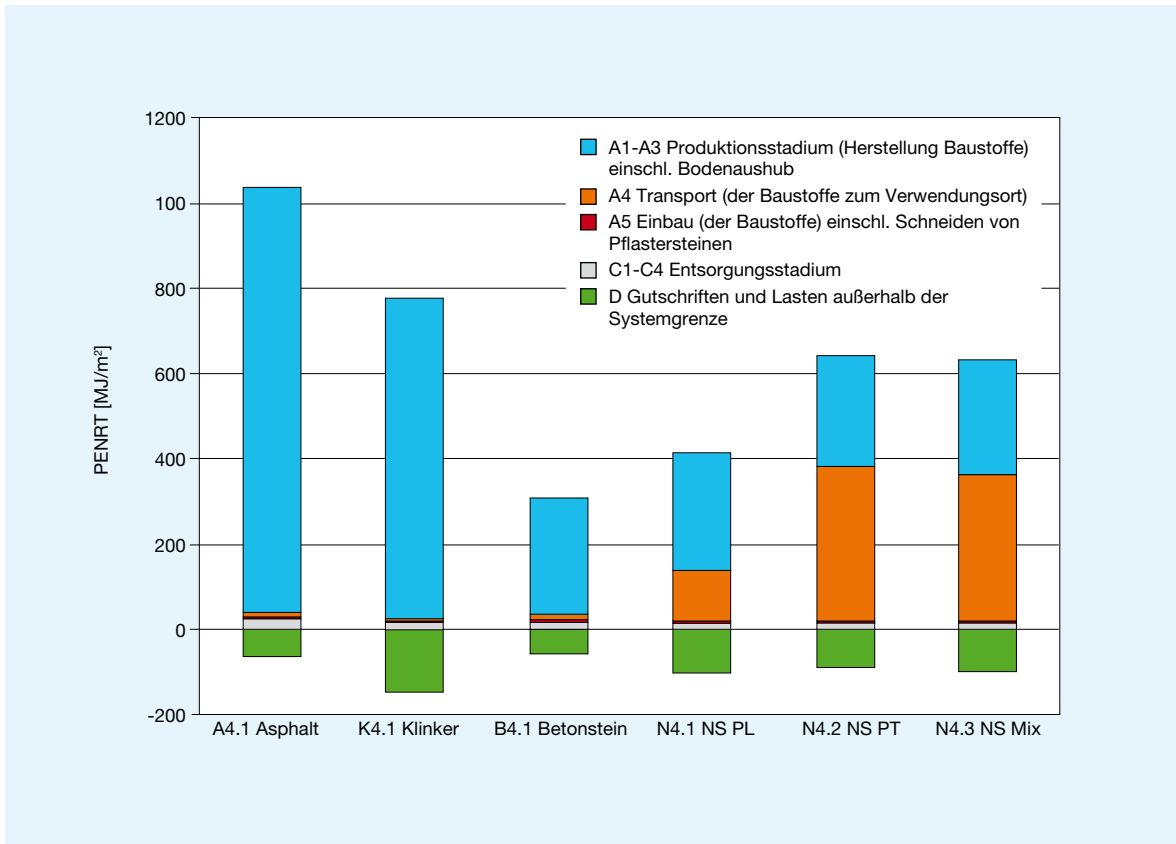


Abbildung 5-11: Ökobilanzergebnisse Beispiel 4, hier: nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf PENRT in MJ/m²

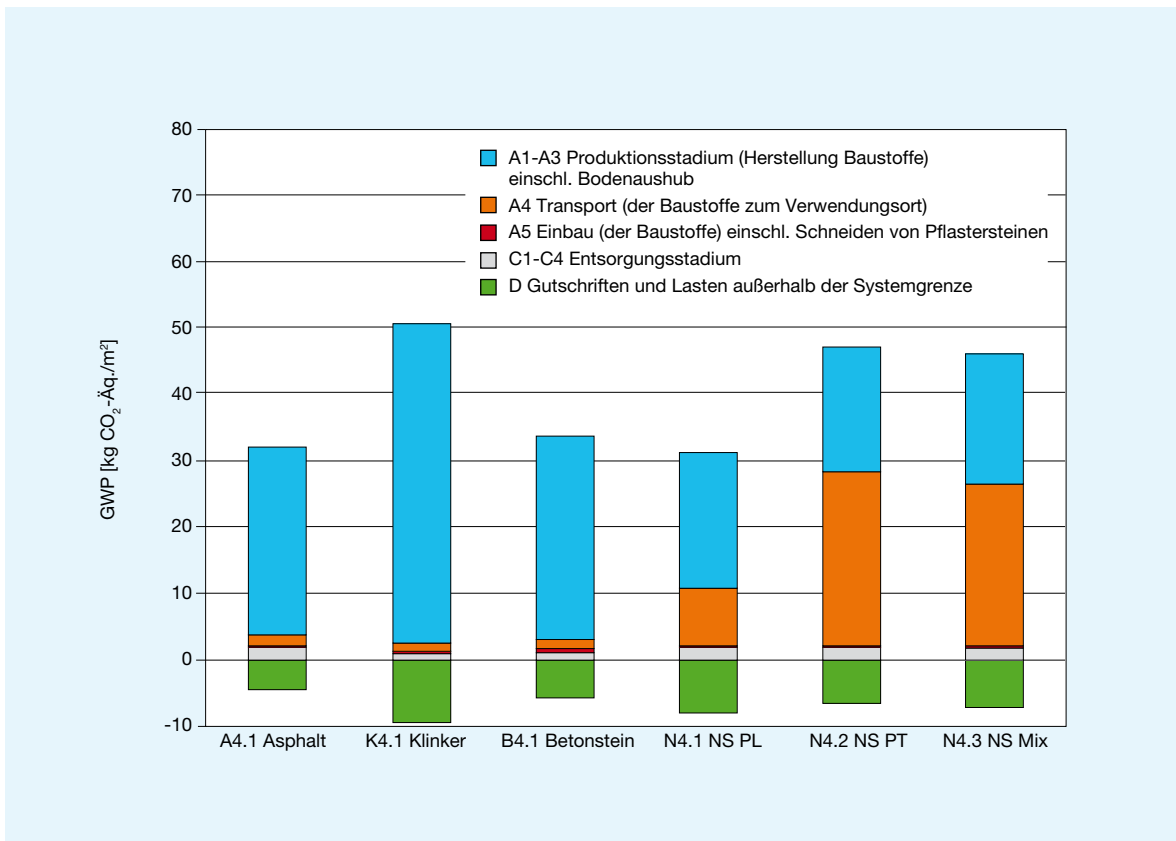


Abbildung 5-12: Ökobilanzergebnisse Beispiel 4, hier: Treibhauspotenzial GWP in kg CO₂-Äq./m²

### 6. Zusammenfassung

Die Ökobilanzdaten der untersuchten Bauweisen und Anwendungsfälle werden quantitativ im Wesentlichen von den Modulen des Produktionsstadiums (A1 bis A3) und dem Modul Transport (A4) bestimmt. Das Modul Transport (A4) wirkt sich in der Regel dann besonders ungünstig aus, wenn Baustoffe über große Entfernungen zum Verwendungsort transportiert werden müssen, z. B. bei Natursteinimporten aus Übersee. Die Transporte über Entfernungen von vielen Tausend Kilometern sind extrem energieaufwändig und führen zu einem exorbitant hohen Ausstoß von Treibhausgasen. Für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen sind daher aus ökobilanzieller Sicht in jedem Fall lokal verfügbare Baustoffe vorzuziehen.

Die Module des Entsorgungsstadiums (C1 bis C4) spielen bei keinem der untersuchten Anwendungsfälle und bei keiner der untersuchten Bauweisen eine signifikante Rolle. Dies gilt grundsätzlich auch für das Modul Einbau (A5), jedoch mit der Ausnahme, dass dieses Modul speziell die Asphaltbauweise innerhalb der Umweltwirkung Sommersmogpotenzial (POCP) infolge der VOC-Emissionen bei Straßenbelagsarbeiten dominiert. Dadurch schneidet die Asphaltbauweise bei der Betrachtung dieser Umweltwirkung in allen Anwendungsfällen besonders ungünstig ab.

Im Modul D werden Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenzen, die aus Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- oder Recyclingprozessen resultieren, dargestellt. Generell ist anzumerken, dass eine Summenbildung der Ergebnisse über alle Lebenszyklus-Module nach EN 15804 nicht zulässig ist. In dieser Studie werden Gutschriften und Lasten für rezyklierte Gesteinskörnungen oder direkt wiederverwendbares Deckschichtmaterial adressiert. Aufgrund der hohen Wiederverwertungsrate bei Natursteinen und den hohen Aufwendungen in der Herstellung (z. B. Abbau, Schneiden oder Oberflächenbehandlung), resultieren

relativ betrachtet hohe Gutschriften bei den Natursteinvarianten, was insbesondere in Beispiel 3 ersichtlich ist.

Betreffend der Umweltwirkung „Nicht erneuerbarer Primärenergieaufwand“ liefern Bauweisen mit Betonprodukten in allen untersuchten Anwendungsbereichen die günstigsten Ergebnisse. Sie weisen Werte auf, die zum Teil nur rd. 30 % anderer Bauweisen betragen. Auch bei den Umweltwirkungen Versauerungspotenzial (AP), Eutrophierungspotenzial (EP) und Sommersmogpotenzial (POCP) bilden Bauweisen mit Betonprodukten günstige Lösungen unter ökobilanziellen Gesichtspunkten ab. Zum Teil sind deren Werte die jeweils geringsten.

Die vorliegende Kurzfassung der Studie *Vergleichende Ökobilanz: Oberbaukonstruktionen von Verkehrsflächen mit unterschiedlichen Deckschichten* [SLG 2014] richtet sich an Planer, Bauherren und Entscheider im Straßen-, Garten- und Landschaftsbau. Sie ermöglicht im Rahmen der Herstellung einer Verkehrsfläche die Festlegung einer bestimmten Bauweise unter ökobilanziellen Gesichtspunkten. Hierbei können wahl- oder fallweise für die verschiedenen Umweltwirkungen (lokal, regional, global) sowie z. B. für den Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie entsprechende Prioritäten festgelegt werden. Damit wird im Rahmen der Herstellung von Verkehrsflächenbefestigungen ein wertvoller Beitrag zur Minimierung von schädlichen Umweltwirkungen und/oder dem Energieverbrauch geleistet. Bei der Wahl für eine ökobilanziell vorteilhafte Bauweise brauchen keine Abstriche bei der Funktionalität, aber in der Regel auch nicht beim Nutzungskomfort, bei der Nutzungssicherheit und der Dauerhaftigkeit der betreffenden Verkehrsfläche in Kauf genommen zu werden.

Einen besonderen Vorteil bieten Bauweisen mit Betonprodukten, wenn bei der geplanten Verkehrsflächenbefestigung die Priorität auf einen geringen Einsatz von nicht erneuerbarer Primärenergie gelegt wird.



## Literaturverzeichnis

- EN 15804 EN 15804:2012-04 Sustainability of construction works –Environmental Product Declarations – Core rules for the product category of construction products
- EN ISO 14040 EN ISO 14040:2009-11 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework
- EN ISO 14044 EN ISO 14044:2006-10 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines
- GABI 6 GaBi 6.3 dataset documentation of the software-system and databases, LBP, University of Stuttgart and PE INTERNATIONAL AG, Leinfelden-Echterdingen, 2013 <http://documentation.gabi-software.com>
- RSTO 2012 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2012
- SLG 2009 Vergleichende Ökobilanz – Oberbaukonstruktionen von Verkehrsflächen mit unterschiedlichen Deckschichten; Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. – SLG (Hrsg.); Bonn 2009
- SLG 2011 Tabellarische Aufstellung von Informationen für die Erstellung modularer Ökobilanzen von Pflastersteinen und Platten aus Beton mit vergleichbaren Lösungen aus Naturstein, Klinker und Asphalt für Oberbaukonstruktionen; Anhang B von [SLG 2009]; Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. – SLG (Hrsg.); Bonn 2011
- SLG Juli 2014 Vergleichende Ökobilanz - Oberbaukonstruktionen von Verkehrsflächen mit unterschiedlichen Deckschichten; Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. – SLG (Hrsg.); Bonn 2014
- ZTV Pflaster 2006 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen – ZTV Pflaster StB 06; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2006





# Beton



Es kommt drauf an,  
was man draus macht.

[www.betonstein.de](http://www.betonstein.de)