



INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG

---

# Klimafolgenabschätzung Frankenthal

Bewertung von Alternativen in der Ausführung einer Lärmschutzwand in der Lamsheimer Straße in Frankenthal

Im Auftrag der Stadtverwaltung Frankenthal

Joachim Reinhardt, Corvin Veith, Florian Knappe

Heidelberg, 2020

---





# Inhalt

---

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>1 Zielsetzung und Vorgehensweise</b>	<b>6</b>
<b>2 Betrachtete Alternativen, Datengrundlage und funktionelle Einheit</b>	<b>7</b>
2.1 Transport und Lebensdauer	8
<b>3 Daten und Methodik</b>	<b>10</b>
3.1 Datengrundlage   ÖKOBAUDAT	10
3.2 Datengrundlage   ecoinvent und ifeu	10
3.3 Sekundärgehalte und zukünftige Situation (Substitution)	11
3.4 Methoden	11
3.4.1 gem. DIN EN 15804 (Cut-Off-Ansatz)	12
3.4.2 gem. Substitution (0:100-Allokation)	13
<b>4 Ergebnisse und Interpretation</b>	<b>15</b>
<b>5 Zusammenfassung und Empfehlung</b>	<b>19</b>

# Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1-1: Verlauf der geplanten Lärmschutzwand entlang der Lambsheimer Straße in Frankenthal (Quelle: Stadtverwaltung Frankenthal)	6
Abbildung 3-1: Lebenswegmodule gemäß DIN 15804 (Quelle Abbildung)	12
Abbildung 4-1: Ergebnisse für den Treibhauseffekt nach EN 15804 auf Basis der ÖKOBAUDAT für die verschiedenen Lärmschutzvarianten, differenziert nach Lebenswegabschnitt; L. = Lasten, S. = Substitutionspotenzial; S. darf nach EN 15804 nicht mit L. verrechnet werden → Ergebnis nach EN 15804 = L.	16
Abbildung 4-2: Ergebnisse für den Treibhauseffekt nach EN 15804 auf Basis der ÖKOBAUDAT für die verschiedenen Lärmschutzvarianten, differenziert nach Materialien; L. = Lasten, S. = Substitutionspotenzial; S. darf nach EN 15804 nicht mit L. verrechnet werden → Ergebnis nach EN 15804 = L.	17

# Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1: Materialmengen die beim Bau der jeweiligen Bauweise der Lärmschutzwand anfallen würden	7
Tabelle 2: Angenommene Transportdistanzen der verschiedenen Baustoffe zur Baustelle und zur Entsorgung am Lebensende	8
Tabelle 3: Bilanzierte Massen der jeweiligen Bauweise nach Baustoffen und Lebensdauer	9
Tabelle 4: Angenommene Nutzung der verschiedenen Materialien nach dem Lebensende	13
Tabelle 5: Endergebnisse für die verschieden Lärmschutzwandvarianten nach den beiden Methoden EN 15804 (Cut-Off) und Substitutionsmethode (0:100-Allokation) auf Basis von ecoinvent und ÖKOBAUDAT; fett gedruckt: empfohlene Werte zur Bewertung	17

# Abkürzungsverzeichnis

---

BMI	Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
CO <sub>2</sub> -Äqv.	Kohlenstoffdioxidäquivalente
DIN EN	Deutsches Institut für Normung Europäische Norm
EPD	Umweltproduktdeklaration (Environmental Product Declaration)
GK	Gesteinskörnung
GWP	Globales Erwärmungspotential
a	Jahre
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
to	Tonne

# 1 Zielsetzung und Vorgehensweise

---

Die Stadtverwaltung Frankenthal beabsichtigt die grundlegende Erneuerung der Lärmschutzwand nördlich der Lamsheimer Straße 79 bis 111 auf einer Fläche von ca. 2.600 m<sup>2</sup>.

Für den Bau von Lärmschutzwänden stehen generell unterschiedliche Materialien mit diversen Vor- und Nachteilen zu Verfügung. So können Lärmschutzwände aus Beton, Metall, Holz, Glas, Gabionen und Kunststoffen bestehen.

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 bis 2050 um mind. 80 % zu reduzieren. Um diese Ziele erreichen zu können, bedarf es des Zusammenspiels aller Akteure und hierunter auch der Kommunen und dies über alle Handlungsbereiche hinweg. Die Herstellung von Bauprodukten ist mit Klimafolgen verbunden, die sich als „graue Energie“ in den Bilanzen niederschlägt.

Die Stadtverwaltung Frankenthal möchte konsequenterweise die Entscheidung über die Ausführung einer Lärmschutzwand entlang der Lamsheimer Straße auch an dem Kriterium Klimafreundlichkeit festmachen und strebt einen überschlägigen Vergleich der möglichen Materialien aus ökologischer Sicht an, die zum Bau der Lärmschutzwand herangezogen werden können. Hierbei soll der gesamte Lebenszyklus des Bauwerks von dem Produktionsprozess bis zur Entsorgung berücksichtigt werden.



Abbildung 1-1: Verlauf der geplanten Lärmschutzwand entlang der Lamsheimer Straße in Frankenthal (Quelle: Stadtverwaltung Frankenthal)

---

Mittels einer Ökobilanz lassen sich Treibhausgase in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten berechnen. In diese Berechnung fließen alle treibhauswirksamen Emissionen der Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung ein, die anhand ihrer spezifischen Beiträge zu Klimafolgen entsprechend aufbilanziert werden.

## 2 Betrachtete Alternativen, Datengrundlage und funktionelle Einheit

Im Rahmen dieser Kurzstudie werden vier alternative Bauweisen von Lärmschutzwänden betrachtet:

- Lärmschutzwand aus Gabionen
- Lärmschutzwand mit Holzelementen
- Lärmschutzwand mit Betonelementen
- Lärmschutzwand mit Aluminiemelementen

Der Aufbau und die daraus resultierenden Massen zur Bilanzierung wurden von der Stadtverwaltung Frankenthal zur Verfügung gestellt und sind in folgender Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1: Materialmengen die beim Bau der jeweiligen Bauweise der Lärmschutzwand anfallen würden

Bezeichnung	Material / Vorgang	Mengen in der jeweiligen Bauweise			
		Gabionen	Beton	Holz	Aluminium
<b>Bodenvorbereitung</b>					
Bauwerkshinterfüllung	Sand-kies-Gemisch	60 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>
Boden lösen und verwerten	Bagger / Verwertung	445 m <sup>3</sup>	-	-	-
Bodenaustausch vornehmen	Boden / Bagger	171 m <sup>3</sup>	-	-	-
<b>Gründung u weitere Vorbereitungen</b>					
Fundament	Beton C30/37	275 m <sup>3</sup>	-	-	-
Bewehrung	Bewehrungsstahl	27,5 to	-	-	-
Rammpfähle	Baustahl S 235	-	15,9 to	15,9 to	15,93
Verfüllung Köcher mit Beton	Beton	-	8,5 m <sup>3</sup>	8,5 m <sup>3</sup>	8,5 m <sup>3</sup>
Verfüllung Köcher RM Betonersatzsystem	Beton	-	1,5 m <sup>3</sup>	1,5 m <sup>3</sup>	1,5 m <sup>3</sup>
<b>Lärmschutzwand</b>					
Gabionenelemente	Schotter	951 to	-	-	-
	Stahl	13,3 to	-	-	-
Pfosten	Baustahl	-	10,36 to	10,36 to	10,36 to
Wandsockel (Stahlbeton)	Beton	-	73,1 to	73,1 to	73,1 to
	Bewehrungsstahl	-	4,5 to	4,5 to	4,5 to
Wandelemente	Beton	-	198 to	-	-
	Bewehrungsstahl	-	11,5 to	-	-
	Holz	-	-	29,1 to	-
	Aluminium	-	-	-	7,7 to
	Absorber (Porenbeton)	-	31,3 to	-	-
Abdeckung	Absorber (Steinwolle)	-	-	2,3 to	3,4 to
	Aluminium	-	0,59 to	0,59 to	0,59 to
<b>Sonstiges</b>					
Pflaster legen	Betonstein	32 m <sup>2</sup>	32 m <sup>2</sup>	32 m <sup>2</sup>	32 m <sup>2</sup>
Bordsteine setzen	Betonstein	35 m	35 m	35 m	35 m
Boden lösen und entsorgen	Bagger / Verwertung	161 m <sup>3</sup>	161 m <sup>3</sup>	161 m <sup>3</sup>	161 m <sup>3</sup>
Schottertragschicht herstellen	Schotter	161 m <sup>3</sup>	161 m <sup>3</sup>	161 m <sup>3</sup>	161 m <sup>3</sup>



Da es sich um eine vergleichende Ökobilanz handelt werden ausschließlich Materialien und Vorgänge bilanziert, die sich mindestens in einer der Alternativen unterscheiden: ist eine Position bei allen Alternativen identisch wurde sie in Tabelle 1 rot markiert und in der Bilanzierung nicht mit berücksichtigt.

## 2.1 Transport und Lebensdauer

Für den Transport der Baustoffe zu den Baustellen wurden je nach allgemeiner regionaler Verfügbarkeit unterschiedliche Transportdistanzen herangezogen. Da die Zulieferer und deren genauer Standort nicht bekannt sind, wurde auf allgemein angesetzte Transportdistanzen zurückgegriffen, wie sie auch in den jeweiligen Umweltproduktdeklarationen (EPD) der verschiedenen Baustoffe angegeben werden. Prinzipiell haben mineralische Baustoffe einen deutlich kürzeren Transportweg als z.B. Holz- oder Metallerzeugnisse, da Steinbrüche oder Kiesgruben recht flächendeckend in Deutschland vorhanden sind, Aluminium- oder Stahlwerke hingegen eher punktuell. Für die Ökobilanzierung wurden folgende in Tabelle 2 dargestellte Transportdistanzen angenommen.

Tabelle 2: Angenommene Transportdistanzen der verschiedenen Baustoffe zur Baustelle und zur Entsorgung am Lebensende

	Distanz vom Hersteller zur Baustelle	Distanz von der Baustelle zum Entsorger
Schotter	20 km	10 km
Beton	10 km	10 km
Stahl	200 km	10 km
Aluminium	200 km	10 km
Holz	200 km	10 km
Porenbeton	200 km	10 km
Steinwolle	200 km	10 km

Neben der Transportdistanz wurde auch die unterschiedliche Lebensdauer der Lärmschutzwände berücksichtigt, diese hängt maßgeblich von der Wahl des Materials ab: Holz hat mit den angenommenen 30 Jahren eine nur halb so lange Lebensdauer wie beispielsweise Beton. Die Lebensdauer der Gabionen ist von dem Stahl abhängig, der die Füllung der Gabionen zusammenhält, wodurch diese ebenfalls geringer ist als die des Betons. Für die jeweiligen Lärmschutzwände wurden folgende Lebensdauern für die Lärmschutzelemente angenommen:

- Gabionen: 50 Jahre
- Beton: 60 Jahre
- Holz: 30 Jahre
- Aluminium: 40 Jahre

Das Fundament, das bei der Gabionenbauweise erforderlich ist, wird mit einer Lebensdauer von 100 Jahren berücksichtigt, die Stahlpfosten samt Fundamenten mit 60 Jahren. Bei der Aluminiumabdeckung wird angenommen, dass diese beim Tausch der jeweiligen Wandelemente (Holz, Beton, Aluminium) mit ausgetauscht werden.

Für die Berechnung der Ökobilanz wird die Bereitstellung einer Lärmschutzwand über 50 Jahre als **funktionelle Einheit** angesetzt. Die o.g. Lebensdauern beziehen sich nicht auf die

gesamte Konstruktion, sondern auf die Schallschutzelemente. So wird davon ausgegangen, dass z.B. die Holzelemente mit einer Lebensdauer von 30 Jahren nach dessen Ablauf ausgetauscht werden, die Stahlpfosten, an denen diese befestigt sind, aber bestehen bleiben, da diese eine Lebensdauer von 60 Jahren aufweisen. Folglich wird in den 50 Jahren als Referenzfluss zur Erfüllung der funktionellen Einheit mehr Holz benötigt als zunächst für den Neubau angesetzt ist, aber etwas weniger Stahl und Beton für die Stahlpfosten samt Fundamenten.

Bei dem Fundament der Gabionen verhält es sich ebenso genau umgekehrt. Für das Fundament wird eine Lebensdauer von 100 Jahren angesetzt, es kann somit zwei Mal verwendet werden: aus bilanztechnischer Sicht ist für den Betrieb der Lärmschutzwand für 50 Jahre also nur die Hälfte des anfänglich eingesetzten Betons als Referenzfluss erforderlich. Es wird für die Ableitung der Massen für die Referenzflüsse entsprechend davon ausgegangen, dass an dem Ort langfristig eine Lärmschutzwand steht.

Folgende Tabelle 3 zeigt, wie viel Baustoffe für die jeweilige Lärmschutzwand beim Neubau erforderlich sind und im Vergleich dazu, wieviel Baustoff aus ökobilanzieller Sicht für eine Bereitstellung der Lärmschutzwand von 50 Jahren zur Erfüllung der funktionellen Einheit angerechnet wird.

Tabelle 3: Bilanzierte Massen der jeweiligen Bauweise nach Baustoffen und Lebensdauer

Baustoff	Gesamtmassen der jeweiligen Bauweise [to]							
	Gabionen (50 a)		Beton (60 a)		Holz (30 a)		Aluminium (40 a)	
	Berücksichtigung der Lebensdauer							
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Boden	226,58	453,15	-	-	-	-	-	-
Beton	316,25	632,50	243,86	293,80	80,08	96,10	80,08	96,10
Bewehrungsstahl	13,75	27,50	13,33	16,00	3,75	4,50	3,75	4,50
Baustahl	13,26	13,26	21,91	26,29	21,91	26,29	21,91	26,29
Schotter	950,95	950,95	-	-	-	-	-	-
Holz	-	-	-	-	48,52	29,11	-	-
Aluminium	-	-	0,50	0,59	0,99	0,59	10,39	8,31
Porenbeton	-	-	27,06	31,30	-	-	-	-
Steinwolle	-	-	-	-	3,82	2,29	4,29	3,43

*Die fett markierten Zahlen werden in der Ökobilanz berücksichtigt*

## 3 Daten und Methodik

---

*Eine Ökobilanz dient der Bewertung von Vorgängen, wie beispielsweise der Errichtung eines Gebäudes, um deren Umweltrelevanz zu ermitteln. Zur Berechnung von Ökobilanzen können unterschiedliche Datengrundlagen herangezogen werden, wobei verschiedene Berechnungstools zur Anwendung kommen können. Ferner beziehen sich Ökobilanzen entweder nur auf bestimmte Abschnitte eines Lebenszyklus des betrachteten Vorganges oder den gesamten Lebenszyklus. Die Ergebnisse von Ökobilanzen werden mittels sog. Wirkungsindikatoren ausgedrückt. Der bekannteste ist das Treibhauspotential (GWP) wobei GWP für den englischsprachigen Begriff Global Warming Potential steht und in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalten ausgedrückt wird.*

### 3.1 Datengrundlage | ÖKOBAUDAT

Als Datengrundlage zur Berechnung der Ökobilanz dienen die Datensätze der ÖKOBAUDAT, wobei es sich um eine Onlineplattform des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) handelt. Bei den Datensätzen der ÖKOBAUDAT handelt es sich sowohl um generische als auch um firmen- und verbandsspezifische Datensätze die im Rahmen von Umweltproduktdeklarationen (EPD) erhoben wurden. Sämtliche Daten der ÖKOBAUDAT beruhen auf der Hintergrunddatenbasis „GaBi“. Vereinzelt werden ebenfalls Datensätze zur Verfügung gestellt, die auf der Hintergrunddatenbank „ecoinvent“ aufbauen, erfüllen aber gänzlich die ÖKOBAUDAT-Anforderungen hinsichtlich Qualität und Datenformat.<sup>1</sup>

Für die Berechnungen wurde die erst kürzlich aktualisierte Datenbank ÖKOBAUDAT\_2020-II verwendet.

### 3.2 Datengrundlage | ecoinvent und ifeu

Weiterhin wird die Berechnung zum Vergleich auch mit den Datensätzen aus der Ökobilanzdatenbank ecoinvent, ergänzt um Datensätze des ifeu zur Entsorgung, durchgeführt. Ecoinvent enthält im Gegensatz zur ÖKOBAUDAT nicht nur Daten zu Baustoffen, sondern zu vielen Produkten weltweit. Dabei wird in Märkte für verschiedene Regionen differenziert.

---

<sup>1</sup> ÖKOBAUDAT-Handbuch | Technische Beschreibung von Datensätzen in ÖKOBAUDAT inkl. Anleitung für Anlieferung und Nutzung von Datensätzen Version 1.0 (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) - 2018

### 3.3 Sekundärgehalte und zukünftige Situation (Substitution)

Der Einsatz von Sekundärrohstoffen bei der Baustoffherstellung wirkt sich positiv auf die Ökobilanz der jeweiligen Baustoffe aus. Vor allem bei der Herstellung von Stahl und Aluminium ist die Herstellung aus Primärrohstoffen mit einem hohen Energieaufwand verbunden. Kommt Sekundärmaterial aus aufbereitetem Schrott zum Einsatz, ist der Energieaufwand deutlich geringer. Folgende Anteile an Sekundärmaterialien wurden in den verwendeten Datensätzen herangezogen:

- Aluminium: 23 M.-%
- Baustahl: 74 M.-%
- Bewehrungsstahl: 100 M.-% in ÖKOBAUDAT; 0 M.-% in ecoinvent; (für Deutschland sind eher 100 M.-% zutreffend)

Es gibt Anbieter, die Aluminiumbelche mit einem Sekundäranteil von fast 100 M.-% herstellen. Dies ist technisch problemlos möglich, würde die Marktsituation in Deutschland aber nicht korrekt abbilden. Denn die Nachfrage an Sekundäraluminium übersteigt das Angebot um ein Vielfaches. Global beträgt der Sekundäranteil 34-36 %<sup>1</sup>. In Deutschland beträgt der Sekundäraluminiumanteil nach der Statistik noch mehr<sup>2</sup>. Dennoch wird hier der geringere Wert von 24 % angesetzt, weil dieser auch in der ÖKOBAU so angenommen wird.

Aluminiumschrott ist ein gefragter Rohstoff, der vollständig recycelt werden kann. Durch ein Recycling wird Primäraluminium substituiert, wodurch viel Energie und die damit einhergehend ökobilanziellen Lasten eingespart werden kann. Dabei ist allerdings zu beachten, dass das heute bei einer Lärmschutzwand verbaute Aluminium erst in ca. 40 Jahren erneut dem Markt zur Verfügung gestellt wird. Im Laufe der nächsten Jahrzehnte wird davon ausgegangen, dass der europäische Strommix zu einem deutlich höheren Anteil aus erneuerbaren Energiequellen stammt als heute. Mehr erneuerbarer Strom im Strommix bedeutet aus ökobilanzieller Sicht eine geringere Gutschrift für den eingesparten Strom. Ebenso wird sich auch der Wärmemix verbessern, so dass insbesondere die Energiegutschriften aus der thermischen Entsorgung von bspw. Holz sinken werden.

### 3.4 Methoden

Eine wesentliche Frage bei Produktökobilanzen und damit auch bei der hiesigen ökologischen Bewertung von Lärmschutzwänden ist, wie mit Material oder Energie, die im Zuge einer verwertenden Entsorgung über Recycling oder thermische Verwertung am Lebensende generiert werden, umzugehen ist. Weiterhin stellt sich die Frage, welche Lasten das in den Lärmschutzwänden eingesetzte Sekundärmaterial aus dem vorangegangenen Lebensweg trägt.

<sup>1</sup> [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet-aluminium\\_fi\\_barrierefrei.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet-aluminium_fi_barrierefrei.pdf)

<sup>2</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/197960/umfrage/produktion-von-primaer-und-sekundaeraluminium-in-deutschland/>

### 3.4.1 gem. DIN EN 15804 (Cut-Off-Ansatz)

Die aktuell geltende Europäische Norm DIN EN 15804 liefert für diverse Bauprodukte und Bauleistungen grundlegende Produktkategorieregeln (PCR) für Typ III Umweltdeklarationen. Demnach erfolgt eine Unterteilung des Lebensweges von Bauprodukten gemäß folgender Abbildung 3-1 in die Module A bis D.

Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase					Entsorgungsphase				Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenze
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau/Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau/Erneuerung	Abbruch	Transport	Abfallbewirtschaftung	Deponierung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingpotenzial
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
					B6	Betriebl. Energieeinsatz								
					B7	Betriebl. Wassereinsatz								

Abbildung 3-1: Lebenswegmodule gemäß DIN 15804 (Quelle Abbildung<sup>1</sup>)

Gemäß der DIN EN 15804 befindet sich das Modul D außerhalb der Systemgrenze. Gutschriften, die beispielsweise durch eine Wiederverwendung des Aluminiums und weiterer Primärmaterialien entstehen, dürfen nicht mit in der Ökobilanz verrechnet werden. Eine separate Berechnung und Ausweisung ist möglich und wird auch im Rahmen dieser Ökobilanzierung durchgeführt. Wandelemente aus Holz werden thermisch entsorgt, wobei die Lasten für den dadurch eingesparten Energiemix ausgewiesen werden. Im Gegenzug tragen die in den Lärmschutzwänden verwendeten Sekundärmaterialien nur die (geringen) Lasten aus dem Aufbereitungsprozess. Mit dieser Methodik wird der Einsatz von Sekundärmaterialien in der Lärmschutzwand belohnt, nicht aber die Bereitstellung von Sekundärmaterialien im Zuge der Entsorgung der Wand am Lebensende.

<sup>1</sup> ÖKOBAUDAT-Handbuch | Technische Beschreibung von Datensätzen in ÖKOBAUDAT inkl. Anleitung für Anlieferung und Nutzung von Datensätzen Version 1.0 (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) - 2018

Tabelle 4: Angenommene Nutzung der verschiedenen Materialien nach dem Lebensende

	Art der Nutzung	Quantifizierung über
Beton	Beton wird zerkleinert und klassiert als Gesteinskörnung im Tiefbau oder zur Herstellung von Transportbeton eingesetzt	Sand/Kies und Splitt/Schotter
Schotter	Schotter wird klassiert oder zerkleinert und erneut als Gesteinskörnung im Tief- und Hochbau eingesetzt	Primärschotter
Stahl	Stahl wird als Schrott gesammelt und wird erneut der Stahlherstellung zugeführt	Primärstahl
Aluminium	Stahl wird als Schrott gesammelt und wird erneut der Stahlherstellung zugeführt	Primäraluminium
Holz	Holz wird im Biomasse HKW verbrannt und zur Wärme- und Stromherstellung genutzt	Aktueller Deutscher Strom- & Wärme-Mix
Steinwolle	Steinwolle wird komprimiert und auf der Deponie beseitigt	

### 3.4.2 gem. Substitution (0:100-Allokation)

Nach weiteren Methoden erfolgt eine (teilweise) Anrechnung des Nutzens durch die Bereitstellung von Sekundärmaterialien aus den Lärmschutzwänden nach Lebensende. Dadurch werden die Lasten der Primärmaterialherstellung zwischen Lärmschutzwänden und vor- und nachgelagerten Produkten daraus aufgeteilt (allokiert). Das im Vergleich zum Cut-Off-Ansatz in diesem Fall andere Extrem ist eine vollständige Anrechnung des Nutzens für die Materialien nach dem Lebensende, so dass die Lasten für die Bereitstellung von Primärmaterialien (bspw. Primäraluminium) komplett durch das jeweils nachfolgende System getragen werden. Es verbleiben für das Primärmaterial in Lärmschutzwänden dann nur die (geringen) Lasten der Aufbereitung. Damit wird die Bereitstellung von Sekundärmaterialien aus den Lärmschutzwänden belohnt, wohingegen der Einsatz von Sekundärmaterialien in den Lärmschutzwänden demgegenüber keinen Vorteil bringt. Eingesetzte Sekundärmaterialien (bspw. Sekundäraluminium) tragen die volle Last der ursprünglichen Primärmaterialbereitstellung, die dann bei stofflicher Verwertung als Nutzen im nachfolgenden System wieder abgezogen werden.

Insbesondere bei den Metallen wie Aluminium ist ein hochwertiges Recycling möglich. Der Markt für Metallschrotte wird stark nachgefragt, so dass der Substitutionsansatz für Primärmetalle durchaus auch seine Berechtigung hat, um Spannbreiten auszuweisen.

In dieser Studie werden die Ergebnisse des Cut-Off-Ansatzes als Grundlage genutzt. Um die Spannbreiten aufzuzeigen, werden die Ergebnisse des Substitutionsansatzes zusätzlich gezeigt und in die verbal-argumentative Interpretation der Ergebnisse einbezogen. Der zukünftig anzurechnende Nutzen ist wie oben beschrieben mit Unsicherheiten verbunden und wird insbesondere hinsichtlich des energetischen Nutzens (deutlich) geringer ausfallen.

Wie oben beschrieben ist der Sekundäranteil insbesondere bei Aluminium-Lärmschutzwänden sehr unsicher, so dass es sinnvoll ist, hier mit Bandbreiten zu arbeiten. Der Einsatz von Primäraluminium entspricht beim Substitutionsansatz fast einem Einsatz von Sekundäraluminium.

## 4 Ergebnisse und Interpretation

---

Die Ergebnisse für den Treibhauseffekt nach der EN 15804 auf Basis der ÖKOBAUDAT sind in Abbildung 4-1 differenziert nach Lebenswegabschnitten dargestellt. Für jede Wandvariante werden im linken Balken die Lasten und im rechten Balken die Substitutionspotenziale durch eine Nutzung des Materials in einem nächsten Lebensweg dargestellt. Es zeigt sich, dass die Produktionsphase den größten Anteil an den Lasten ausmacht. Bei Holz wird in der ÖKOBAUDAT die Kohlenstoffaufnahme in der Produktion negativ verrechnet. Der Kohlenstoff wird dann bei der thermischen Entsorgung wieder freigesetzt.

Die größten Lasten sind mit der Produktion der Aluminium-Lärmschutzwand verbunden, die geringsten mit Holz, wobei letztere mit Unsicherheiten bezüglich der Imprägnierung behaftet sind und größer ausfallen können. Die Produktionslasten für die Betonwand liegen etwas über denen der Gabionenwand, aber aufgrund der großen Masse der Gabionen fallen die Transport- und Entsorgungslasten dafür größer aus, so dass die Gesamtlasten bei den Gabionen ungefähr denen der Betonwände entsprechen.

Das Substitutionspotenzial ist hauptsächlich bei der Aluminiumwand relevant, weil das in den Wänden eingesetzte Primäraluminium wiederum solches substituieren kann. Bei den Holzwänden ist hier die Substitution der mit dem aktuellen Energieträgermix produzierten Energie im Zuge der thermischen Entsorgung am Lebensende deutlich sichtbar.

Nach der EN 15804 stellen die Lasten das Endergebnis dar. Mit der Substitutionsmethode (0:100-Allokation) dürfen die Substitutionspotenziale bedingt mit den Lasten verrechnet werden, um das Ergebnis zu erhalten. Besonders bei der Aluminiumwand hängen die großen Lasten mit dem hohen angesetzten Anteil Primäraluminiums zusammen. Wenn das in der Wand eingesetzte Aluminium hingegen nur aus Sekundärmaterial bestünde, käme das Ergebnis für die Aluminiumwand auch nach der EN 15804 nahe an den niedrigeren Wert aus Verrechnung von Lasten und Substitutionspotenzial heran. Für die Variante Holz ist davon auszugehen, dass das dort ausgewiesene Substitutionspotenzial im Zuge der Energiewende deutlich sinken wird, weil nach den 30 Jahren Standzeit der Wand die dann durch die thermische Entsorgung gewonnene Energie einen Energiemix ersetzt, der mit deutlich geringeren Lasten verbunden sein wird als der heutige.



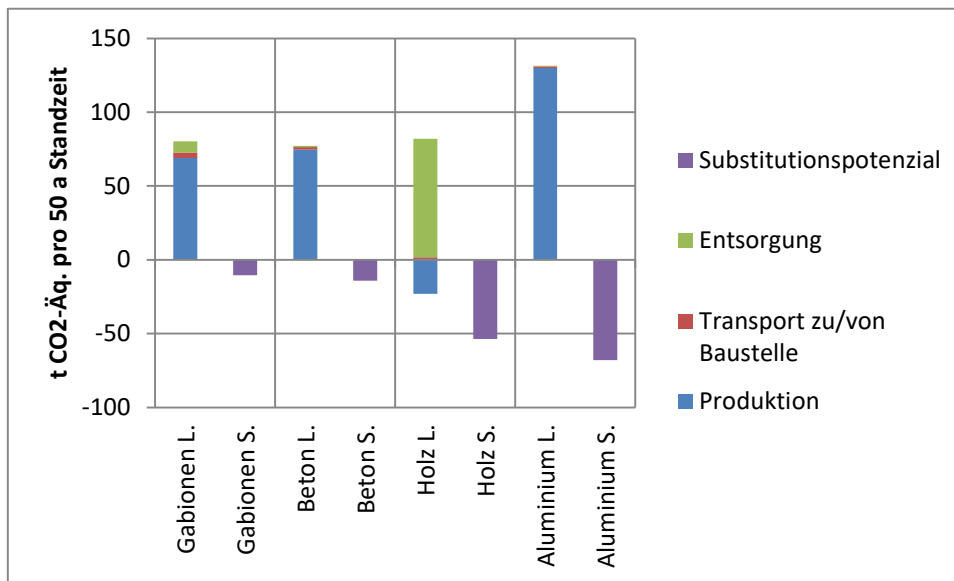


Abbildung 4-1: Ergebnisse für den Treibhauseffekt nach EN 15804 auf Basis der ÖKOBAUDAT für die verschiedenen Lärmschutzvarianten, differenziert nach Lebenswegabschnitt; L. = Lasten, S. = Substitutionspotenzial; S. darf nach EN 15804 nicht mit L. verrechnet werden → Ergebnis nach EN 15804 = L.

In Abbildung 4-2 sind die in Abbildung 4-1 gezeigten Lasten und Substitutionen den verschiedenen Materialien der jeweiligen Lärmschutzwandvariante zugeordnet. Darin zeigt sich, dass die eigentlichen Wandelemente nur im Falle der Aluminiumwand deutlich den größten Beitrag bei den Lasten haben. In allen anderen Varianten haben Beton und Stahl für Fundament und Pfosten sowie Wandsockel in Summe eine mindestens ebenso große Bedeutung, wobei die größere Standzeit dieser Komponenten schon berücksichtigt ist und die zugehörigen Lasten reduziert sind. Die Bedeutung von Stahl ist dabei mit Ausnahme des Fundaments bei der Variante Gabionen größer als die von Beton. Bei den Gabionen sind die mit dem Eisendraht verbundenen Lasten fast genauso groß wie die mit dem Füllmaterial (Schotter) eingebrachten. Die Mineralwolle als Absorber in den Holz- und Aluminiumschutzwänden hat eine relativ geringe Bedeutung.

Im Substitutionspotenzial ist Stahl nochmals bedeutender, weil Beton nach seinem Lebensende mineralische Zuschlagstoffe mit relativ geringem Treibhauspotenzial substituiert. Dadurch dominiert bei den Gabionen im Substitutionspotenzial der Stahl in den Wandelementen und nicht mehr der Beton aus den Fundamenten. Die große Bedeutung von Aluminium im Substitutionspotenzial zeigt sich auch an den deutlich sichtbaren Beiträgen durch die relativ geringe Menge Abdeckplatte in den Varianten Beton, Holz und Aluminium.

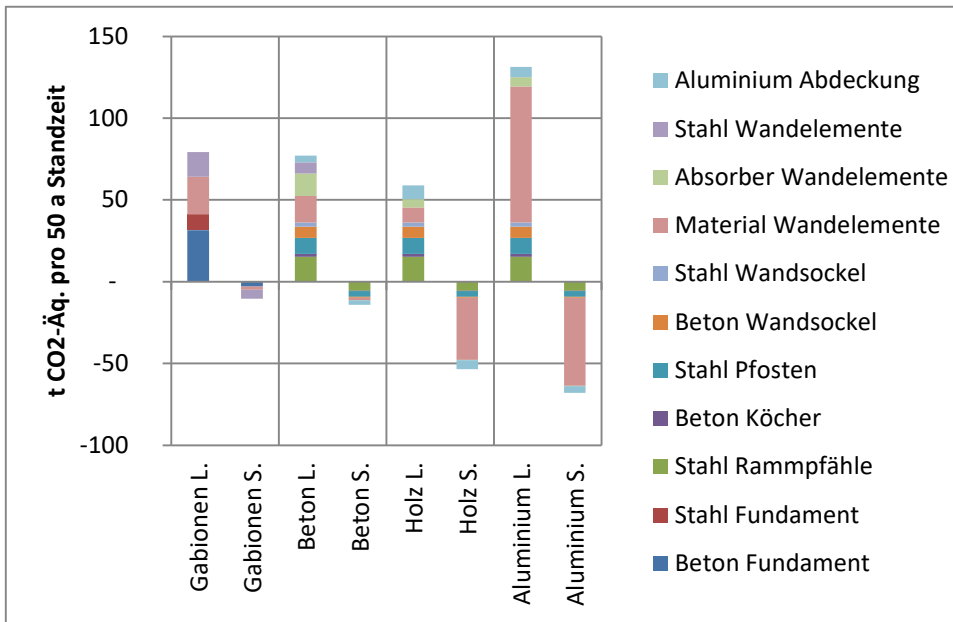


Abbildung 4-2: Ergebnisse für den Treibhauseffekt nach EN 15804 auf Basis der ÖKOBAUDAT für die verschiedenen Lärmschutzvarianten, differenziert nach Materialien; L. = Lasten, S. = Substitutionspotenzial; S. darf nach EN 15804 nicht mit L. verrechnet werden → Ergebnis nach EN 15804 = L.

In folgender Tabelle 5 sind die Ergebnisse nach der EN 15804 entsprechend ohne Anrechnung des Substitutionspotenzials jeweils auf Basis von ÖKOBAUDAT sowie ecoinvent und der Substitutionsmethode (0:100-Allokation) auf Basis von ecoinvent dargestellt. Weiterhin sind die Ergebnisse nach der EN 15804 mit der danach nicht erlaubten Anrechnung des Substitutionspotenzials auf Basis der ÖKOBAUDAT dargestellt, was nahezu der Substitutionsmethode (0:100-Allokation) entspricht, daher in Tabelle 5 in Anführungszeichen gesetzt.

Tabelle 5: Endergebnisse für die verschiedenen Lärmschutzwandvarianten nach den beiden Methoden EN 15804 (Cut-Off) und Substitutionsmethode (0:100-Allokation) auf Basis von ecoinvent und ÖKOBAUDAT; fett gedruckt: empfohlene Werte zur Bewertung

	kg CO <sub>2</sub> -Äq. pro funktionelle Einheit Bereitstellung Lärmschutzwand über 50 Jahre			
	Gabionen	Beton	Holz	Aluminium
ecoinvent/ifeu EN 15804	97.916	94.108	69.063	129.150
Ökobaudat EN 15804	<b>79.276</b>	<b>77.182</b>	<b>58.927</b>	<b>131.392</b>
ecoinvent/ifeu 0:100	56.243	61.324	-37.854	41.146
Ökobaudat "0:100"	68.899	63.032	5.392	<b>63.362</b>

Die mit den beiden Datenbanken ecoinvent und ÖKOBAUDAT generierten Ergebnisse unterscheiden sich bezüglich der Methode EN 15804 nicht wesentlich voneinander. Bei der Wand aus Gabionen und Beton schneidet die ÖKOBAUDAT etwas besser ab, weil Bewehrungsstahl (Betonstabstahl) in der ÖKOBAUDAT über Sekundär- und in ecoinvent über

Pirmärstahl mit entsprechend größeren Lasten abgebildet wird. In der Wandvariante aus Gabionen ist aufgrund des Fundaments relativ viel Betonstabstahl enthalten, in der Variante aus Beton ist davon im Betonwandelement selbst relativ viel enthalten.

Mit Anrechnung der Substitution (0:100) und damit des Nutzens des primären Betonstabstahls aus ecoinvent vermindern sich diese Unterschiede beim Betonstabstahl zwischen ÖKOBAUDAT und ecoinvent entsprechend. Dadurch liefert die ÖKOBAUDAT bei der Variante Gabionen dann schlechtere Werte, weil das Substitutionspotenzial für Schotter dort mit im Vergleich zur Produktion relativ geringen Treibhausgasentlastungen angegeben ist. Große Unterschiede ergeben sich jeweils bei der Variante aus Holz und Aluminium. Beim Holz liegt dies am Substitutionspotenzial für die im Zuge der thermischen Entsorgung gewonnene Energie. Hier werden nach ecoinvent/ifeu durch das ifeu größere Wirkungsgrade im Biomasse-Heizkraftwerk unterstellt. Bei Aluminium liegt es wiederum am geringeren Substitutionspotenzial für den Primäraluminiumanteil in der ÖKOBAUDAT.

Die starke Reduktion der Ergebnisse in der Variante Holz durch die Anrechnung der Substitution ist fraglich, weil in 30 Jahren das Substitutionspotenzial durch die im Zuge der thermischen Entsorgung erzeugte Energie aufgrund der Energiewende deutlich geringer ausfallen wird. Auch für Aluminium wird das Substitutionspotenzial abnehmen, weil die energieintensive Aluminiumindustrie ebenso auf eine treibhausärmere Energieversorgung umstellen wird. In den für die Wand aus Aluminium herangezogenen Datensätzen ist aber mit 77 % ein hoher Anteil Primäraluminium angenommen, der auch deutlich niedriger liegen kann. Wenn das Wandteil komplett aus Sekundäraluminium bestünde, läge das Ergebnis für die Wand aus Aluminium unabhängig von der angewendeten Ökobilanzmethode und zukünftiger Entwicklung dann im Bereich der Werte, die mit Anrechnung des Substitutionspotenzials erzielt werden.

## 5 Zusammenfassung und Empfehlung

---

Werden Klimafolgen abgeschätzt, zielt dies vor allem auf Fragen des Treibhauseffektes und damit die globalen Klimafolgen. Bauwerke haben aber auch Auswirkungen auf das Kleinklima. Die Baumaterialien heizen sich bspw. bei Sonnenexposition auf und dies bei den hier diskutierten Alternativen in der Ausführung einer Lärmschutzwand grundsätzlich auch in unterschiedlichem Maße. Die Alternative Gabionen dürfte hier am günstigsten abschneiden. Das Kleinklima wird aber wesentlich durch Maßnahmen der Begrünung beeinflusst, was die Unterschiede aus der Materialität deutlich nivelliert. Eine Begrünung unterstellt, dürften sich daher in der Praxis kaum Unterschiede bemerkbar machen.

Die Ergebnisse der Ökobilanz zusammenfassend wird die Ableitung einer Reihenfolge anhand der in Tabelle 5 fett gedruckten Werte empfohlen. Für die Wand aus Aluminium bilden die beiden fett gedruckten Werte die mögliche Spannweite durch den Einsatz von Sekundärmaterial ab. Es ergibt sich aus ökologischer Sicht folgende Reihenfolge, beginnend mit der besten Variante:

1. Variante Holz (58.297 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für Bereitstellung Lärmschutz über 50 Jahre = FE); kann je nach Verbrauch bei der Imprägnierung noch etwas höher ausfallen
2. Variante Beton (77.182 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für FE) und Variante Gabionen (79.276 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für FE)
3. Variante Aluminium (max. 131.392 kg CO<sub>2</sub>-Äq. bis min. 63.362 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für FE); max. = 77 % Primäraluminiumanteil, min. = 0 % Primäraluminiumanteil

Die Unterschiede zwischen den Varianten sind dabei als relativ klein anzusehen.