



Dachverband Lehm e.V.



## Umweltproduktdeklaration

nach DIN EN ISO 14025 und DIN EN 15804:2022-03

WEM GmbH

### Lehm-Klimaelemente und Lehmplatten

|                     |  |
|---------------------|--|
| Deklarationsinhaber | WEM GmbH Rudolf-Diesel-Straße 37, 56220 Urmitz     |
| Herausgeber         | Dachverband Lehm e.V., Postfach 1172, 99408 Weimar |
| Programmbetreiber   | Dachverband Lehm e.V., Postfach 1172, 99408 Weimar |
| Deklarationsnummer  | UPD_LP_WEM2024003_PKRÜ5-DE                         |
| Ausstellungsdatum   | 24.09.2024   |
| Gültig bis          | 23.09.2029   |

## Umwelt-Produktdeklaration – Allgemeine Angaben

---

### Programmbetreiber

Dachverband Lehm e.V.  
Postfach 1172, 99409 Weimar  
www.dachverband-lehm.de

### Deklarationsnummer

UPD\_LP\_WEM2024003\_PKRÜ5-DE

### Deklarationsbasis

Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen Grundregeln für die Baustoffkategorie Lehmplatten (PKR LP Version Ü5\_2022\_04)

### Ersteller der Ökobilanz

Dipl.-Ök. Manfred Lemke  
Westerstrasse 40  
26506 Norden

### Ausstellungsdatum

24.09.2024

### Gültigkeitsdauer

23.09.2029

### Verifizierung

Die Europäische Norm DIN EN 15804:2022-03 dient als Kern-PKR. Unabhängige Verifizierung der Deklaration nach DIN EN ISO 14025:2010 in Verbindung mit CEN ISO/TS 14071:2016

intern       extern

### Deklarationsinhaber

WEM GmbH  
Rudolf-Diesel-Straße 37  
56220 Urmitz  
www.wandheizung.de

### Deklariertes Bauprodukt / Deklarierte Einheit

Die Umweltproduktdeklaration (UPD) für die Lehmplatten und Klimatelemente mit den Bezeichnungen:

- WEM Lehmplatte
- WEM Lehmplatte-D (für Decken)
- WEM Klimatelement MV
- WEM Klimatelement MV D (für Decken)
- WEM Klimatelement EL (elektrisch)

wurde nach der Muster UPD des Dachverbandes Lehm e.V. MUPD\_LP\_DVL2023004\_PKRÜ5-DE erstellt. Als funktionale Einheit wurde ein Kubikmeter Lehmplatten und Klimatelemente analog zu DIN 18947 Anhang A.3 festgelegt.

### Gültigkeitsbereich

Die vorliegende UPD bildet die Ökobilanz zur Herstellung der deklarierten Lehmplatten und Klimatelemente nach DIN EN 15804 ab. Die Ökobilanz beruht auf Daten zu Energie- und Stoffströmen im Werk Urmitz. Bezugsjahr der Herstellerangaben ist das Jahr 2023. Eine Haftung des Dachverbandes Lehm e.V. in Bezug auf dieser UPD zugrunde liegende Herstellerinformationen ist ausgeschlossen.

Dipl.-Ing. Stephan Jörcel  
Dachverband Lehm e.V. (Programmbetrieb)

Prof. Dr. Klaus Pistol  
Prüfgremium

Dr.-Ing. Horst Schroeder  
Verifizierer

**Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen**

**Umweltproduktdeklaration für die Baustoffkategorie Lehmplatten  
nach DIN EN 15804**

**für**

**Lehm-Klimaelemente und Lehmplatten**

**WEM GmbH**

Stand: September 2024

## INHALT

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | ALLGEMEINES.....  | 1  |
| 1.1   | Normative Grundlagen.....   | 1  |
| 1.2   | Nachverfolgung der Versionen.....                                   | 1  |
| 1.3   | Begriffe / Abkürzungen .....  | 2  |
| 2     | PRODUKTDEFINITION.....  | 2  |
| 2.1   | Geltungsbereich .....   | 2  |
| 2.2   | Produktbeschreibung .....   | 3  |
| 2.3   | Einsatzzweck.....   | 3  |
| 2.4   | Produktnorm / Zulassung / Inverkehrbringen / Anwendungsregeln ..... | 4  |
| 2.5   | Gütesicherung .....   | 4  |
| 2.6   | Lieferzustand .....   | 4  |
| 2.7   | Bautechnische Eigenschaften.....                                    | 4  |
| 2.7.1 | Mechanische / bauphysikalische Eigenschaften                        | 4  |
| 2.7.2 | Schallschutz  | 5  |
| 2.7.3 | Luftdurchlässigkeit   | 5  |
| 2.8   | Brandschutz.....  | 5  |
| 3     | AUSGANGSSTOFFE .....  | 5  |
| 3.1   | Auswahl / Eignung.....  | 5  |
| 3.2   | Stoffeläuterung .....   | 6  |
| 3.3   | Bereitstellung .....  | 7  |
| 3.4   | Verfügbarkeit.....  | 7  |
| 4     | PRODUKTHERSTELLUNG .....  | 7  |
| 4.1   | Verfahrensschema.....   | 7  |
| 4.2   | Gesundheitsschutz Herstellung.....                                  | 8  |
| 4.3   | Umweltschutz Herstellung .....                                      | 8  |
| 4.3.1 | Abfall.....   | 8  |
| 4.3.2 | Wasser / Boden .....  | 9  |
| 4.3.3 | Lärm.....   | 9  |
| 4.3.4 | Luft.....   | 9  |
| 5     | PRODUKTVERARBEITUNG .....   | 9  |
| 5.1   | Verarbeitungshinweise.....  | 9  |
| 5.2   | Arbeitsschutz / Umweltschutz .....                                  | 10 |
| 5.3   | Restmaterial .....  | 10 |
| 5.4   | Verpackung.....   | 10 |
| 6     | NUTZUNGSZUSTAND .....   | 10 |
| 6.1   | Inhaltsstoffe.....  | 10 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 6.2    | Wirkungsbeziehungen Umwelt / Gesundheit .....  | 11 |
| 6.3    | Beständigkeit / Nutzungsdauer .....            | 11 |
| 7      | AUSSERGEWÖHNLICHE EINWIRKUNGEN .....           | 11 |
| 7.1    | Brand .....                                    | 11 |
| 7.2    | Hochwasser .....                               | 11 |
| 7.3    | Havarie Wasserleitungen .....                  | 11 |
| 8      | HINWEISE ZUR NUTZUNGSPHASE .....               | 12 |
| 9      | NACHNUTZUNGSPHASE .....                        | 12 |
| 9.1    | Recycling.....                                 | 12 |
| 9.2    | Verwertung von Abfällen und Verpackungen ..... | 12 |
| 9.3    | Entsorgung.....                                | 12 |
| 10     | NACHWEISE .....                                | 13 |
| TEIL A | SACHBILANZ.....                                | 13 |
| A.1    | Funktionelle Einheit.....                      | 13 |
| A.2    | Betrachtungszeitraum .....                     | 13 |
| A.3    | Ergebnisse.....                                | 13 |
| TEIL B | ÖKOBILANZ .....                                | 15 |
| B.1    | Ziel der Analyse .....                         | 15 |
| B.2    | Zielgruppen der Analyse.....                   | 15 |
| B.3    | Referenznutzungsdauer .....                    | 15 |
| B.4    | Abschneidekriterium .....                      | 15 |
| B.5    | Annahmen und Abschätzungen .....               | 16 |
| B.6    | Datenqualität.....                             | 17 |
| B.7    | Allokation.....                                | 17 |
| B.8    | Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse (LCA) ..... | 18 |
| TEIL C | INTERPRETATION DER ÖKOBILANZ .....             | 18 |
| C.1    | Primärenergieeinsatz (PEI) .....               | 19 |
| C.2    | Treibhausgaspotenzial (GWP) .....              | 20 |
| C.3    | Andere Umwelt-Wirkungsfaktoren.....            | 22 |
| C.4 S  | Systemaufbau – Modul A5 .....                  | 23 |
| C.5    | Abbruch und Aufbereitung.....                  | 24 |
| C.6    | Rückgewinnungsszenarien .....                  | 26 |
| C.6.1  | Szenario D1 (für LP/KE).....                   | 26 |
| C.6.2  | Szenario D2 (LP/KE) .....                      | 27 |
| C.6.3  | Szenario D3 (nur für LP).....                  | 28 |
| TEIL D | TABELLENANHANG .....                           | 29 |
| D.1    | Inputfaktoren .....                            | 29 |
| D.2    | Umweltwirkungsfaktoren.....                    | 34 |

D.3 Outputfaktoren ..... 39  
Zitierte Standards / Literaturhinweise ..... 44

# 1 ALLGEMEINES

## 1.1 Normative Grundlagen

Dieses Dokument wurde auf der Grundlage folgender Normen sowie der in *Abs. 2.4* genannten Normen und Regeln erstellt:

DIN EN 15804:2022-03, *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte*,

DIN EN 15942: 2022-04, *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Kommunikationsformate zwischen Unternehmen*,

DIN EN ISO 14025:2011-10, *Umweltkennzeichnungen und –deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen, Grundsätze und Verfahren*,

DIN EN ISO 14040:2021-02, *Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze u. Rahmenbedingungen*,

DIN EN ISO 14044:2021-02, *Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen*.

## 1.2 Nachverfolgung der Versionen

| Version | Kommentar                              | Stand     |
|---------|--|-----------|
| Ü1      | Entwurf                                | Mai 2024  |
| Ü2      | Mit Hersteller abzustimmende Version   | Juli 2024 |
| Ü3      | Zur Verifizierung eingereichte Version | Aug 2024  |
| Ü4      | Verifizierung, extern                  | Sep 2024  |

Kontakt:

WEM GmbH, Rudolf-Diesel-Strasse 37, 56220 Urmitz

PKR Lehmplatten:

[dvl@dachverband-lehm.de](mailto:dvl@dachverband-lehm.de); [www.dachverband-lehm.de/wissen/PKR-UPD](http://www.dachverband-lehm.de/wissen/PKR-UPD)

© Dachverband Lehm e. V.

Bilanzierer:

Dipl.-Ök. Manfred Lemke, Westerstrasse 40, 26506 Norden

### 1.3 Begriffe / Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten in Verbindung mit den Allgemeinen Regeln für die Erstellung von Typ III UPD für Lehmbaumstoffe (Teil 2) [1] die nachfolgenden Begriffe und Abkürzungen:

*Produktkategorieregeln* (PKR) nach DIN EN ISO 14025 enthalten eine Zusammenstellung spezifischer Regeln, Anforderungen oder Leitlinien, um Typ III Umweltproduktdeklarationen für eine oder mehrere Produktkategorien zu erstellen.

*Typ III Umweltproduktdeklarationen* (UPD) nach DIN EN ISO 14025 sind freiwillig und stellen auf der Grundlage festgelegter Parameter quantitative, umweltbezogene Daten und ggf. umweltbezogene Informationen bereit, die den Lebensweg eines Produkts vollständig oder in Teilen abbilden.

*Ökobilanz* (LCA): für Baustoffe nach DIN EN 15804 beinhaltet eine Zusammenstellung und Beurteilung der In- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebenszyklus.

*Sachbilanz* (LCI): Bestandteil der Ökobilanz, der die Zusammenstellung und *Quantifizierung* von In- und Outputs eines Produktsystems im Verlauf seines Lebenszyklus umfasst.

PKR Produktkategorieregeln (engl.: PCR – Product Category Rules)

UPD Umweltproduktdeklaration (engl.: EPD – Environmental Product Declaration)

IM Informationsmodul nach DIN EN 15804

LP Lehmplatte

LP D Lehmplatte für Deckenkonstruktionen

KE Lehmplatte als Klimaelement mit Temperierungssystem

KE D Lehmplatte als Klimaelement mit Mehrschichtverbundrohr (MV) für Deckentemperierung

KE EL Lehmplatte als Klimaelement mit elektrisch betriebenen Temperierungssystem

MV Mehrschichtverbundrohr zur Temperierung

LPM Lehmputzmörtel

LR Lehmbau Regeln des Dachverbandes Lehm e. V. (DVL) [2]

AVV Europäische Abfallverzeichnis-Verordnung [3]

## 2 PRODUKTDEFINITION

### 2.1 Geltungsbereich

Diese Umweltproduktdeklaration (UPD) ist eine Produktdeklaration auf Grundlage der Musterdeklaration bzw. der Produktkategorieregeln des Dachverbandes Lehm e. V. (DVL) für Lehmplatten [4][5]. Die Quantifizierung der auf dieser Basis spezifizierten Ökobilanz für fünf Produkte aus der gleichen Produktionsanlage (Tab. 2.1) beruht auf einer Analyse der vom Hersteller beim DVL hinterlegten Produktdaten, gemessenen Verbrauchswerten zu Energieströmen und einer Werksbegehung:

Tab. 2.1 Hersteller, Verfahrensart und Produktbezeichnung

| Nr. | Hersteller | Werksanschrift                          | Verfahrensart n. Kap. 4.1 | Typ nach DIN 18948  | Produktbezeichnung                                      |
|-----|------------|---|---------------------------|---------------------|---|
| 1   | WEM GmbH   | Rudolf-Diesel-Straße 37<br>56220 Urmitz | Formgestrichen            | A                   | WEM Lehmplatte 16 mm / 25 mm                            |
| 2   | WEM GmbH   | Rudolf-Diesel-Straße 37<br>56220 Urmitz | Formgestrichen            | A/B                 | WEM Lehmplatte D 25mm<br>(mit Acrylat-Dispersion)       |
| 3   | WEM GmbH   | Rudolf-Diesel-Straße 37<br>56220 Urmitz | Formgestrichen            | S<br>(Rohrregister) | WEM Klimaelement MV 25 mm                               |
| 4   | WEM GmbH   | Rudolf-Diesel-Straße 37<br>56220 Urmitz | Formgestrichen            | S<br>(Rohrregister) | WEM Klimaelement MV-D 25 mm<br>(mit Acrylat-Dispersion) |
| 5   | WEM GmbH   | Rudolf-Diesel-Straße 37<br>56220 Urmitz | Formgestrichen            | S<br>(Heizkabel)    | WEM Klimaelement EL 25 mm<br>(mit Acrylat-Dispersion)   |

Die deklarierten Produkte Nr. 1 – 5 sind nach einem in Abs. 4.1 definierten Verfahren im Werk hergestellte, ungebrannte „dünne“ ( $t \leq 1/5$  der Plattenbreite) LP bzw. KE für unterschiedliche Anwendungen nach DIN 18948. Lehmplatten Typ A (*Wand*) und Typ B (*Wand/Decke*) sind zum Beplanken und Bekleiden von Bauteilen im Innenbereich vorgesehen. Als Wand- und Deckenbauteile mit integrierten Heiz- und Kühlelementen (wasserführend oder elektrisch) dienen die Klimaelemente (KE) aus Lehm zur Raumtemperierung und werden Typ S zugeordnet.

Der Systemaufbau der LP u. KE in Tab. 2.1 besteht aus werkseitig hergestellten Lehmplatten, für KE mit integriertem Rohrregister MV zur Temperierung (Nr. 3 u. 4) oder für KE EL mit elektrischer Beheizung (Nr. 5) sowie bauseitiger Beschichtung mit Lehmputzmörtel LPM. Die werkseitigen Energie- und Stoffströme werden in den Modulen IM A1 – A3 dokumentiert. Die bauseitigen Energie- und Stoffströme zur finalen Beschichtung der LP/KE werden in IM A5 dargestellt.

Für die Anwendung gelten die LR DVL [2], das technische Merkblatt TM 05 des DVL [6] sowie die besonderen Herstellerangaben für die verschiedenen Konstruktionen mit LP u. KE.

## 2.2 Produktbeschreibung

Die genannten Produkte sind ungebrannte Platten aus Lehm mit mineralischen und pflanzlichen Zusatzstoffen. Der Baulehm in der Grundmischung der LP / Klimaelemente KE bildet das alleinige Bindemittel. Die deklarierten KE/KE D Typ S sind Sonderprodukte mit integrierten Temperierungssystemen ab Werk. Das Stoffgemisch zur Herstellung der Deckenplatten LP D u. KE D sowie KE EL (in Tab. 2.1 Nr. 2, 4 u.5) enthält < 1 M.-% lösemittelfreie, wasserbasierte Dispersion auf Acrylatbasis-zur Vermeidung von Kondensationsschäden in Kühldecken.

Die deklarierten LP u. KE werden als Systemaufbau bilanziert, der die Gewebeamierung, die Mehrschichtverbundrohre MV zur Temperierung und die bauseitige Beschichtung mit LPM (IM A5) umfasst. Das Formgebungsverfahren nach DIN 18948 für alle deklarierten LP u. KE ist „formgestrichen“.

## 2.3 Einsatzzweck

Die deklarierten LP Typ A/B sind auf die Beplankung bzw. Bekleidung von Wand- bzw. Deckenkonstruktionen ausgelegt (Tab. 2.2). Die KE (Typ S) werden zur Temperierung von Innenräumen eingesetzt. Die hohe Sorptionsfähigkeit des Lehms in den Klimaelementen KE D und KE EL (Tab. 2.1 Nr. 4 u. 5) zur Temperierung von Decken wird durch die Acrylat-Dispersion zur Vermeidung von Kondensationsschäden infolge hoher Luftfeuchtebelastung eingeschränkt. Die KE besitzen *werkseitig* in die Platte eingebettete Temperierungsrohre MV. Sie werden *bauseitig* abschließend mit LPM verputzt.

Tab. 2.2 Typen und Anwendungsbereiche von Lehmplatten nach DIN 18948

| Typ | Anwendungsbereich  |
|-----|--|
| A   | Beplankung von Ständer-/ Abhängkonstruktionen im Bereich von Wänden, Decken und Dachschrägen   |
| B   | Bekleidung von Wänden, Decken und Dachschrägen (Trockenputzplatten)                            |
| S   | Sonderprodukte, z. B. mit werkseitig eingearbeiteten Systemen zur Temperierung von Innenräumen |

## 2.4 Produktnorm / Zulassung / Inverkehrbringen / Anwendungsregeln

- DIN 18942-1:2024-03, *Lehmbaustoffe und Lehmbauprodukte – Teil 1: Begriffe*,
- DIN 18942-100:2024-03, *Lehmbaustoffe und Lehmbauprodukte – Teil 100: Konformitätsnachweis*,
- DIN 18948:2024-03 *Lehmplatten – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*,
- DIN 18947: 2024-03, *Lehmputzmörtel - Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*,
- Lehmbau Regeln des Dachverbandes Lehm e. V. (LR DVL): Weimar 2009, 3. Aufl. [2]
- Montageanleitungen des Herstellers.

Weiterhin gelten die PKR Lehmplatten (LP u. KE) des DVL [5] und damit im Zusammenhang das Dokument „Teil 2“ [1] mit den entsprechenden Begriffsbestimmungen und Abkürzungen sowie das Technische Merkblatt TM 05 des DVL [6]. Darüber hinaus müssen die AVV [3], die Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) [7] sowie die Arbeitsblätter der Hersteller beachtet werden.

## 2.5 Gütesicherung

Die Gütesicherung des Herstellungsprozesses aller LP u. KE erfolgt in Eigenüberwachung gem. DIN 18942-100.

## 2.6 Lieferzustand

Lieferformate von LP u. KE werden in den Abmessungen Länge l x Breite w (i. d. R. Vielfaches von 125 mm) und Dicke t ( $t \leq 1/5$  der Breite w) deklariert (Tab. 2.3). Zulässige Abweichungen vom Nennmaß (Rechtwinkligkeit, Nennlänge, Nennbreite, Nenndicke, Ebenheit) entsprechen der Maßhaltigkeitsklasse MHK II gem. DIN 18948. Die Längs- und Querkanten der deklarierten LP u. KE bilden ein Rechteck. Ihre Ränder sind stumpf ausgebildet.

Die KE, Typ S sind Sonderprodukte gem. DIN 18948 mit werkseitig eingearbeiteten wasserführenden Rohrleitungen aus Mehrschichtverbundmaterial MV oder elektrischen Heizkabeln EL zur Temperierung von Innenräumen im Einbau- bzw. Betriebszustand. Die KE 4 u. 5 enthalten eine Acrylatdispersion < 1 M.-% zur Vermeidung von Kondenswasserschäden, ebenso LP 2 bei Verwendung als Deckenplatte D.

Zum Systemaufbau gehören Befestigungen und bauseitig aufzutragende LP u. KE.

Tab. 2.3 Lieferformate der deklarierten LP u. KE

| Nr.  | max. Format l x w [mm] | Dicke t mm | Maßhaltigkeitsklasse MHK (I – III) | Art der Bewehrung | Einbettung             | Sonderprodukt Typ S |
|------|------------------------|------------|------------------------------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| LP 1 | 1000 x 625             | 16         | +/- 2mm                            | Glasfaser         | -                      | nein                |
|      | 1000 x 625             | 25         | +/- 2mm                            | Glasfaser         | -                      | nein                |
| LP 2 | 1000 x 625             | 25         | +/- 2mm                            | Glasfaser         | -                      | nein                |
| KE 3 | 2000 x 625             | 25         | +/- 2mm                            | Glasfaser         | Mehrschichtverbundrohr | ja                  |
|      | 1600 x 625             | 25         |                                    |                   |                        |                     |
|      | 800 x 625              | 25         |                                    |                   |                        |                     |
| KE 4 | 2000 x 625             | 25         | +/- 2mm                            | Glasfaser         | Mehrschichtverbundrohr | ja                  |
|      | 1600 x 625             | 25         |                                    |                   |                        |                     |
|      | 800 x 625              | 25         |                                    |                   |                        |                     |
| KE 5 | 2000 x 625             | 25         | +/- 2mm                            | Glasfaser         | Heizkabel              | ja                  |
|      | 1600 x 625             | 25         |                                    |                   |                        |                     |
|      | 800 x 625              | 25         |                                    |                   |                        |                     |

## 2.7 Bautechnische Eigenschaften

### 2.7.1 Mechanische / bauphysikalische Eigenschaften

Tab. 2.4 zeigt mechanische / bauphysikalische Eigenschaften nach Deklaration des Herstellers der LP u. KE.

Tab. 2.4 Mechanische / bauphysikalische Eigenschaften der deklarierten LP u. KE

| Eigenschaft   | LP 01<br>Lehm-<br>platte                 | LP 02<br>Lehm-<br>platte D | LP 03<br>Klimaele-<br>ment MV  | LP 04<br>Klimaele-<br>ment MV-D  | LP 05<br>Klimaele-<br>ment EL-D | Einhei-<br>ten           |
|---|--|----------------------------|--|--|---------------------------------|--------------------------|
| Trockenrohddichte $\rho_d$  | 1.560                                    | 1.560                      | 1.560  | 1.560  | 1.560                           | kg/m <sup>3</sup>        |
| Druckfestigkeit   | >2,5                                     | >2,5                       | >2,5   | >2,5   | >2,5                            | N/mm <sup>2</sup>        |
| Wärmeleitfähigkeit $\lambda_R$  | 0,7                                      | 0,7                        | 0,7  | 0,7  | 0,7                             | W/mK                     |
| Wärmespeicherkapazität c  | 1,0                                      | 1,0                        | 1,0  | 1,0  | 1,0                             | kJ/kgK                   |
| Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu$  | 5-10                                     | 5-10                       | 5-10   | 5-10   | 5-10                            | -                        |
| Format<br>• Ebenheit (Schüsselung)<br>• Rechtwinkligkeit<br>• Kantenänderung (Länge/ Breite/ Dicke) | MHK II<br>-2<br>-3<br>+/- 4; +/- 4; +/-3 |                            |  |  |                                 | Klasse<br>mm<br>mm<br>mm |
| Heizleistung  |  |                            | 85 W/m <sup>2</sup> bei<br>$T_{\dot{u}} = 12,5^\circ\text{C}$<br>170 W/m <sup>2</sup><br>bei $T_{\dot{u}} =$<br>22,5°C | 85 W/m <sup>2</sup> bei<br>$T_{\dot{u}} = 12,5^\circ\text{C}$<br>170 W/m <sup>2</sup><br>bei $T_{\dot{u}} =$<br>22,5°C |                                 |                          |

## 2.7.2 Schallschutz

Falls erforderlich, ist die Luftschalldämmung eines Bausystems mit LP u. KE nach DIN EN ISO 717-1 zu bestimmen. Sollen LP u. KE zur Raumakustik beitragen, ist die Schalladsorption des Bausystems nach DIN EN ISO 354 zu ermitteln. Die Schalldämmwerte der deklarierten LP u. KE bei einfacher Beplankung unterschiedlicher Konstruktionen liegen bei 45,6 dB, bei mehrfacher Beplankung bis zu 64,2 dB. Die Schallreduktion erreicht je nach Konstruktion und Beplankung zwischen 2,3 bis 23,9 dB.

## 2.7.3 Luftdurchlässigkeit

Konstruktionen aus LP u. KE mit vollflächigen Lehmputzen mit  $\geq 2$  mm Dicke sind luftdicht.

## 2.8 Brandschutz

Die Baustoffklasse von LP u. KE wird nach DIN 4102-1 bzw. DIN EN 13501-1 bestimmt. Die deklarierten LP u. KE sind der Baustoffklasse A2 (nicht brennbar) nach DIN EN 13501-1 zugeordnet.

## 3 AUSGANGSSTOFFE

### 3.1 Auswahl / Eignung

Die deklarierten LP u. KE bestehen aus Baulehm, Gesteinskörnung und pflanzlichen Zusätzen entsprechend DIN 18948. Der in der Mischung enthaltene Baulehm verbessert die Feuchtesorptionseigenschaften bei Temperierung in Heiz- und Kühlsystemen bei. Es gelten die Stoffverbote und -beschränkungen der DIN 18948 und natureplus RL 1006 [8].

Der mineralische Zusatz ist gemischtkörniger, gewaschener Sand. Als pflanzlicher Zusatz werden Stroh-, Miscanthus- oder Hanffasern beigemischt.

Alle deklarierten LP u. KE erhalten mehrlagige Bewehrungsgewebe aus Glasfasern. LP 1 wird zur Beplankung / von Holzständer-, Innen- und Trennwänden verwendet. LP 2 (Tab. 2.1) wird als „einfache“ Deckenplatte D ohne Rohrregister eingesetzt. In die KE 3 u. 4 werden Heiz- bzw. Kühlregister WEM Mehrschichtverbundrohr, 16 x 2 mm aus PE-RT/ Aluminium/ PE-RT zur Temperierung werkseitig eingebettet. In KE EL 5 werden Elektrokabel zur Temperierung integriert.

Alle Komponenten sind im Falle einer Weiterverwertung nach Ersatzbaustoffverordnung EBV [9] oder bei Entsorgung (Kap. 9.3) nach AVV [3] als inerte Abfälle zu behandeln.

### 3.2 Stofflerläuterung

**Baulehm** gemäß LR DVL [2] ist zur Herstellung von Lehmbaustoffen geeigneter Lehm, bestehend aus einem Gemisch aus schluffigen, sandigen bis kiesigen Gesteinskörnungen und bindekräftigen Tonmineralien. Baulehm wird unterschieden nach Grubenlehm / Lehmaushub, Trockenlehm / Tonmehl und Recyclinglehm. Presslehm als Abfallprodukt der Kieswäsche kann ebenfalls als Baulehm weiterverwertet werden.

Lehmaushub wird erdfeucht dem geologisch „gewachsenen“ Boden entnommen. Der Abbau geschieht oberflächennah frei von Wurzeln und Humusanteilen mittels Schürfkübelraupe / Radlader nach DIN 18300. Beim Abbau von Grubenlehm und Sand werden Belange des Naturschutzes beachtet (nature-plus RL 5003 [10]). Je nach weiterer Verwendung wird unterschieden:

*Primärlehmaushub* wird zielgerichtet für die Herstellung von Lehmbaustoffen abgebaut.

*Sekundärlehmaushub* fällt bei Erdarbeiten (z. B. Kiesgewinnung) oder Tiefbauarbeiten als Bodenaushub an und kann als Sekundärstoff im Lehmbau weiterverwendet werden. Er verliert dadurch seine Abfalleigenschaft. Die deklarierten LP u. KE enthalten gem. *Tab. A1* zu 100 % Sekundärgrubenaushub als Baulehm.

Recyclinglehm ist aus Abbruchbauteilen rückgewonnener Lehmbaustoff. Er liegt i. d. R. als Bestandteil von Baumischabfall (Bauschutt / Baustellenabfälle) vor und muss durch geeignete Trennverfahren von anderen Abfällen separiert werden. Er kann trocken zerkleinert oder durch Wasserzugabe replastifiziert werden. Je nach Verwertung wird unterschieden:

*Primärrecyclinglehm* wird zielgerichtet als Baulehm wiederverwertet. Er verliert seine Abfalleigenschaft aus einem vorherigen Prozesszyklus als Ausgangsstoff für die Herstellung von LP u. KE im aktuellen System.

*Sekundärrecyclinglehm* wird für Anwendungen außerhalb des Lehmbaus weiterverwertet (z. B. Abtrennung der Sandkornfraktion für Betonherstellung / Erdbau / urban mining).

Mineralische Zusatzstoffe: natürliche Sandkörnungen (DIN EN 12620 / DIN EN 13139) mit dem Hauptmineral Quarz sowie natürlichen Neben- und Spurenelementen, Bims und Lavabruchstein. Sie beeinflussen die bauphysikalischen (Trockenrohdichte, Wärmeleitung, Trocknungsschwindmaß) und die baumechanischen (Festigkeits-) Eigenschaften des Endprodukts, vor allem aber die plastischen Eigenschaften des Baulehms. Diese natürlichen Gesteinskörnungen sind Bestandteile geologisch „gewachsener“ Strukturen und können problemlos in geogene Kreisläufe zurückgeführt werden.

Organische Zusatzstoffe / natürlich: landwirtschaftliche Nebenprodukte (hier: Stroh, Miscanthus, Hanf) ohne relevante Rückstände, z. B. aus Herbiziden. Durch organische Zusatzstoffe können die bauphysikalischen Eigenschaften des Endprodukts beeinflusst werden. Faserartige Zusatzstoffe wirken einer Rissbildung der LP u. KE bei Austrocknung / Erhärtung entgegen.

Natürliche organische Zusatzstoffe sind biologisch abbaubar und können problemlos in biogene Kreisläufe zurückgeführt werden. Sie werden dabei durch Bakterien und Pilze unter Energiefreisetzung wieder vollständig zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O umgebaut. Die deklarierten LP u. KE werden nach Lebensende vom Hersteller zurückgenommen und wiederverwendet oder wiederverwertet ohne Freisetzung von CO<sub>2</sub> durch Zersetzung organischer Zusatzstoffe (*Abs. 9.1*).

Organischer Zusatzstoff / künstlich: ist eine Dispersion < 1 M.-% auf Acrylatbasis zur Vermeidung von Kondensationsschäden bei Anwendung der KE u. LP in Kühldeckenkonstruktionen (LP D, KE MV D und KE EL). Die Dispersion kann zu Einschränkungen bei der Wasserdampfsorption und beim Recycling führen (nur Szenario D1 / IM C.6.1 möglich). Die mit Dispersion versehenen LP können im Recycling als LP wiederverwendet werden. Eine trockene / nasse Aufbereitung und Wiederverwertung ist nicht möglich.

Glasfasergewebe: abrollbare Glasfaser-Gittergewebe, Kett- / Schussfäden ca. 16/16 Fäden pro 10 cm, lichte Maschenweiten ca. 6 x 6 mm zur Oberflächen- bzw. Fugenarmierung von LP und an Materialübergängen. Glasfasergarn ist mit Polymerappretierung ausgestattet, alkalibeständig, unverrottbar und nach Nutzung als inerter Abfall zu deponieren.

Werkseitig eingearbeitete Temperaturübertragungssysteme bestehen aus industriell hergestellten, 100 % sauerstoffdichten Mehrschichtverbundrohren aus Aluminium und mehrschichtiger Kunststoffummantelung. KE EL enthalten werkseitig integrierte elektrische Heizkabel zur Temperierung.

Wasser ist „Anmachwasser“ zum Erreichen der geeigneten Verarbeitungskonsistenz der Arbeitsmasse für den Formgebungsprozess der LP u. KE und grundsätzlich notwendig. Durch Verdunstung des Anmachwassers erhärten LP u. KE und erreichen ihre vorgesehenen Produkteigenschaften. Erhärtete LP u. KE können (außer mit Acrylat-Dispersion stabilisierter) durch Wässerung replastifiziert und für neue LP u. KE oder in anderen Prozessen baustofflich verwertet werden.

### 3.3 Bereitstellung

Die identifizierten Baulehmkategorien sind Ausgangsstoffe für die Herstellung von Lehmbaustoffen. Sekundärrecyclinglehm verlässt den Lehm-Stoffkreislauf und wird zum Ausgangsstoff in einem anderen Produktsystem oder als Abfall deponiert. Die Baulehmkategorien werden vor einer Bilanzierung im IM A1 hinsichtlich der Art ihrer Bereitstellung nach Abs. 3.2 klassifiziert.

### 3.4 Verfügbarkeit

Alle mineralischen Rohstoffe sind in ihrer Verfügbarkeit als „geologisch gewachsene“ Naturstoffe generell begrenzt. Neben der primären Entnahme aus Ton- bzw. Lehmgruben soll deshalb bevorzugt bei Erdarbeiten anfallender, geeigneter Bodenaushub als Sekundärrohstoff verarbeitet werden.

Aufgrund der besonderen hydraulischen Eigenschaften des bindekräftigen Lehms ist eine Replastifizierung und Wiederverwertung von LP ohne Acrylatzusatz jederzeit möglich. Eine Rohstoffknappheit besteht nicht. Alle Pflanzenteile und -fasern sind nachwachsende Rohstoffe.

Ein bisher kaum erschlossenes Rohstoffpotenzial für die Herstellung von Lehmbaustoffen ist die Rückgewinnung von LP u. KE oder von mineralischen Komponenten in LP u. KE aus Abbruchbauteilen / Baumischabfall als Primär- bzw. Sekundärrecyclinglehm. Die Rückgewinnungspotenziale der deklarierten LP u. KE werden in den IM D1 – D3 quantifiziert.

Bauseitig eingearbeitete Wärmeübertragungssysteme sind ausreichend vorhanden. Die Mehrschichtverbundrohre lassen sich nach Rückbau durch Wässerung von der umgebenden Lehmmasse trennen und stofflich wiederverwerten.

## 4 PRODUKTHERSTELLUNG

Für die Herstellung von LP u. KE sind gem. DIN 18948 die Formgebungsverfahren „Streichen“, „Stampfen“ und „Pressen“ definiert. Die Formgebung der deklarierten LP u. KE erfolgt auf derselben Anlage durch „Abstreichen“ der in Formbleche eingebrachten, für alle LP u. KE gleichen Lehmmischung. Die Heiz- / Kühlschlangen der KE Typ S werden mit der Formgebung in die nasse Lehmmischung eingebettet.

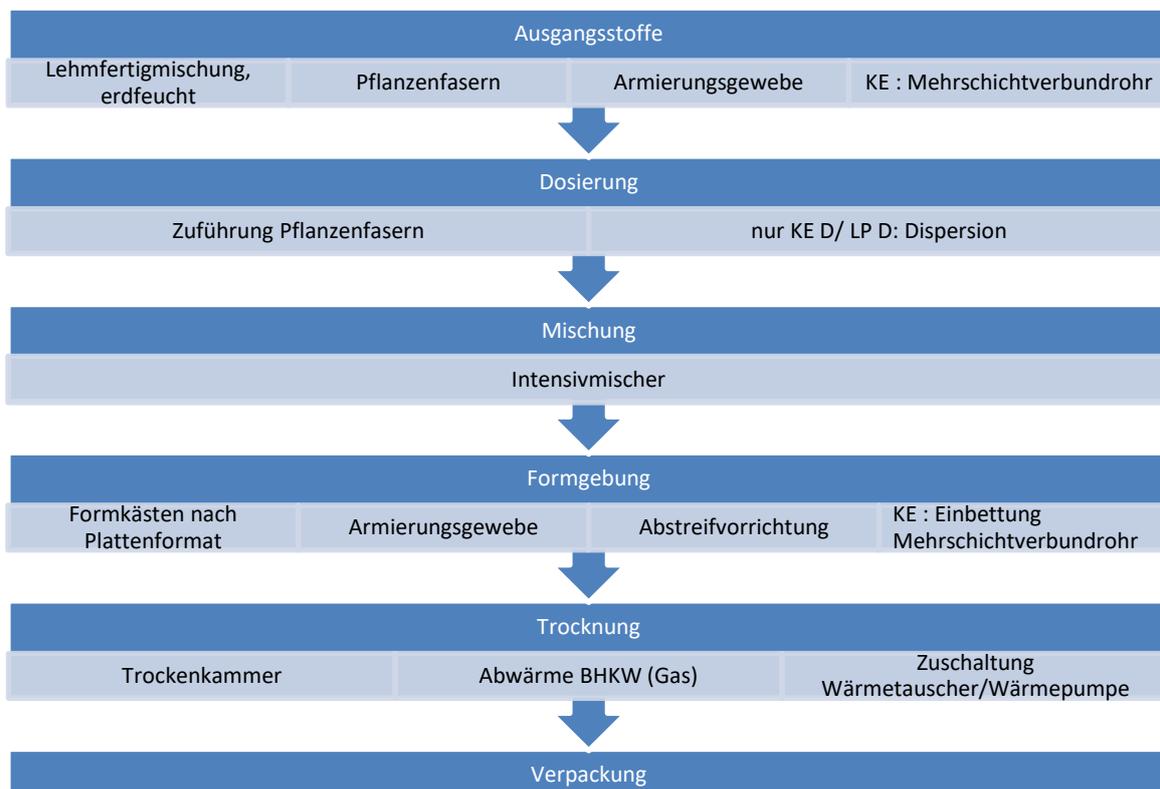
### 4.1 Verfahrensschema

Das angewandte Trocknungsverfahren nutzt die Abwärme zweier mit Erdgas betriebener, wärmegeführter Blockheizkraftwerke (BHKW). Diese Kraft-Wärme-Kopplung wird durch Zuschaltung einer Wärmepumpe und Wärmerückgewinnungsanlage optimiert.

Nach Fertigstellung werden die LP u. KE auf Holzpaletten gestapelt und mit einer Schutzfolie transportfertig verpackt.

*Bild 4.1* zeigt das Produktsystem „Lehmplatte, „formgestrichen“ mit den relevanten Prozessmodulen für den IM A3 „Herstellung“ ohne Transporte:

- erdfeuchte Lehmfertigmischung wird über Transportbänder dem Intensivmischer zugeführt
- zerkleinerte Miscanthus- und Hanffasern werden im Mischvorgang gravimetrisch zugegeben
- nur für LP D, KE MV-D und KE EL: Zudosierung der Acrylatdispersion < 1 M.-%
- Mischvorgang wird über die Drehgeschwindigkeit des Mixers und die Mischzeit geregelt
- Lehmmasse wird aus Zwischenspeicher in Formkästen im Format der LP u. KE gefüllt
- Formkästen laufen über eine Rollenbahn mit darüber angeordneter Abstreifvorrichtung
- Glasfaser-Armierungsgewebe werden in die Unter- und Oberseite der LP u. KE eingebettet
- Die feuchten Rohlinge werden in Stellagen eingeschoben und in der mit Abwärme aus dem BHKW beheizten Trockenkammer getrocknet. Der Trocknungsprozess kann durch Temperatur- bzw. Feuchtemessung und Zuschaltung von Wärmetauschern reguliert werden.
- Nach Aufstapeln der trockenen und kontrollierten LP u. KE auf Mehrweg-Holzpaletten wird das Paket mit Pappe und Spannbändern verpackt und witterungsgeschützt gelagert.



*Bild 4.1 Herstellungsschema „Lehmplatten/Klimaelemente, formgestrichen“*

## 4.2 Gesundheitsschutz Herstellung

Die Grenzwerte der TA Luft [11] werden eingehalten.

## 4.3 Umweltschutz Herstellung

### 4.3.1 Abfall

Mineralische Abfälle aus dem Produktionsprozess (*Bild 4.1*) werden in den laufenden Herstellungsprozess zurückgeführt.

### 4.3.2 Wasser / Boden

Belastungen von Wasser / Boden entstehen nicht. Das erfasste und beschriebene Herstellungsverfahren arbeitet abwasserfrei.

### 4.3.3 Lärm

Die geforderten Grenzwerte werden eingehalten.

### 4.3.4 Luft

Bei künstlicher Trocknung der LP u. KE (Trockenkammern) entstehende Emissionen liegen unter den Grenzwerten der TA Luft [11]. Maßnahmen des Umweltschutzes sind ausgerichtet auf möglichst geringen Energieverbrauch und schadstoffarme Abluft. Luftemissionen durch den Betrieb von Fahrzeugen im Werk werden im Rahmen der Ökobilanz als Output des spezifischen Einsatzes von Flüssiggas erfasst und bewertet.

## 5 PRODUKTVERARBEITUNG

### 5.1 Verarbeitungshinweise

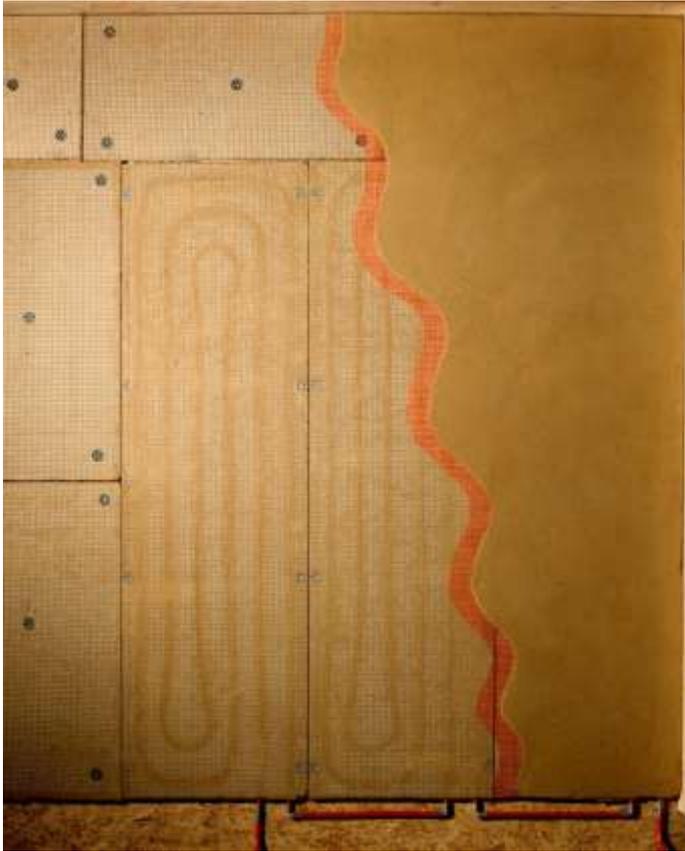
Die Verarbeitung der deklarierten LP u. KE erfolgt unter Beachtung der DIN 18948, LR DVL [2] und Herstellerangaben.

LP u. KE des Typs A nach *Tab.2.2* werden, wenn vom Hersteller nicht anders angegeben, mit der Unterkonstruktion punktuell verschraubt. LP u. KE zur Bekleidung / Beplankung von Bauteilen und zur Temperierung sind Teil eines Bausystems. Der Aufbau der Systemkomponenten ist aufeinander abgestimmt und insgesamt zur Erstellung eines gebrauchstauglichen Bauteils geeignet. Die Systemkomponenten werden vom Deklarationsinhaber benannt und beschrieben. Für LP u. KE muss der Einbaubereich EB gemäß DIN 4103-1 deklariert werden (EB1: Bereiche mit geringer Menschenansammlung, EB2: Bereiche mit großer Menschenansammlung).

Bei der Beplankung von Holzständerkonstruktionen mit LP u. KE des Typs A / S sind die Herstellerangaben zur Wahl der Befestigungspunkte entsprechend des vorgegebenen Systemrasters der Unterkonstruktion einzuhalten. Vom Systemanbieter sind weiterhin geeignete Befestigungsmittel an die Unterkonstruktion sowie für Konsollasten zu benennen. Die Platten werden versetzt befestigt und auf den Ständern der Unterkonstruktion (entsprechend bei Decken und Dachschrägen) gestoßen.

Für die Verarbeitung von LP u. KE kommen i. d. R. übliche Geräte des Trockenbaus (z. B. Stichsäge, Handkreissäge, Trennscheibe) zum Einsatz. Für die weitere Verarbeitung sind die Herstellerangaben insbesondere zur Befestigung und zur bauseitigen Beschichtung mit Lehmputzmörtel der LP u. KE, Typ S mit integrierten Temperierungssystemen (*Bild 5.1*) zu beachten. In *Bild 5.1* sind deklarierte LP u. KE in einem typischen Systemaufbau dargestellt.

Dieser baustellenseitige Systemaufbau wird in IM A5 bilanziert. An die Baustelle gelieferte LP u. KE müssen trocken und witterungsgeschützt gelagert werden.



Wandaufbau von links nach rechts:

- Lehmplatten 25 mm
- Klimatelemente m. Rohrregistern 25 mm
- beidseitige Armierungsgewebe
- finaler Lehmputzauftrag max. 10 mm

*Bild 5.1 LP u. KE mit integriertem Temperierungssystem Heizen/Kühlen im Systemaufbau (WEM GmbH)*

## **5.2 Arbeitsschutz / Umweltschutz**

Es gelten die Regelwerke der Berufsgenossenschaften und die jeweiligen Sicherheitsdatenblätter der Bauprodukte. Während der Verarbeitung von LP u. KE sind keine besonderen Maßnahmen zum Schutz der Umwelt zu treffen. Staubemissionen, z. B. bei Schneid- und Trennarbeiten, liegen unterhalb der geforderten Grenzwerte zur Staubfreisetzung der TA Luft [11]. Vorsorglich werden Atemschutzmasken verwendet.

## **5.3 Restmaterial**

Auf der Baustelle anfallende Verpackungen und Mehrwegpaletten aus Holz und LP u. KE-Reste werden getrennt gesammelt. LP u. KE-Reste können vom Herstellerwerk zurückgenommen und dort ggf. in den Produktionsprozess zurückgeführt werden.

## **5.4 Verpackung**

Mehrwegpaletten aus Holz werden vom Hersteller oder durch den Baustoffhandel zurückgenommen (Pfandsystem) und in den Produktionsprozess zurückgeführt. Schutzfolie wird sortenrein durch duale Entsorgungssysteme dem Recyclingprozess zugeführt.

# **6 NUTZUNGSZUSTAND**

## **6.1 Inhaltsstoffe**

Bei der Produktion von LP u. KE werden die natürlichen Ausgangsstoffe Baulehm und ggf. organische (pflanzliche) Fasern sowie für Kühldecken eine acrylathaltige Dispersion mit < 1 M.-% verwendet.

Diese Inhaltsstoffe sind im Nutzungszustand durch die Tonmineralien des Baulehms als feste Stoffe im Bauteil gebunden. Dieser Verbund ist wasserlöslich.

## 6.2 Wirkungsbeziehungen Umwelt / Gesundheit

Die deklarierten LP u. KE enthalten keine schädlichen Stoffe wie z. B. flüchtige organische Komponenten (VOC, TVOC), Formaldehyd, Isocyanate usw. Entsprechende schädigende Emissionen sind deshalb auch nicht zu erwarten. Die LP u. KE sind im verarbeiteten Zustand geruchsneutral.

Die Mikroporenstruktur der Tonmineralien des Baulehms ermöglicht eine rasche, besonders hohe Adsorption / Desorption von überschüssigem Wasserdampf im Innenraum bei LP 01 und KE MV (*Tab. 2.1 Nr.1 und 3*). Bei den mit Acrylatdispersion versehenen LP u. KE wird diese Eigenschaft eingeschränkt. Der Systemaufbau der LP u. KE mit einer vom Hersteller vorgesehenen, bauseitig aufzutragenden Lehmputzschicht trägt zu einem ausgeglichenen Innenraumklima bei.

Die natürliche ionisierende Strahlung der deklarierten LP u. KE ist sehr gering und gesundheitlich unbedenklich. Die Lehmmischung der deklarierten LP u. KE weist einen Aktivitätskonzentrationsindex  $I < 1$  auf [5].

## 6.3 Beständigkeit / Nutzungsdauer

Tonminerale sind nicht hydraulische Bindemittel, d. h. sie erhärten nur an der Luft und werden bei Wiederbefeuchtung erneut plastisch. Die Anwendung von LP u. KE ist deshalb auf den Bereich des deklarierten Plattentyps nach *Tab. 2.2* beschränkt. Bauteile mit Beplankungen / Bekleidungen aus LP u. KE sind über den gesamten Nutzungszeitraum vor stehendem und fließendem Wasser sowie dauerhafter Durchfeuchtung zu schützen. LP u. KE sind darüber hinaus für eine Anwendung in Spritzwasserbereichen von Küchen und Bädern sowie in Räumen mit dauerhaft stark erhöhter Luftfeuchte (z. B. Schwimmbäder, gewerbliche Küchen) ungeeignet.

Die deklarierten LP u. KE erfüllen die Anforderungen an die Maßhaltigkeit der auf die Baustelle gelieferten Produkte gem. *Tab. 2.2*.

# 7 AUSSERGEWÖHNLICHE EINWIRKUNGEN

## 7.1 Brand

Die deklarierten LP u. KE sind der Baustoffklasse A2 zugeordnet. Die Einordnung in Feuerwiderstandsklassen hängt von brandschutztechnischen Belegprüfungen der jeweiligen Konstruktionen ab.

Im Brandfall können sich keine toxischen Gase / Dämpfe entwickeln. Bei LP u. KE mit organischen Zusatzstoffen können geringe Mengen CO entstehen.

Zur Brandbekämpfung eingesetztes Löschwasser kann Schäden an Bauteilen aus temperierten LP u. KE erzeugen. Abgeschwemmtes Material von LP u. KE im Löschwasser erzeugt keine Umweltrisiken.

## 7.2 Hochwasser

Unter Wassereinwirkung (z. B. Hochwasser) können LP u. KE replastifiziert und ausgewaschen werden. Dabei werden keine wassergefährdenden Stoffe freigesetzt. Aufgeweichte Bereiche müssen ggf. auf ihre Stabilität untersucht werden.

## 7.3 Havarie Wasserleitungen

Infolge von Schäden an Wasserleitungen kann im Gebäude Wasser austreten und verarbeitete LP u. KE aufweichen. Aufgeweichte Bereiche müssen ggf. auf ihre Stabilität untersucht werden.

## 8 HINWEISE ZUR NUTZUNGSPHASE

Die deklarierten LP u. KE emittieren keine umwelt- oder gesundheitsgefährdenden flüchtigen organischen Verbindungen (VOC, TVOC).

Die dynamische Luftfeuchtesorption der LP u. KE in der Nutzungsphase hat Auswirkungen auf das Raumklima und trägt damit zur energetischen Optimierung notwendiger Luftwechselraten bei. Entsprechende Nachweise nach DIN 18948, A.2 sind in *Tab. 2.4* dokumentiert.

Die Lebensdauer von verarbeiteten LP u. KE ist abhängig von der jeweiligen Konstruktion, der Nutzungssituation, dem Nutzer selbst, Unterhalt und Wartung usw. Deshalb ist die Nutzungsphase nur in Form von Szenarien zu beschreiben.

## 9 NACHNUTZUNGSPHASE

### 9.1 Recycling

Der Haltbarkeitszeitraum der deklarierten LP u. KE liegt i. a. über dem Nutzungszeitraum der errichteten Gebäude. Bauteile, in denen die LP u. KE verarbeitet wurden, können i. d. R. in einfacher, manueller Weise demontiert werden. Alle deklarierten LP u. KE können bei zielgerichteter Demontage für den gleichen Zweck wiederverwendet werden.

Bei einer Wiederverwendung dürfen die zurückgebauten LP u. KE keine Spuren aus chemischen / biologischen Einwirkungen aus der zurückliegenden Nutzung enthalten (bauschädigende Salze, Moose / Algen, Hausschwamm, Schimmel, Pilze usw.).

Durch Demontage (Abschrauben) oder bei Gebäudeabriss sortenrein und frei von Reststoffen (z. B. Altanstriche) rückgewonnene LP 1 und KE MV (*Tab. 2.1 Nr. 1 u. 3*) können durch Wasserzugabe ohne zusätzlichen Energieaufwand replastifiziert und einem erneuten Formgebungsprozess zugeführt und wiederverwertet werden. Ihre ursprüngliche Zusammensetzung entspricht den für eine Wiederverwertung als LP geforderten Eigenschaften. Ggf. ist eine Abmagerung oder Ergänzung von Tonmineralien oder pflanzlichen Zusätzen erforderlich. LP 2 kann als Deckenplatte D weiterverwendet werden.

Bei Wässerung der KE (LP 3 – 5) löst sich die lehmhaltige Ummantelung von dem integrierten Rohrregister / E-Kabeln. Das Rohrregister / die E-Kabel sind sortenrein wiederverwendbar oder stofflich wiederverwertbar.

Alternativ lassen sich demontierte LP 1 ohne Rohrregister, E-Kabel und Acrylatdispersion maschinell zerkleinern und als trockenes Recyclingmaterial, vorwiegend Baulehm und Gesteinskörnung, als Ausgangsstoff für neue, andere Lehmbauprodukte wiederverwerten.

Die Rücknahme und direkte Wiederverwendung demontierter LP u. KE sind das präferierte Rückgewinnungsszenario in IM D1 für alle deklarierten LP u. KE.

### 9.2 Verwertung von Abfällen und Verpackungen

Die Verwertung von Verpackungen wird von zertifizierten Entsorgern gem. Abfallwirtschaftsgesetz (KrW-/AbfG) [12] durchgeführt. Bei der Herstellung von LP u. KE entstehen keine Produktionsabfälle. Überschüssige Lehmmischungen gehen zurück in den Produktionsprozess.

### 9.3 Entsorgung

Bei Gebäudeabriss zurückgebaute, nicht sortenrein gewinnbare LP u. KE, die für eine direkte Wiederverwendung oder Weiterverwertung ungeeignet sind, können auf Grund ihres chemisch neutralen und inerten Verhaltens auf Deponien der Deponieklasse A eingelagert werden (AVV Abfallschlüssel 17 09

04 [3]). Sie stellen keine außergewöhnlichen Belastungen für die Umwelt dar und können in *Tab. A.4* als Siedlungsabfall (NHWD) deklariert werden.

Die mehrschichtigen Temperierungssysteme aus Kunststoff und Aluminium lassen sich nach Ablösung der (mit Acrylatdispersion versetzten) Lehmenteile den AVV Abfallschlüsseln 17 02 03 (Kunststoffe) bzw. 17 04 02 (Aluminium) zuordnen.

## 10 NACHWEISE

Die Messung des Radionuklidgehaltes [Bq/kg] für Ra-226, Th-232 und K-40 der verwendeten Lehmmischung für alle deklarierten LP u. KE ergibt einen Aktivitätskonzentrationsindex von  $I < 1$  [5].

### TEIL A SACHBILANZ

#### A.1 Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit für die Herstellung von LP u. KE ist in DIN 18948, A.3 sowie in der entsprechenden PKR [5] geregelt und wird volumenbezogen mit einem Kubikmeter (1 m<sup>3</sup>) festgelegt.

#### A.2 Betrachtungszeitraum

Die eingesetzten Mengen an Rohstoffen, Energien sowie Verpackungen sind als Mittelwert von zwölf Monaten (Jahr 2023) im betrachteten Werk Urmitz berücksichtigt.

#### A.3 Ergebnisse

Die Sachbilanz nach DIN EN ISO 14040, DIN EN ISO 14044 bzw. DIN EN 15804 dient der Quantifizierung der In- und Outputströme des Produktsystems LP u. KE auf Basis der Datenerhebung im Werk. Alle Daten beziehen sich auf das Formstreichverfahren (*Abs. 4.1*). Das untersuchte Trocknungsverfahren basiert auf einer Kombination mit Erdgas betriebener Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit einem Wärmetauscher und einer Wärmerückgewinnungsanlage.

Die Daten beziehen sich auf mehrere Plattentypen, die ein Gesamtsystem (*Abb. 5.1*) bilden:

- LP 1 – 2 nach *Tab. 2.1* in unterschiedlichen Dicken ohne Temperierungssystem
- KE 3 – 4 nach *Tab. 2.1* je 25 mm dick mit integriertem Mehrschicht-Rohrsystem zur Temperierung
- KE 5 nach *Tab. 2.1* 25 mm dick mit integriertem elektrischem Heizkabel.

LP 2, KE 4 und KE 5 enthalten einen acrylathaltigen Zusatz.

*Tab. A.1* bildet die In- und Outputfaktoren für die deklarierten LP u. KE ab. Hauptinputfaktoren sind die mineralischen und pflanzlichen Ausgangsstoffe der LP u. KE, das Temperierungssystem und die thermische Energie aus der Kraft-Wärme-Koppelung. Die Formgebung aller LP u. KE erfolgt mit Anmachwasser zur Ausgangsmischung, das im Trocknungsprozess verdampft.

Tab. A.1 Sachbilanz der deklarierten LP u. KE

| Lehm-/Klimaplatzen<br>Tpy A/B und TYP S | Produkte nach Tab. 2.1 |          |                           |                             |                           |              | Bemerkungen   |
|---|------------------------|----------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------|---|
|   | LP 1                   | LP 2     | LP 3                      | LP 4                        | LP 5                      | Einheiten    |   |
|   | WEM LP                 | WEM LP D | WEM<br>Klimaelement<br>MV | WEM<br>Klimaelement<br>MV-D | WEM<br>Klimaelement<br>EL |              |   |
| <b>INPUTFAKTOREN</b>                    |                        |          |                           |                             |                           |              |   |
| Lehmaushub                              | 706                    | 706      | 706                       | 706                         | 706                       | kg/m³ LP     |   |
| - Primärlehmaushub                      | -                      | -        | -                         | -                           | -                         | kg/m³ LP     |   |
| - Sekundärlehmaushub                    | 706                    | 706      | 706                       | 706                         | 706                       | kg/m³ LP     | Bodenaushub, -abfall  |
| Trockenlehm                             | 24                     | 24       | 24                        | 24                          | 24                        | kg/m³ LP     | für LPM-Beschichtung bei max. 10mm  |
| Gesteinskörnung                         | 888                    | 888      | 888                       | 888                         | 888                       | kg/m³ LP     |   |
| Zusätze, künstlich                      |                        | <1 M.-%  |                           | <1 M.-%                     | <1 M.-%                   | m³ LP        | Dispersion  |
| Pflanzliche Zusätze                     | 2                      | 2        | 2                         | 2                           | 2                         | kg/m³ LP     | Strohfasern u.ä.  |
| Temperierungssysteme                    | -                      | -        | 10                        | 10                          | 10                        | m/m² KE      | Mehrschichtverbundrohrregister (LP 3 u. 4, MV) oder elektr. Heizkabel (LP 5, KE EL) |
| <b>Energieinput</b>                     |                        |          |                           |                             |                           |              |   |
| <b>Herstellung</b>                      |                        |          |                           |                             |                           |              |   |
| elektrische Energie                     | 257                    | 257      | 257                       | 257                         | 257                       | MJ/m² LP/KE  | Strom aus Wasserkraft   |
| Wärmeenergie (KWK)                      | 2478                   | 2478     | 2478                      | 2478                        | 2478                      | MJ/m² LP/KE  | Erdgas  |
| Flüssiggas                              | 0,40                   | 0,40     | 0,40                      | 0,40                        | 0,40                      | kg/ m³ LP/KE | Werkverkehr   |
| Frischwasser                            | 0,276                  | 0,276    | 0,276                     | 0,276                       | 0,276                     | m³/m² LP/KE  |   |
| Holzpaletten                            | 20                     | 20       | 20                        | 20                          | 20                        | kg/m³ LP/KE  | Mehrweg   |
| PE Folie                                | 0,0002                 | 0,0002   | 0,0002                    | 0,0002                      | 0,0002                    | kg/m³ LP/KE  | t > 20 µm; 2 m² / Palette   |
| <b>OUTPUTFAKTOREN</b>                   |                        |          |                           |                             |                           |              |   |
| LP/KE                                   | 1                      | 1        | 1                         | 1                           | 1                         | m³ LP/KE     | Funktionale Einheiten   |
| Exportierte Elektr. Energie             | 265                    | 265      | 265                       | 265                         | 265                       | MJ(m³ LP/KE  | KWK   |
| Abfälle (indirekt)                      | 36                     | 37       | 53                        | 54                          | 53                        | kg/m³ LP/KE  | aus Vorketten   |
| Abwasser                                | -                      | -        | -                         | -                           | -                         |              | Abwasserfreie Produktion  |

Die deklarierten LP u. KE bestehen zu ca. 45 M.-% aus Sekundärlehmaushub aus der Kiesgewinnung oder anderen Erdaushüben. Zum betrachteten System gehört eine finale Beschichtung der LP u. KE mit max. 10 mm LPM, der als Trockenwerkmörtel mit Trockenlehm dosiert und gemischt wird.

Die in Tab. A.1 bezifferten pflanzlichen Zusatzstoffe ergeben sich aus den spezifischen Rezepturen für die Plattenmatrix und die LPM-Beschichtung.

Die Deckenplatten (LP D Nr. 2 und KE MV-D Nr. 4 sowie KE EL Nr. 5) enthalten wässrige, lösemittel-freie Acrylatdispersion < 1 M.-%/m³. Der Zusatz verhindert die Kondensatbildung bei Deckensystemen zur Kühlung, kann aber zu Einschränkungen beim Recycling führen.

Das Rohrregister zur Temperierung der Klimaelemente für Wand- oder Deckenkonstruktionen besteht aus einem mehrschichtigen Verbund aus PE und Al. Darin enthalten sind 1,38E-01 kg Sekundärstoffe aus recyceltem Aluminium und Kunststoff. In einem m² Klimaelement sind 10 m dieser Mehrschichtverbundrohre mit einem Gewicht von 1 kg eingebettet. In einem KE EL sind 10 m elektrische Heizkabel zur Temperierung integriert.

Der Gasverbrauch zur Trocknung beträgt im Jahresdurchschnitt 2.478 MJ/m³ LP u. KE. Frischwasser zur Formgebung verdampft im Trocknungsprozess. Die feuchtegesättigte Abluft erhitzt die Luftzufuhr über die in die Trockenkammer integrierte Wärmerückgewinnungsanlage (Wärmetauscher). Die Wärmeenergie erzeugt ein wärmegeführtes BHKW [19]. Die dabei entstehende überschüssige elektrische

Energie (265 MJ/m<sup>3</sup> LP u. KE) wird ins Stromnetz eingespeist. Ein zusätzlicher temporärer Strombedarf i. H. v. 257 MJ/m<sup>3</sup> LP u. KE wird aus Wasserkraft gedeckt.

## TEIL B ÖKOBILANZ

Die Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 / DIN EN ISO14044 zur Erstellung einer Typ III UPD nach DIN EN 15804 beruht auf einer Lebenszyklusanalyse (LCA) nach Herstellerangaben, bei der für jede deklarierte Zyklusstufe die Ressourcenverbräuche und entsprechende potenzielle Umweltwirkungen abgeleitet werden. Die Bilanzdaten sind Durchschnittswerte bezogen auf das angegebene Gesamtvolumen in m<sup>3</sup> im Produktionsjahr 2023. *Tab. B1* enthält Umrechnungsfaktoren zur deklarierten Einheit.

*Tab. B.1 Deklarierte Einheit*

| Deklarierte Einheit | 1    | m <sup>3</sup>    |
|---------------------|------|-------------------|
| Rohdichte           | 1560 | kg/m <sup>3</sup> |
| Flächengewicht      | 35   | m <sup>2</sup>    |

### B.1 Ziel der Analyse

Ein erstes Ziel der Analyse ist die Erstellung einer Typ III UPD nach DIN EN ISO 14025 als Umweltinformation für die Planung und Ausführung von Bauteilen / Konstruktionen mit LP u. KE. Ein weiteres Ziel bezieht sich auf die Optimierung von Produktionsprozessen und Verfahrenstechniken durch das Aufzeigen ökologischer Schwachstellen, durch deren Beseitigung Umweltbelastungen reduziert werden können. Ein drittes Ziel ist die Beantwortung der Frage, ob sich aus Gebäudeabbruch oder Demontage zurückgewonnene LP u. KE mit „ökologischem Gewinn“ wiederverwenden bzw. wiederverwerten lassen (IM D1 – D3).

### B.2 Zielgruppen der Analyse

Zielgruppen der Analyse sind Hersteller, Anwender der LP u. KE, Planer und Entscheidungsträger, die die Ergebnisse zur ökologischen Optimierung eines Bauteils oder Bauwerks verwenden können.

### B.3 Referenznutzungsdauer

Die Referenznutzungsdauer (RSL – Reference Service Life) ist die Nutzungsdauer, die unter der Annahme bestimmter Nutzungsbedingungen (z. B. Standardnutzungsbedingungen) für ein Bauprodukt zu erwarten ist. Mit Bezug auf den Nutzungsdauerkatalog der Bau-EPD GmbH, Version 2014 [14] wird eine RSL für LP u. KE von 50 Jahren zugrunde gelegt.

### B.4 Abschneidekriterium

Entsprechend DIN 18948, A.3 werden alle Stoffflüsse berücksichtigt, die in das Produktionssystem fließen (Inputs) und mehr als 1 % der Gesamtmasse der Stoffflüsse oder mehr als 1 % des Primärenergieverbrauchs betragen. Das betrifft die Holzpaletten und Verpackungsfolien.

Abweichend davon werden auch alle Stoffflüsse erfasst, deren Umweltauswirkungen < 1 % der gesamten Auswirkungen einer in der Bilanz berücksichtigten Wirkungskategorie darstellen. Das trifft insbesondere auf natürliche Pflanzenfasern (z. B. Stroh, Miscanthus, Hanf) und auf die Acrylatdispersion für KE MV D, KE EL und LP D zu.

Die zur Herstellung benötigten Maschinen, Anlagen und Infrastruktur wurden nicht bilanziert.

## B.5 Annahmen und Abschätzungen

Die Annahmen und Abschätzungen betreffen Grubenlehm als Sekundärrohstoff, Pflanzenanteile, die Abfallaufbereitung (IM C3), die Deponierung (IM C4) sowie die Rückgewinnungspotenziale (IM D1 – D3).

Lehmaushub: Die Angaben der Hersteller zur Bereitstellung des Ausgangsstoffes Erdaushub (Grubenlehm) werden getrennt nach Primär- und Sekundärgrubenlehm erfasst:

Bei *Primärlehmaushub* wird der gesamte Abbauprozess mit Rekultivierungsmaßnahmen bewertet. Der Ressourceneinsatz und die Umweltwirkungen der Prozesse des Grubenbetriebes entfallen auf die Lehm- bauprodukte.

*Sekundärlehmaushub* wie auch Recyclinglehm entstammen Vorprozessen, die ursprünglich mineralische Abfallstoffe außerhalb der Systemgrenze waren und sich beim Eintritt in das System LP u. KE zu Ausgangsstoffen für deren Herstellung verwandeln. Diese Vorprozesse außerhalb des Systems werden in der Bilanz nicht berücksichtigt. Sekundärgrubenlehm wird in *Tab. A.1, Z. 8* als „eingesetzte Sekundärstoffe SM“ erfasst.

Trockenlehm ist getrockneter, ggf. gemahlener Lehmaushub. Trockenlehm wird nach der vorliegenden EMAS-zertifizierten Umweltbilanz eines Herstellers bewertet [15]. Danach bemisst sich auch der Substitutionseffekt durch trocken rückgewonnene und aufbereitete Lehmenteile aus demontierten LP u. KE im IM D3.

Pflanzenanteile: Für alle *Faseranteile* fand die UPD Baustroh [16] Anwendung. Die darin enthaltenen energetischen Rückgewinnungspotenziale blieben unberücksichtigt, nicht jedoch das gebundene CO<sub>2</sub> in Höhe von 1,27 kg / kg Stroh.

Während des Pflanzenwachstums wird der Atmosphäre durch die Photosynthese CO<sub>2</sub> entzogen und in Form von C in den Pflanzen eingelagert. Am Ende des Lebenszyklus wird dieser C nur bei energetischer Verwertung wieder in die Atmosphäre entlassen. LP u. KE werden am Lebensende nicht energetisch verwertet, sondern demontiert, herstellerseitig zurückgenommen und wiederverwendet (IM D1) oder stofflich wiederverwertet (IM D2/D3). Somit verbleibt das gebundene CO<sub>2</sub> des Pflanzenanteils technisch im System. Gemäß DIN EN 15804, Abs. C.2.4 müssen Emissionen von biogenem CO<sub>2</sub> aus Biomasse und Übergänge von Biomasse in nachfolgende Produktsysteme als +1 kg CO<sub>2</sub>-Äq/kg CO<sub>2</sub> des biogenen Kohlenstoffs charakterisiert werden. Die CO<sub>2</sub>-Gutschrift wird entsprechend der normativen Vorgabe in IM C3 bzw. IM C4 bilanziell wieder aufgelöst.

*Demontage (C1)*: LP u. KE finden ausschließlich Anwendung im Trockenbau als Decken- und Wandbekleidung. Die LP u. KE werden entsprechend der Herstellerangaben auf einem Ständerwerk verschraubt (*Abs. 5.1*). Sie lassen sich weitgehend zerstörungsfrei und einfach manuell demontieren, etwa bei Umbauten in Gebäuden. Ein Gebäudeabriss ist nicht erforderlich. Auf eine Quantifizierung des Demontageaufwandes wurde verzichtet, da es sich überwiegend um manuelle Arbeit handelt. Die Energie- und Stoffströme werden mit Null bewertet.

*Abfallaufbereitung (C3)*: Die Annahmen zum IM C3 für LP basieren auf Untersuchungen der FH Potsdam zur Aufbereitung durch Auflösung in Wasser (Einsumpfen / Nassverfahren) und trockenes Zermahlen (Trockenverfahren) [17][18]. Dabei wurde eine im Baustoffrecycling übliche Schreddertechnik mit einem Prallbrecher unterstellt. Dazu wurde die Stoffzusammensetzung hinsichtlich der Möglichkeit der Wiederverwertung für neue LP oder zur Weiterverwertung für andere Lehmabbaustoffe labortechnisch analysiert.

KE MV (Tab. 2.1 Nr. 3 u. 4) enthalten Mehrschichtverbundrohre aus Kunststoff und Aluminium. Diese Rohrregister lassen sich durch Wässerung der KE von der sie umgebenden Lehmmasse trennen und wiederverwenden. Im Fall der Aufbereitung in IM C3 werden PE- und Aluminium-Mahlgut mit einem ökonomischen Wert gewonnen (Ende der Abfalleigenschaft) und weiterverwertet.

*Deponierung (C4):* Nicht wiederverwendbare LP u. KE und nicht wiederverwertbare LP u. KE unterliegen der AVV [3]. Bei Deponierung gelangen die in den LP u. KE gebundenen CO<sub>2equiv.</sub> wieder zurück in die Umwelt und werden in IM C4 als Emissionen aus biogenem CO<sub>2equiv.</sub> bilanziert.

*Rückgewinnungspotenzial (D):* Eine direkte Wiederverwendung demontierter LP u. KE ersetzt den gesamten Produktionsdurchlauf und verschafft den LP u. KE einen weiteren Lebenszyklus (IM D1). Gleiches gilt für wiederverwendbare Rohrregister nach Wässerung der rückgebauten KE. Die Wiederverwendung ist das bevorzugte Rückgewinnungsszenario für LP u. KE.

Für LP u. KE *ohne* acrylathaltige *Dispersion* (Tab. 2.1 Nr. 1, Nr. 3 MV) ermöglichen die nach dem Nassverfahren rückgewinnbaren mineralischen Inhaltsstoffe die Substitution der Ausgangsstoffe zur Wiederverwertung für neue LP (IM D2).

Die nach dem Trockenverfahren rückgewinnbaren trockenen mineralischen Inhaltsstoffe der LP *ohne* acrylathaltige *Dispersion* (Nr. 1, Nr. 3 MV, Tab. 2.1) ermöglichen die Substitution originär hergestellter Vorprodukte / Komponenten (Trockenlehm / Tonmehl) zur Wiederverwertung für andere trocken hergestellte Lehmbaumstoffe (IM D3).

## B.6 Datenqualität

Die verwendeten Daten beziehen sich auf das Geschäftsjahr 2023. Die Ökobilanzen wurden für den Bezugsraum Deutschland erstellt.

Die Datenerfassung für die untersuchten Produkte und Verfahren erfolgte durch Befragung mittels eines strukturierten Erhebungsbogens (April 2024), einer Vor-Ort Besichtigung im Werk am 03.12.2023 und einer Aktualisierung der erfassten Daten im Mai 2024. Alle Daten und Berechnungen sind beim Programmbetreiber hinterlegt.

Zur Modellierung der Umweltwirkungen wurden GaBi Hintergrunddatensätze, andere in Tab. B.2 aufgeführte UPD bzw. Studien [15][16][17][18][19][20] herangezogen.

Tab. B.2 Übersicht Datengrundlagen

| Nr. | Daten                   | Hintergrunddatensätze   |
|-----|-------------------------|---|
| 1   | Glasfaserarmierung      | EPD-VIT-20220104-IAC1-DE; Arbocell Technical Textiles, 2022 [20]          |
| 2   | Pflanzenfasern          | Eco Platform 00001054; BAU-EPD-Fasba-2019-01-GaBi; Baustroh, 10/2019 [16] |
| 3   | Mehrschichtverbundrohre | EPD MS-Rohr (PERT-Al-PERT)<br>Maincor Rohrsysteme GmbH & Co.KG, 2024 [19] |
| 4   | Abfallaufbereitung      | FH Potsdam [17][18]; Herstellerdaten Aufbereitungsanlage                  |
| 5   | Rückgewinnungspotenzial | FH Potsdam [17][18]   |

## B.7 Allokation

Als Allokation wird die Zuordnung der In- und Outputströme eines Ökobilanzmoduls auf das untersuchte Produktsystem und weitere Produktsysteme verstanden (DIN EN ISO 14040).

*Lehmaushub* als *Sekundärlehmaushub* wird als bei der Kiesgewinnung abfallender Bodenaushub bereitgestellt und für LP u. KE stofflich wiederverwertet. Der Hauptanteil der Belastungen wird entsprechend

der nach DIN EN ISO 14044, Abs. 4.3.2 zugrunde gelegten physikalischen Allokation der Kiesgewinnung als Hauptprodukt zugewiesen.

Im Werk wird Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) genutzt. Dabei entstehen Wärme und Strom gleichzeitig am selben Produktionsstandort. Der Wärmebedarf zur Trocknung der LP u. KE wird durch zwei Gasturbinen mit 200 kW und 50 kW elektrischer Leistung gedeckt. Der thermische Wirkungsgrad beträgt 52 % der eingesetzten Energiemenge, der elektrische Wirkungsgrad 33 %. Der Stromüberschuss nach Eigenverbrauch für die Herstellung von LP u. KE wird ins Stromnetz eingespeist. Die Sachbilanz weist die überschüssige Strommenge als exportierte elektrische Energie in MJ/m<sup>3</sup> LP u. KE aus (EEE, Tab. B.5). Die Allokation von Wärme und Strom in das betrachtete System aus gekoppelten Prozessen wird nach gemessenen Verbrauchsdaten der Gasturbine berechnet [21].

## B.8 Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse (LCA)

Nach DIN EN 15804 ist die Deklaration der IM A1 – A5, C1 – C4 und D für alle zu untersuchenden Bauprodukte verpflichtend. Die UPD-Art dieser Deklaration betrachtet die LCA „von der Wiege bis zum Werkstor mit Optionen“. Sie entspricht der Muster-UPD des DVL [4]. Entsprechend der PKR LP u. KE [5] bleiben Transporte zu (A4) und von (C2) Baustellen als „Modul nicht relevant (MNR)“ unberücksichtigt. In IM A5 wird die bauseitige Fertigstellung des Systemaufbaus bilanziert. Die IM B1 – B6 zur Nutzungsphase haben keine quantifizierbaren umweltrelevanten Auswirkungen und werden deshalb als „Modul beschrieben (MB)“ bezeichnet. Der Bezug zu den IM B1 – B5 findet sich in den Abs. 5 u. 6.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt als Informationstransfermatrix ITM nach DIN EN 15942 im Tabellenformat (Tab. B.3). Die detaillierten Bilanzdaten zu den Input-, Umweltwirkungs- und Outputfaktoren der insgesamt fünf LP u. KE bzw. Klimatelemente befinden sich im *Tabellenanhang Abs. D*.

Zu folgenden erweiterten Umweltindikatoren in liegen keine Daten vor:

Tab. B.3: Nicht deklarierte Umweltindikatoren

| Nr. | Indikator  | Symbol | Einheit         | Umweltwirkung /Wirkungskategorie  |
|-----|--|--------|-----------------|---|
| 1   | Feinstaubemission  | PM     | Krankheitsfälle | Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund v. Feinstaubemissionen (PM: Particulate Matter)   |
| 2   | Ionisierende Strahlung, menschliche Gesundheit           | IRP    | kBq U235-Äq.    | Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235 (IRP: Ionizing Radiation Potential)  |
| 3   | Ökotoxizität (Süßwasser)                                 | ETP-fw | CTUe            | Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme (CTUe: Comparative Toxic Unit for ecosystems; ETP: Ecological Toxic Potential)         |
| 4   | Humantoxizität kanzerogene Wirkungen                     | HTP-c  | CTUh            | Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen (CTUh: Comparative Toxic Unit for humans; HTP-c: Human Toxic Potential-carcinogenic) |
| 5   | Humantoxizität nicht kanzerogene Wirkungen               | HTP-nc | CTUh            | Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen (HTP-nc: Human Toxic Potential-non carcinogenic)                                     |
| 6   | Mit der Landnutzung verbundene Wirkungen / Bodenqualität | SQP    | -               | Potenzieller Bodenqualitätsindex (SQP: Soil Quality Index)  |

## TEIL C INTERPRETATION DER ÖKOBILANZ

Im *Teil C* werden ausgewählte Ergebnisse der Ökobilanz (Tab. D.2.2 – D.2.4) in Form von Balkendiagrammen für die Parameter Primärenergieeinsatz (PEI) und Treibhausgaspotenzial (GWP 100) sowie für das Nachnutzungsmodul IM C3 und die Rückgewinnungspotenziale in IM D1 – D3 zusammenfassend dargestellt und interpretiert (Abb. C.1 – C.3, Tab. C.3.1 – C.3.3).

### C.1 Primärenergieeinsatz

Die Durchschnittswerte zum PEI in der Sachbilanz (Tab. A.1) basieren auf Messdaten beim Hersteller bezogen auf das gesamte Jahr 2023. Der ermittelte Jahresenergieverbrauch (MJ/kg) wird auf den gesamten Produktionsoutput im Werk bezogen (massebezogene Allokation).

Der Primärenergieeinsatz PEI für KE u. KE D einschließlich der Rohrregister beträgt 10.300 MJ/m<sup>3</sup> KE bzw. 10.600 MJ/m<sup>3</sup> KE D. Für KE EL mit elektrischer Temperierung reduziert sich der PEI auf 5.770 MJ/m<sup>3</sup> KE EL. LP benötigen 4.780 MJ/m<sup>3</sup> LP bzw. 5.050 MJ/m<sup>3</sup> LP D (Abb. C.1).

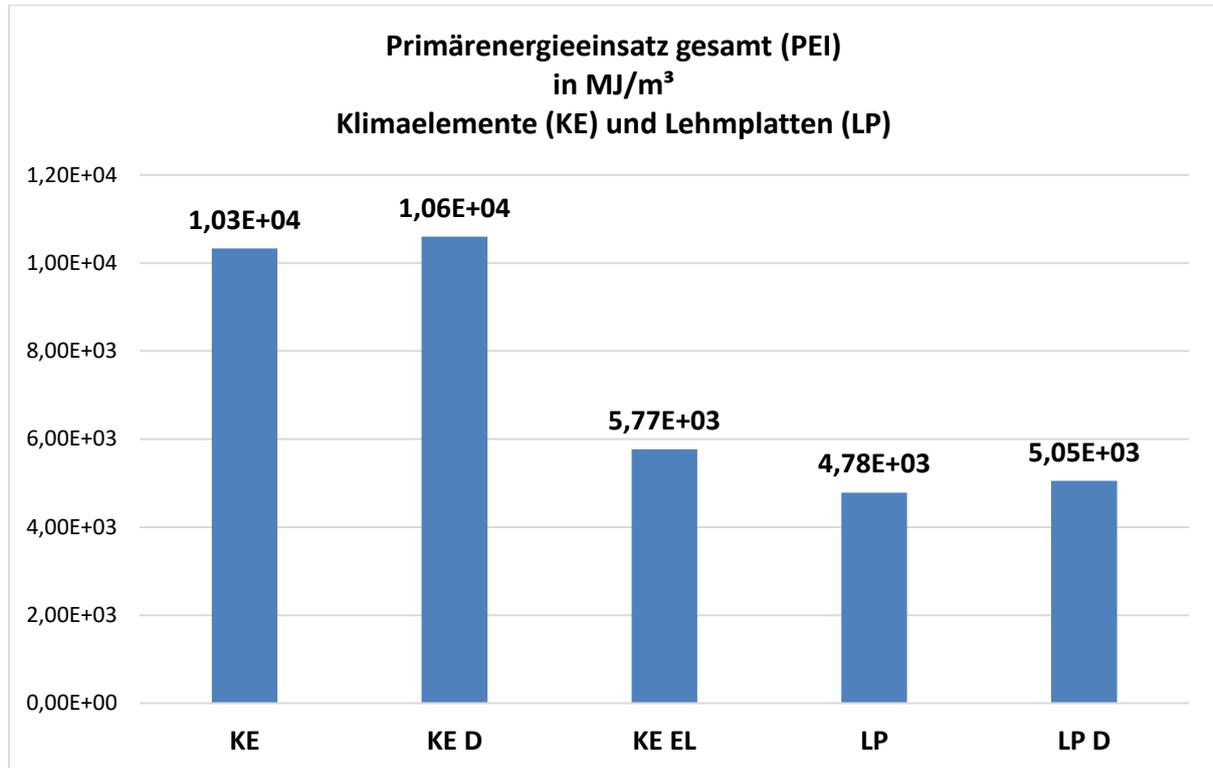


Abb. C.1 Primärenergieeinsatz PEI der deklarierten KE u. LP in MJ/m<sup>3</sup>

Der PEI für die Herstellung umfasst die Aufbereitungs-, Dosier- und Mischprozesse sowie die Trocknung der LP u. KE nach der Formgebung. Dieser Herstellungsprozess aller deklarierten Platten verbraucht 3.050 MJ/ m<sup>3</sup> LP u. KE (Abb. C.2). Das entspricht einem Anteil an den gesamten PEI von rund 30 % für KE bzw. 65 % für LP.

Alle deklarierten LP u. KE durchlaufen einen Formgebungsprozess in offenen Formblechen, die an der Oberfläche abgestrichen werden. Diese formgestrichenen LP u. KE benötigen Anmachwasser, um eine ausreichend plastische Konsistenz (weich – breiig) zum Einbetten der Rohrregister und Armierungsgewebe (unten/oben) zu gewährleisten. Die Bereitstellung des Erdgases geht in die Berechnung des Gesamtenergieeinsatzes zur Herstellung (IM A3) mit 2.730 MJ/m<sup>3</sup> LP u. KE ein. Die dabei durch KWK erzeugte elektrische Energie steht mit 738 MJ/m<sup>3</sup> LP/KE dagegen. Davon werden nach Eigenverbrauch 265 MJ/m<sup>3</sup> LP u. KE eingespeist.

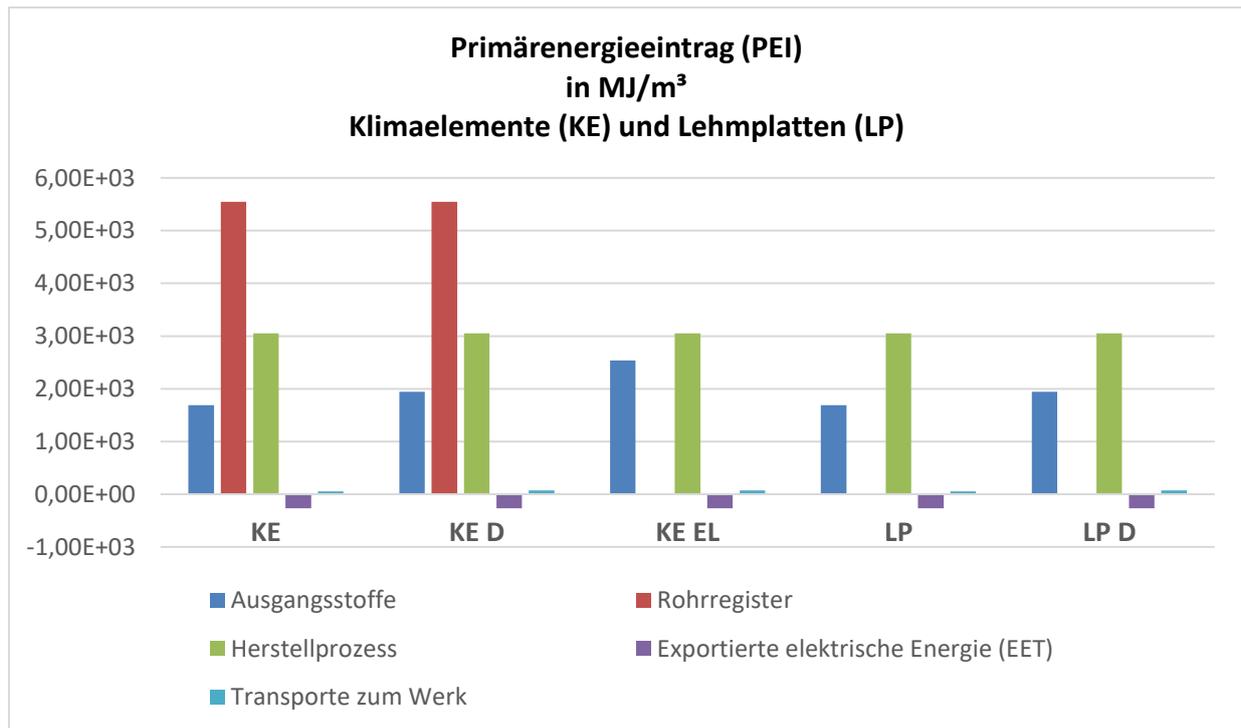


Abb. C.2 Verteilung des Primärenergieeinsatzes PEI für LP u. KE nach Tab. 2.1

Die Mehrschichtverbundrohre zur Temperierung der KE verursachen mit 5.560 MJ/m³ KE rund 54 % den Hauptenergieeintrag für KE/KE D. Auf die elektrische Temperierung der KE EL entfallen 698 MJ/m³ KE EL oder 13 % des gesamten PEI für KE EL.

Auf die mineralischen, pflanzlichen und künstlichen Ausgangsstoffe, sowie das Armierungsgewebe entfallen 1.690 MJ/m³ KE u. LP und 1.940 MJ/m³ KE D/LP D/KE EL. Der Unterschied entsteht durch den acrylhaltigen Dispersionszusatz für Deckenelemente und -platten.

Transporte zum Werk machen 0,5 % bis 1,5 % der Energieeinträge aus.

## C.2 Treibhausgaspotenzial (GWP)

Die für alle deklarierten LP u. KE verwendeten Pflanzenfasern enthalten gebundenes CO<sub>2</sub>, das in die Berechnung einbezogen wurde.

Demnach ergibt sich ein Treibhausgaspotenzial (GWP total) vom Ausgangsstoff bis zum Werkstor (IM A1 – A3) in Höhe von rund 1,93E+02 kg CO<sub>2equi</sub>/m³ LP bis zu 3,44E+02 kg CO<sub>2equi</sub>/m³ KE D (Abb. C.3). KE EL kommen auf ein GWP von 2,52E+02 kg CO<sub>2equi</sub>/m³ KE EL.

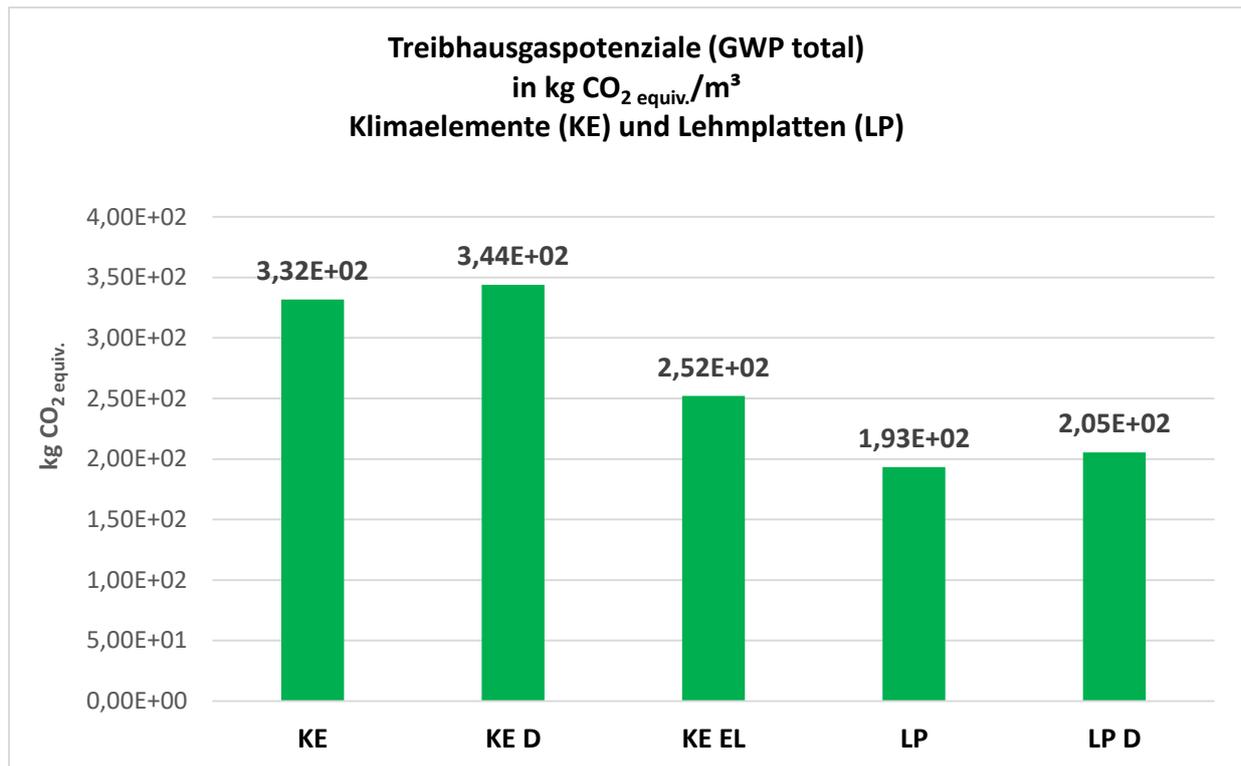


Abb. C.3 Treibhausgaspotenziale GWP IM A1 bis IM A3 pro m<sup>3</sup> LP u. KE

Zur besseren Vergleichbarkeit empfiehlt sich eine Umrechnung des GWP auf CO<sub>2</sub>equiv./m<sup>2</sup>. Bei einer Rohdichte der LP u. KE von 1.560 kg/m<sup>3</sup> und durchschnittlich 35 kg/m<sup>2</sup> ergibt das ein flächenbezogenes GWP von durchschnittlich 4,47E+00 kg CO<sub>2</sub>equiv./m<sup>2</sup> LP/ LP D und durchschnittlich 7,58E+00 kg CO<sub>2</sub>equiv./m<sup>2</sup> KE MV/KE MV D. KE EL liegen mit 5,65E+00 kg CO<sub>2</sub>equiv./m<sup>2</sup> zwischen den Werten für LP und KE MV (Abb. C.4).

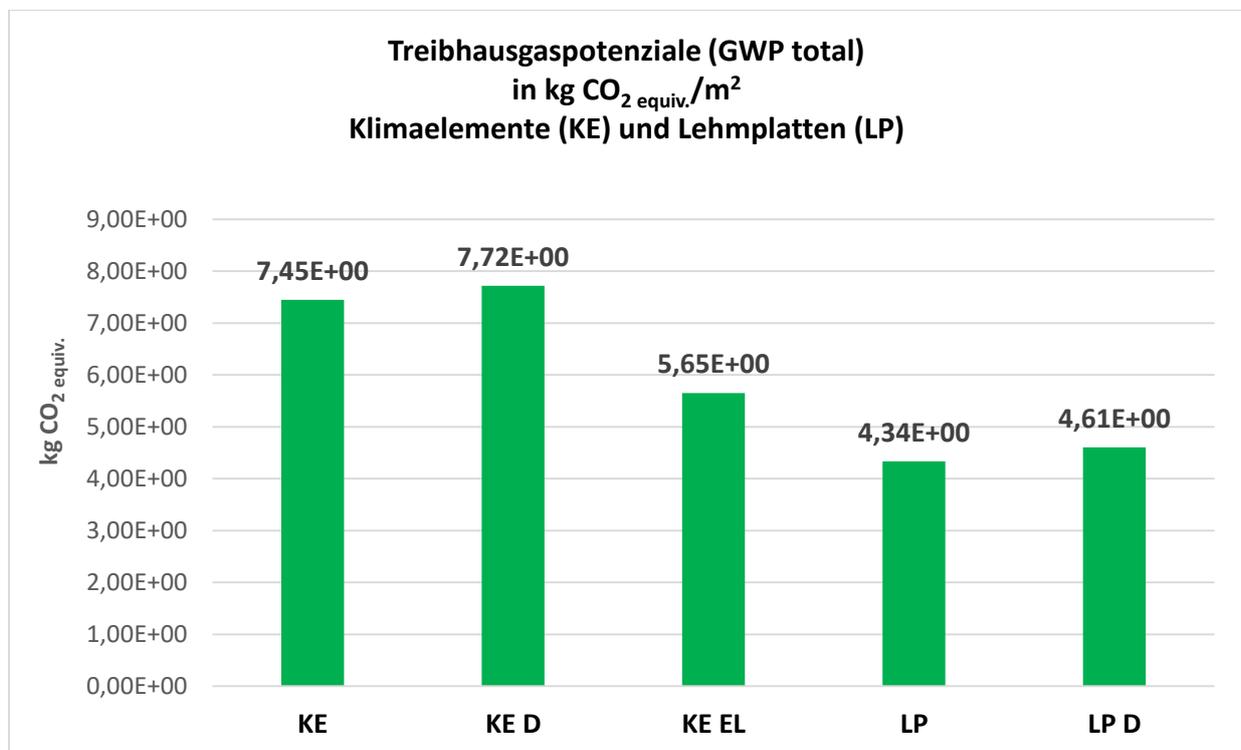


Abb. C.4 Treibhausgaspotenziale flächenbezogenes GWP IM A1 bis IM A3 pro m<sup>3</sup> LP u. KE

In Abb. C.5 summiert sich der Herstellungsprozess in IM A3 auf  $1,63E+02$  kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP u. KE für alle deklarierten LP u. KE, davon 98 % für die Trocknung durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit Erdgas als Energieträger. Die anderen Prozessschritte in der Fertigung speisen ihren Strombedarf überwiegend aus der KWK der Gasturbinen. Dementsprechend irrelevant ist der direkte Beitrag zu den Treibhausgasemissionen. Die Flüssiggasverbräuche im Werk (z. B. Gabelstapler) gehen mit  $3,25E-01$  kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP u. KE in die Berechnung des Herstellungsprozesses ein.

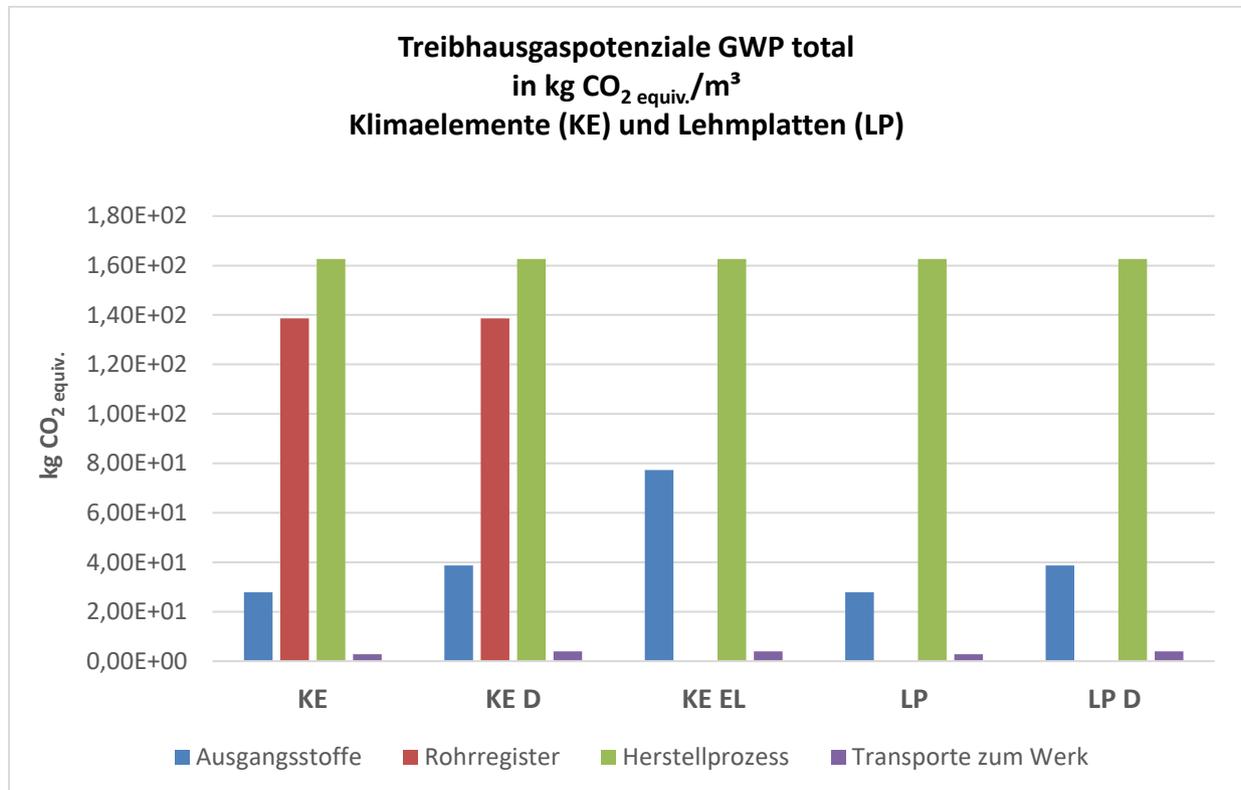


Abb. C.5 Verteilung der Treibhausgaspotenziale GWP nach IM A1 – A3 für LP u. KE

Die Ausgangsstoffe der LP u. KE (Lehmmischungen, pflanzliche Zusätze, Glasfaserarmierungen und teilweise Dispersion) ergeben insgesamt Treibhausgaspotenziale zwischen  $2,78E+01$  kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP u. KE und  $3,86E+01$  kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP D/KE D/KE EL. Im GWP ist der gebundene Kohlenstoff in den Pflanzenanteilen der Lehmmischung für alle LP u. KE in IM A1 mit  $-2,86E+01$  kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP u. KE berücksichtigt.

Die hier angewandte Berechnung des gebundenen CO<sub>2</sub> in Pflanzenfasern wurde im Verhältnis der Molmassen von C zu CO<sub>2</sub> (44/12) umgerechnet. Die doppelseitige Glasfaserarmierung aller deklarierten LP u. KE verursacht mit  $4,28E+01$  kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> den größten Beitrag zum GWP der gesamten Ausgangsstoffe. Wird die CO<sub>2</sub>-Gutschrift herausgerechnet, entfallen 64 % bzw. 76 % des gesamten GWP der Ausgangsstoffe auf die beidseitige Glasfaserarmierung.

Die in den Klimaelementen (KE u. KE D) eingebetteten Mehrverbundrohrregister aus PE und Al tragen mit  $1,39E+02$  kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> oder 40 % zum GWP des Produktsystem „Klimaelemente“ bei. Das Rohrregister und die doppelseitige Glasfaserarmierung sind die Treiber für das GWP im Gesamtsystem.

Durch die Transporte zum Werk entstehen 0,8 – 2 % der Treibhausgaspotenziale.

### C.3 Andere Umwelt-Wirkungsfaktoren

Bei Freisetzung von Stoffen mit versauernder Wirkung kommt es zu einer Erhöhung der H<sup>+</sup>-Ionen, die in Luft, Wasser und Boden akkumulieren, was zu Umweltschäden (Wald-, Fischsterben) führen kann.

Das Versauerungspotenzial AP wird in SO<sub>2</sub>-Äquivalent / funkt. Einheit als relativer Beitrag der LP u. KE zur Versauerung der Umwelt angegeben.

Der im Vergleich zu anderen Wirkungsfaktoren relativ höhere Wert für das Versauerungspotenzial (durchschnittlich 3,90 E+01 H<sup>+</sup><sub>equiv</sub>/m<sup>3</sup>) entsteht über den Pflanzenanteil in den Lehmmischungen bei unterstellter konventioneller Anbaumethode (worst-case-Ansatz).

ADPE ist ein Indikator für den Abbau von nicht fossilen Ressourcen. Mit 5,69E-03 kg Sb<sub>equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP u. KE und 5,80E-03 kg Sb<sub>equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP D/KE D hat der Abbau nicht fossiler Ressourcen einen relativ niedrigen Wert.

### C.4 Systemaufbau LP u. KE / LPM (IM A5)

Die deklarierten LP u. KE bestehen aus werkseitig hergestellten Lehm-Grundplatten (IM A1 – A3) und bauseitiger finaler Beschichtung mit LPM. Dieser Systemaufbau wird in IM A5 (Einbau) bewertet.

Tab. C.4.1 beschreibt die Input- und Outputfaktoren zur finalen, bauseitigen Beschichtung des Systems der LP u. KE mit darauf abgestimmten LPM.

Tab. C.4.1 Sachbilanz der Lehmputzbeschichtung

| LPM Beschichtung<br>pro m <sup>3</sup> LP/KE | Modul A5 |          |                           |                             |                           | Einheiten               | Bemerkungen  |
|--|----------|----------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|--|
|  | LP 1     | LP 2     | LP 3                      | LP 4                        | LP 5                      |                         |  |
|  | WEM LP   | WEM LP D | WEM<br>Klimaelement<br>MV | WEM<br>Klimaelement<br>MV-D | WEM<br>Klimaelement<br>EL |                         |  |
| <b>INPUTFAKTOREN</b>                         |          |          |                           |                             |                           |                         |  |
| Trockenlehm                                  | 24       |          |                           |                             |                           | kg/m <sup>3</sup> LP/KE | für LPM-Beschichtung bei max. 10mm Auftragsdicke   |
| Gesteinskörnung                              | 49       |          |                           |                             |                           | kg/m <sup>3</sup> LP/KE |  |
| Pflanzliche Zusätze                          | 1        |          |                           |                             |                           | kg/m <sup>3</sup> LP/KE |  |
| Glasfasergewebe                              | 6,2      |          |                           |                             |                           | kg/m <sup>3</sup> LP/KE | 1-lagig  |
| <b>Energieinput</b>                          |          |          |                           |                             |                           |                         |  |
| elektrische Energie                          | 34       |          |                           |                             |                           | MJ/m <sup>3</sup> LP/KE | Eigenstrom aus PV Anlage und Strom aus Wasserkraft |
| <b>Verpackung</b>                            |          |          |                           |                             |                           |                         |  |
| Kraftpapiersäcke                             | 0,27     |          |                           |                             |                           | kg/m <sup>3</sup> LP/KE | ohne Kunststoffinlet 90gr/25kg                     |
| Holzpaletten                                 | 20,00    |          |                           |                             |                           | kg/m <sup>3</sup> LP/KE | Mehrweg  |
| PE Folie                                     | 0,00     |          |                           |                             |                           | kg/m <sup>3</sup> LP/KE | t > 20 µm; 2 m <sup>2</sup> / Palette              |
| <b>OUTPUTFAKTOREN</b>                        |          |          |                           |                             |                           |                         |  |
| LPM-Beschichtung                             | 74       |          |                           |                             |                           | kg/m <sup>3</sup> LP/KE | bei 10mm Auftragsdicke                             |
| Abfälle                                      | 0,27     |          |                           |                             |                           | kg/m <sup>3</sup> LP/KE | Papiersäcke  |
| Abwasser                                     | -        |          |                           |                             |                           |                         | Trockendosierverfahren                             |

Der LPM zur bauseitigen Beschichtung der LP u. KE setzt sich aus vorgetrockneten mineralischen Rohstoffen und feinen Pflanzenfasern zusammen. Der direkte Energieinput des hier angewendeten Trockendosierverfahrens beträgt 34 MJ/ m<sup>3</sup> LP u. KE. Berechnungsgrundlage ist die für einen m<sup>3</sup> notwendige Masse von 74 kg LPM für eine Auftragsdicke von 10 mm. Dabei wird ein Armierungsgewebe aus Glasfaser (140 g/m<sup>2</sup>) in den Lehmputzmörtel eingebettet.

Die Energieeinträge und Umweltwirkungen der finalen Beschichtung entstehen beim Einbau (IM A5) und sind entsprechend im *Tabellenanhang D* eingeordnet. Danach beträgt der PEI für die Beschichtung mit LPM 530 MJ/m<sup>3</sup> LP u. KE. Davon entfallen 516 MJ/m<sup>3</sup> LP u. KE auf die vorgetrockneten mineralischen Ausgangsstoffe und das Glasfasergewebe. Der Transport des LPM ins Werk Urmitz verursacht 13 MJ/m<sup>3</sup> LP u. KE. Die in Tab. C.4.1 angegebene Energieinput von 34 MJ/m<sup>3</sup> LP/KE enthält 33 MJ Strom

aus der eigenen PV-Anlage. Dieser Anteil wurde nicht bilanziert, weil Anlagen und Maschinen, dazu zählt auch die PV-Anlage, nicht in die Systembetrachtung einbezogen werden. Lediglich der Anteil des zugekauften Stroms aus Wasserkraft fließt mit rund 1 MJ/m<sup>3</sup> LP u. KE in die Ökobilanzierung ein.

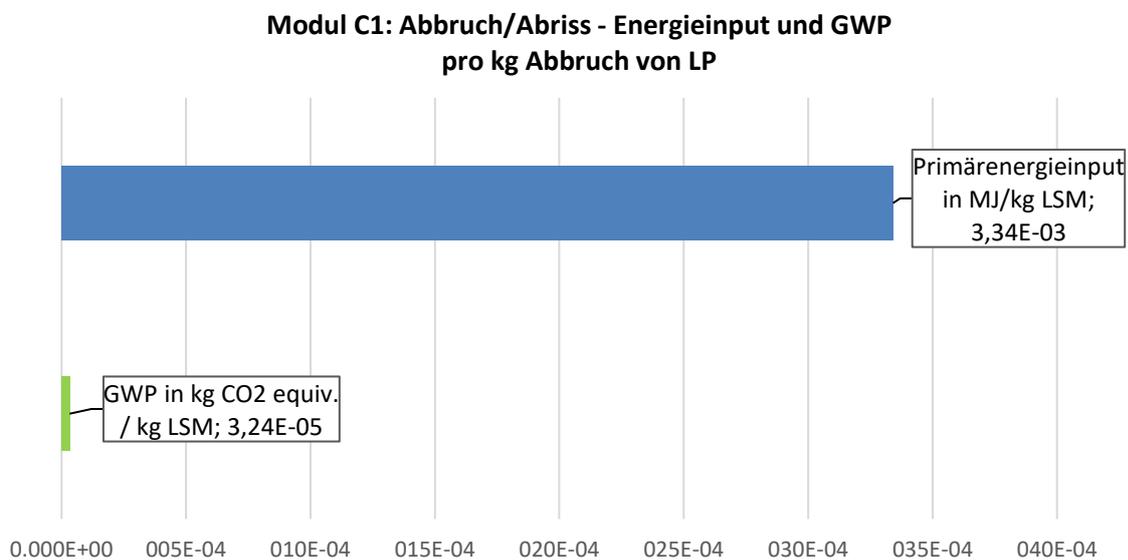
Das gesamte GWP der LPM-Beschichtung summiert sich auf 25,1 kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP u. KE. Darin enthalten sind 1,09 kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP u. KE, die in IM C3 bilanziell aufgelöst werden. Rückbau, Aufbereitung und Rückgewinnung der Beschichtung der LP u. KE mit LPM erfolgt im Systemverbund der LP u. KE.

### C.5 Abbruch und Aufbereitung

Demontierte LP u. KE können grundsätzlich ohne erneute Prozessschritte wiederverwendet werden. Wie alle Lehmbaustoffe lassen sich auch LP u. KE mit geeigneten LPM reparieren. Abbruchkanten, die bei Demontage entstehen können, lassen sich damit wieder auffüllen und glätten. Diese Anwendungspraxis vorausgesetzt, wird das Rückgewinnungspotenzial der Wiederverwendung in *IM D1* mit einem angenommenen Demontageverlust von 10 M.-% berechnet.

LP Typ A nach DIN 18948 (Nr. 1, *Tab. 2.1*) enthalten keine eingebetteten Rohrregister zur Temperierung und keine Dispersion. Diese LP lassen sich als aufbereitetes Abbruchmaterial wiederverwerten.

Für die Quantifizierung der Abbruchleistung in *IM C1* wurden die Leistungsdaten eines branchentypischen Abrissbaggers angenommen: 7,65 kg Diesel/h bei einer geschätzten Abrissleistung von 50 m<sup>3</sup> Mauerwerk/h. Dieser Dieselverbrauch und diese Abbruchleistung wurden in der Umweltbilanz für *IM C1* „Abbruch“ unterstellt. *Abb. C.6* veranschaulicht die Kerngrößen PEI sowie die Umweltwirkungen GWP in *IM C1*.



*Abb. C.6: Maschineller Abbruch von LP, PEI u. GWP*

Zur möglichen Aufbereitung von LP-Abbruchmaterial fanden Versuche und Laboranalysen an der FH Potsdam statt [17][18]. Damit wurde die prinzipielle Realisierbarkeit der Aufbereitung erstmals nachgewiesen. Die Aufbereitung des LP -Abbruchmaterials wurde nach zwei Verfahren erprobt:

- Wässern („Einsumpfen“) des LP u. KE-Abbruchmaterials (*Nassverfahren*),
- mechanische, maschinelle Zerkleinerung des Abbruchmaterials (*Trockenverfahren*) zu Lehm-Rezyklat.

Die Aufbereitung von LP-Abbruchmaterial kann als Teil des Prozesses zur Wiederverwertung im Werk im *Nassverfahren* erfolgen. Für das Nassverfahren lassen sich Bilanzdaten nicht sinnvoll quantifizieren, weil bisher keine industrielle Verfahrenstechnik bekannt ist.

Beim *Trockenverfahren* wird die ursprüngliche Produktgestalt der LP durch mechanische Zerkleinerung zerstört (*IM C3*) und zu trockenem Lehm-Rezyklat aufbereitet.

Das Trockenverfahren wird durch Leistungsdaten typischer mechanischer Aufbereitungsanlagen bilanziert. Trockene Aufbereitungstechniken sind maschinelle Zerkleinerungsprozesse mit stationär oder mobil einsetzbaren Maschinen, deren Leistungsdaten für eine Bilanzierung in *IM C3* genutzt werden können. Diese Aufbereitungstechnik eröffnet zusätzliche Rückgewinnungspotenziale zur Wiederverwertung für andere Lehmbaustoffe als LP und Weiterverwertung außerhalb des Produktsystems Lehm. Zur Bewertung des Nettoeffektes dieses Rückgewinnungsverfahrens werden dessen Primärenergieeinsatz PEI sowie die Umweltwirkung GWP ermittelt, um diese dem Einsparpotenzial bei einer Wiederverwertung für andere Lehmbaustoffe gegenüberzustellen.

Ausgewählt wurde eine für das Baustoffrecycling typische Prallmühle mit 0,23 l/t Dieselverbrauch einschließlich Stromgenerator. Solche Prallmühlen zerkleinern vor allem härtere Materialien als Lehm, z. B. Beton. Deshalb dürfte der hier zur Bilanzierung angenommene Verbrauch für LP u. KE tendenziell zu hoch angesetzt sein, wird aber beibehalten. Ein zusätzlicher Windsichter mit 30 kW Leistung bei 80 t/h Durchsatz sorgt für die Trennung leichterer Holzbestandteile von schwereren mineralischen Komponenten. Eine kombinierte trockene Aufbereitungstechnik, bestehend aus Schredder und Windsichter, verbraucht 0,27 l Diesel / t Materialdurchsatz.

Abb. C. 7 zeigt zwei Kenngrößen der Bilanzierung des *IM C3*: der PEI beträgt bei Dieselbetrieb mit der unterstellten Aufbereitungstechnik  $1,92E-03$  MJ/kg LP-Abbruch bzw. umgerechnet auf die deklarierte Einheit  $m^3$   $1,65E-02$  MJ/ $m^3$  LP-Abbruch. Das entspricht einem GWP-Wert von  $1,47E-04$  kg  $CO_{2equiv}/m^3$  LP-Abbruch bzw.  $1,86E-05$  kg  $CO_{2equiv}/kg$  LP-Abbruch.

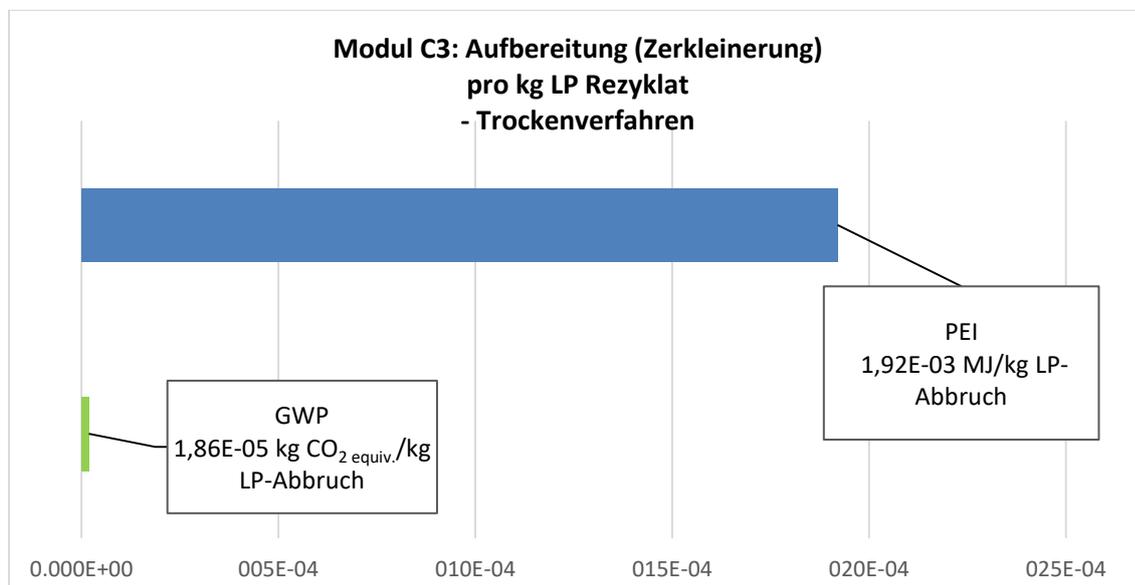


Abb. C.7 PEI u. GWP für trockene Aufbereitung von LP –Abbruchmaterial

Im *Tabellenanhang D* wird das gebundene biogene  $CO_2$  in Pflanzenteilen aus *IM A1* in *IM C3* bzw. *IM C4* bilanziell wieder neutralisiert. *Abb. C.7* bezieht sich auf die tatsächlichen Energie- und Wirkungsfaktoren für die Abfallaufbereitung ohne diesen nach EN 15804 vorgeschriebenen bilanziellen Ausgleich des gebundenen biogenen  $CO_2$ . In den Szenarien *D1* und *D3* wird dieser tatsächliche Wert der mechanischen Zerkleinerung von LP angewendet.

## C.6 Rückgewinnungsszenarien

Nachfolgend werden drei Rückgewinnungsszenarien D1 – D3 für LP u. KE bewertet:

*D1*: zerstörungsfreie Demontage von LP u. KE bei Umbauten oder vor Gebäudeabriss zur Wiederverwendung (Tab. C.3.1). In *D1* wird das gebundene CO<sub>2</sub> in den pflanzlichen Komponenten aus IM A1 bilanziell ausgeglichen (positives Vorzeichen), um eine Dopplung auszuschließen.

*D2*: Replastifizierung von LP u. KE-Abbruch („*Einsumpfen*“/Nassverfahren) zur Wiederverwertung der mineralischen Ausgangsstoffe (Tab. C.3.2). LP D und KE D, KE EL (Tab. 2.1 Nr. 2, 4, 5) enthalten eine acrylathaltige Dispersion, die eine sortenreine Rückgewinnung der mineralischen Ausgangsstoffe verhindert. Die im Nassverfahren rückgewonnenen mineralischen Ausgangsstoffe der LP Nr.1 und KE MV Nr. 3 (Tab. 2.1) ohne acrylathaltige Dispersion können für die Herstellung von Lehmbaustoffen wiederverwertet werden. Für KE D u. KE MV-D (Tab. 2.1, Nr. 3, 4 und 5) ist eine Rückgewinnung der Rohrregister im Nassverfahren möglich.

*D3*: Schreddern von LP-Abbruch und trockene Aufbereitung nach IM C3 zur Wiederverwertung der trockenen zurückgewonnenen mineralischen Ausgangsstoffe (Tab. C.3.3). Dieses Szenario ist für alle KE mit Rohrregister oder Heizkabel nicht praktikabel.

Die Rückgewinnungsszenarien *D2* und *D3* basieren auf den Masseanteilen der mineralischen Ausgangsstoffe Lehmaushub und Gesteinskörnung. Die deklarierten LP haben eine homogene mineralische Zusammensetzung einschließlich bauseitiger Lehmputzbeschichtung (IM A5) mit 46 % Lehmanteil und 54 % Sandanteil.

### C.6.1 Szenario D1 (alle LP u. KE)

Tab. C.6.1 veranschaulicht die Rückgewinnungspotenziale in IM D1 unter der Annahme, dass bei einer Demontage von LP u. KE 90 % einschließlich der integrierten Temperierungssysteme wiederverwendbar sind. Die in IM A5 bilanzierte bauseitige Lehmbeschichtung des Systemaufbaus ist einberechnet.

Tab. C.6.1 Rückgewinnungspotenziale IM D1, PEI u. GWP – Wiederverwendung demontierter LP u. KE

| LP/KE – Modul D1 Wiederverwendung nach Demontage |                                |            |                   |                   |                       |                                       |
|--|--------------------------------|------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>               |                                | Parameter  | PERT              | PENRT             | PEI = PERT +<br>PENRT | GWP                                   |
|  |                                | IM/Einheit | MJ H <sub>u</sub> | MJ H <sub>u</sub> | MJ H <sub>u</sub>     | (Gesamt)<br>kg CO <sub>2</sub> equiv. |
| Entsorgungsstadium                               | Demontage; manuell             | <b>C1</b>  | 0,00E+00          | 0,00E+00          | <b>0,00E+00</b>       | <b>0,00E+00</b>                       |
|  | Abfallaufbereitung, ohne       | <b>C3</b>  | 0,00E+00          | 0,00E+00          | <b>0,00E+00</b>       | <b>0,00E+00</b>                       |
| Rückgewinnungspotenziale (Mittelwerte)           | Wiederverwendung LP/ LP D      | <b>D1</b>  | -4,81E+02         | -3,90E+03         | <b>-4,38E+03</b>      | <b>-1,76E+02</b>                      |
|  | Wiederverwendung KE MV/KE MV D | <b>D1</b>  | -1,18E+03         | -8,19E+03         | <b>-9,37E+03</b>      | <b>-3,01E+02</b>                      |
|  | Wiederverwendung KE EL         | <b>D1</b>  | -6,59E+02         | -4,48E+03         | <b>-5,14E+03</b>      | <b>-2,23E+02</b>                      |

Unter dieser Voraussetzung kann eine Wiederverwendung einen großen Teil des sonst erforderlichen Energieinputs für neu zu produzierende LP u. LP D in Höhe von durchschnittlich 4.380 MJ/m<sup>3</sup> LP/LP D (berechnet nach IM A1 u. A3 ohne A2) einsparen. KE MV / KE MV D mit integrierten, wiederverwendbaren Rohrregistern ermöglichen eine Energieeinsparung von durchschnittlich 9.370 MJ/m<sup>3</sup>. Im

Vergleich dazu ist die Einsparung bei Wiederverwendung der KE EL mit 5.140 MJ/m<sup>3</sup> KE EL niedriger. Der manuelle Demontageaufwand (IM C1) wird mit Null bewertet.

Die Wiederverwendung von LP/LP D vermeidet 176 kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup>. Bei den technisch aufwändigeren KE MV/KE MV D sind es 301 kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup>. Die Wiederverwendung von rückgewonnenen KE EL vermeidet 223 kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> und hat das Potenzial zur Vermeidung von 269 kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup>.

### C.6.2 Szenario D2 (LP u. KE ohne Dispersion)

Szenario D2 (Nassverfahren) kann zur *Rückgewinnung mineralischer Ausgangsstoffe* für LP u. KE angewendet werden, die keine acrylathaltige Dispersion enthalten (Tab. 2.1, LP Nr. 1, KE MV Nr. 3). Nur für diese LP u. KE besteht die Möglichkeit der vollständigen Substitution der originären Ausgangsstoffe durch rückgewonnene mineralische Ausgangsstoffe. Die homogene Zusammensetzung der LP Nr. 1 und KE MV Nr. 3 und die bauseitige Lehmputzbeschichtung ermöglichen die Wiederverwertung des gesamten Systemaufbaus. Der Herstellungsprozess muss auch mit den Recyclingstoffen wiederholt werden und kann nicht eingespart werden.

LP D und KE D, KE EL (Tab. 2.1 Nr. 2 D, 4 MV D, 5 EL) enthalten eine acrylathaltige Dispersion, die eine sortenreine Rückgewinnung der mineralischen Ausgangsstoffe verhindert.

Für KE D u. KE MV-D (Tab. 2.1, Nr. 3 u. 4) ist eine *Rückgewinnung der Rohrregister* im Nassverfahren und deren Wiederverwertung möglich und wird berücksichtigt. Es werden 5 M.-% Masseverlust angenommen. Die Wiederverwertung elektrischer Heizkabel (KE EL) ist sicherheitstechnisch bedenklich und wird nicht bewertet.

Tab. C. 6.2 zeigt die Substitution der nass aufbereiteten Ausgangsstoffe (IM A1) für neue LP oder KE ohne Dispersion.

Tab. C.6.2 LP Rückgewinnungspotenziale IM D2, PEI u. GWP – Wiederverwertung der Ausgangsstoffe im Nassverfahren

| LP/KE MV– Modul D2 Wiederverwertung Nassverfahren |   |            |                   |                   |                       |                                       |
|---|---|------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>                |   | Parameter  | PERT              | PENRT             | PEI = PERT +<br>PENRT | GWP                                   |
|   |   | IM/Einheit | MJ H <sub>u</sub> | MJ H <sub>u</sub> | MJ H <sub>u</sub>     | (Gesamt)<br>kg CO <sub>2equiv</sub> . |
| Entsorgungs-<br>stadium                           | Rückbau, Abriss   | C1         | 3,40E-02          | 5,18E+00          | 5,21E+00              | 5,05E-02                              |
|   | Abfallaufbereitung,<br>Nassverfahren                    | C3         | 0,00E+00          | 0,00E+00          | 0,00E+00              | 0,00E+00                              |
| Rückgewinnungs-<br>potenziale                     | Wiederverwertung für<br>neue LP/KE<br>(o. Dispersion)   | D2         | -1,22E+01         | -4,39E+02         | -4,52E+02             | -3,91E+00                             |
|   | Wiederverwertung<br>Mehrschichtverbund-<br>rohrregister | D2         | -6,99E+02         | -4,29E+03         | -4,99E+03             | -1,25E+02                             |

Durch Aufbereitung des LP u. KE-Abbruchmaterials (nach C1) im Nassverfahren reduziert sich der Primärenergieeinsatz bei Wiederverwertung für neue LP u. KE um 452 MJ/m<sup>3</sup> LP u. KE. Bewertet wurde

nur die Substitution der mineralischen Ausgangsstoffe für die Formgebung ohne Temperierungssystem. Es wurde ein Masseverlust von 5 M.-% angenommen.

Die Rückgewinnung der mineralischen Ausgangsstoffe nach Szenario *D2* vermeidet Treibhausgase in Höhe von 39,1 kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP u. KE. Die Klimaentlastungseffekte entstehen durch die Substitution der Masseanteile des Primärlehmaushubs und des mineralischen Zusatzes (Sand) des Systemaufbaus aus LP und LPM-Beschichtung für LP 1 und KE 3 MV.

Im Nassverfahren lösen sich die in der Lehmischung eingebetteten Rohrregister zerstörungsfrei aus der Lehm Masse und ermöglichen eine Wiederverwertung. Es wurde ein Verlust von 10 % der verbauten Rohrregisterlängen angenommen. Das ergibt ein zusätzliches Energieeinsparpotenzial von 4.990 MJ/m<sup>3</sup> KE MV und vermeidet 125 kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> KE MV.

### C.6.3 Szenario D3 (nur für LP ohne Dispersion)

Tab. C.6.3 zeigt die Umweltkennzahlen PEI und GWP bei einer Wiederverwertung des in LP enthaltenen Lehmaushubs (45,7 M.-%) und Sand (54,5 M.-%) als Substitut für Lehmprodukte, die im Trockendosierverfahren hergestellt werden (z. B. Trockenlehmörtel). Das Szenario unterstellt einen Masseverlust von 5 M.-%. Die homogene Zusammensetzung der LP (nur LP Nr. 1) und deren bauseitige Lehm beschichtung ermöglichen die Wiederverwertung des gesamten Systemaufbaus. Das Trockenverfahren durch mechanisches Zermahlen der Platten lässt sich für alle KE mit integrierten Temperierungssystemen nicht sinnvoll anwenden.

Zur Berechnung der Rückgewinnungspotenziale bei Wiederverwertung der trockenen mineralischen Ausgangsstoffe aus LP-Abbruch konnte auf Umweltbilanzdaten eines Herstellers für diese Trockenbestandteile vieler Lehmprodukte zurückgegriffen werden [15].

Tab. C.6.3 LP Rückgewinnungspotenziale IM D3, PEI u. GWP – Substitution von Trockenlehm

| LP – Modul D3 Wiederverwertung Trockenverfahren nach IM C3 |   |            |                   |                   |                       |                           |
|--|---|------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>                         |   | Parameter  | PERT              | PENRT             | PEI = PERT +<br>PENRT | GWP<br>(Gesamt)           |
|  |   | IM/Einheit | MJ H <sub>u</sub> | MJ H <sub>u</sub> | MJ H <sub>u</sub>     | kg CO <sub>2equiv</sub> . |
| Entsorgungs-<br>stadium                                    | Rückbau, Abriss   | <b>C1</b>  | 3,40E-02          | 5,18E+00          | <b>5,21E+00</b>       | <b>5,05E-02</b>           |
|  | Abfallaufbereitung,<br>Trockenverfahren                   | <b>C3</b>  | 1,96E-02          | 2,98E+00          | <b>2,99E+00</b>       | <b>2,90E-02</b>           |
| Rückgewinnungs-<br>potenziale                              | Wiederverwertung<br>für andere trockene<br>Lehm Baustoffe | <b>D3</b>  | -2,92E+01         | -1,24E+03         | <b>-1,27E+03</b>      | <b>-7,45E+01</b>          |

Die pulvrigen, trocken rückgewonnenen und zerkleinerten mineralischen Bestandteile aus LP-Abbruch eignen sich für Trockendosierverfahren, wie sie z. B. für LPM [22] angewendet werden. Allein der Trocknungsprozess von Ton und Lehm erfordert nach Angaben von Lieferanten einen PEI von 964 MJ/t. Die Substitution getrockneter mineralischer Ausgangsstoff für neue trockene Lehm Baustoffe durch trocken wiederverwerteten LP-Abbruch spart PEI für die Bereitstellung getrockneter Ausgangsstoffe (Lehm/Sand) in Höhe von 1.920 MJ/ m<sup>3</sup> LP-Abbruch. Der Substitutionseffekt nach IM *D3* vermeidet Treibhausgasemissionen GWP in Höhe von 74,5 kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP-Abbruch (Tab. C.6.3). Unter Berücksichtigung des LP-Abbruchs (*C1*) und der trockenen Aufbereitungstechnik (*C.3*) verbleibt ein Netto-Vermeidungseffekt von GWP von 74,4 kg CO<sub>2equiv</sub>/m<sup>3</sup> LP-Abbruch oder > 99 %.

## D TABELLENANHANG

Im Abs. D werden die Input-, Wirkungs- und Outputfaktoren für die nach dem beschriebenen Formgebungsverfahren hergestellten LP u. KE (Nr. 1 – 5, Tab. 2.1) tabellarisch dargestellt.

### D.1 Inputfaktoren

Im Abs. D.1 werden in den Tab. D.1.1 – D.1.5 die Inputfaktoren für die fünf deklarierten LP u. KE tabellarisch dargestellt.

Tab. D.1.1 LP 1 Lehmplatte Typ A, formgestrichen, Inputfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |                                   |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
|---|-----------------------------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |                                   |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
| LP01: WEM Lehmplatte LP Typ A , formgestrichen          |                                   |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
| Deklarierte Einheit m <sup>3</sup>                      |                                   | Parameter  | PERE              | PERM              | PERT              | PENRE             | PENRM             | PENRT             | SM                | RSF      | NRSF              | FW                |
|   |                                   | IM/Einheit | MJ H <sub>u</sub> | kg       | MJ H <sub>u</sub> | MJ H <sub>u</sub> |
| Produktstadium  | Ausgangsstoffe                    | A1         | 1,77E+02          | 2,49E+01          | 2,02E+02          | 1,32E+03          | 1,66E+02          | 1,49E+03          | 6,89E+02          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 3,25E-01          |
|   | Transport                         | A2         | 2,49E+00          | 0,00E+00          | 2,49E+00          | 3,72E+01          | 0,00E+00          | 3,72E+01          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 2,21E-03          |
|   | Herstellung                       | A3         | 3,17E+02          | 0,00E+00          | 3,17E+02          | 2,74E+03          | 0,00E+00          | 2,74E+03          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 3,28E-01          |
|   | Summe (cradle to gate)            | A1-A3      | 4,97E+02          | 2,49E+01          | 5,22E+02          | 4,10E+03          | 1,66E+02          | 4,26E+03          | 6,89E+02          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 6,55E-01          |
| Baustadium  | Transport                         | A4         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Einbau System                     | A5         | 5,49E+01          | 1,28E+01          | 6,77E+01          | 4,09E+02          | 5,41E+01          | 4,62E+02          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 8,82E-02          |
| Nutzungsstadium   | Nutzung                           | B1         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Instandhaltung                    | B2         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Reparatur                         | B3         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Ersatz                            | B4         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Erneuerung                        | B5         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Betriebliche Energienutzung       | B6         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Betriebliche Wassernutzung        | B7         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
| Entsorgungsstadium                                      | Rückbau, Abriss                   | C1         | 3,40E-02          | 0,00E+00          | 3,40E-02          | 5,18E+00          | 0,00E+00          | 5,18E+00          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 2,43E-05          |
|   | Transport                         | C2         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Abfallaufbereitung, trocken       | C3         | 1,96E-02          | 0,00E+00          | 1,96E-02          | 2,98E+00          | 0,00E+00          | 2,98E+00          | 1,56E+03          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 1,40E-05          |
|   | Deponierung                       | C4         | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 0,00E+00          |
| Rückgewinnungspotenziale                                | Wiederverwendung                  | D1         | -4,45E+02         | -2,24E+01         | -4,67E+02         | -3,65E+03         | -1,50E+02         | -3,80E+03         | -6,20E+02         | 0,00E+00 | 0,00E+00          | -5,88E-01         |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren    | D2         | -1,22E+01         | 0,00E+00          | -1,22E+01         | -4,39E+02         | 0,00E+00          | -4,39E+02         | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | -5,83E-02         |
|   | Wiederverwertung Trockenverfahren | D3         | -2,92E+01         | 0,00E+00          | -2,92E+01         | -1,24E+03         | 0,00E+00          | -1,24E+03         | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | -7,19E-02         |

PERE = Erneuerbare Primärenergie (PE)

PERM = Erneuerbare PE zur stofflichen Nutzung

PERT = Summe erneuerbarer PE

PENRE = Nicht-erneuerbare PE als Energieträger

PENRM = Nicht-erneuerbare PE zur stofflichen Nutzung

PENRT = Summe nicht-erneuerbarer PE

SM = Einsatz von Sekundärstoffen

RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe

NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe

FW = Einsatz von Süßwasserressourcen

MB = Modul beschrieben

MNR = Modul nicht relevant

Tab. D.1 2 LP 2 Lehmplatte D Typ B, formgestrichen, Inputfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |                             |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
|---|-----------------------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |                             |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
| LP02: WEM Lehmplatte LP D Typ B, formgestrichen         |                             |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
| Deklarierte Einheit m <sup>3</sup>                      |                             | Parameter  | PERE              | PERM              | PERT              | PENRE             | PENRM             | PENRT             | SM                | RSF      | NRSF              | FW                |
|   |                             | IM/Einheit | MJ H <sub>u</sub> | kg       | MJ H <sub>u</sub> | MJ H <sub>u</sub> |
| Produkt-stadium   | Ausgangsstoffe              | A1         | 2,08E+02          | 2,49E+01          | 2,33E+02          | 1,46E+03          | 2,52E+02          | 1,71E+03          | 6,89E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 3,85E-01          |
|   | Transport                   | A2         | 3,61E+00          | 0,00E+00          | 3,61E+00          | 5,39E+01          | 0,00E+00          | 5,39E+01          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 3,21E-03          |
|   | Herstellung                 | A3         | 3,17E+02          | 0,00E+00          | 3,17E+02          | 2,74E+03          | 0,00E+00          | 2,74E+03          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 3,28E-01          |
|   | Summe (cradle to gate)      | A1-A3      | 5,29E+02          | 2,49E+01          | 5,54E+02          | 4,25E+03          | 2,52E+02          | 4,50E+03          | 6,89E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 7,16E-01          |
| Baustadium  | Transport                   | A4         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Einbau System               | A5         | 5,49E+01          | 1,28E+01          | 6,77E+01          | 4,09E+02          | 5,41E+01          | 4,62E+02          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 8,82E-02          |
| Nutzungs-stadium  | Nutzung                     | B1         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Instandhaltung              | B2         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Reparatur                   | B3         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Ersatz                      | B4         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Erneuerung                  | B5         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Betriebliche Energienutzung | B6         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
| Betriebliche Wassernutzung                              | B7                          | MNR--      | MNR--             | MNR--             | MNR--             | MNR--             | MNR--             | MNR--             | MNR--             | MNR--    | MNR--             |                   |
| Entsorgungs-stadium                                     | Rückbau, Abriss             | C1         | 3,40E-02          | 0,00E+00          | 3,40E-02          | 5,18E+00          | 0,00E+00          | 5,18E+00          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 2,43E-05          |
|   | Transport                   | C2         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Abfallaufbereitung, trocken | C3         | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 0,00E+00          |
|   | Deponierung                 | C4         | 5,10E+00          | 0,00E+00          | 5,10E+00          | 3,12E+01          | 0,00E+00          | 3,12E+01          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 7,87E-03          |
| Rückgewinnungs-potenziale                               | Wiederverwendung            | D1         | -4,73E+02         | -2,24E+01         | -4,95E+02         | -3,78E+03         | -2,27E+02         | -4,00E+03         | -6,20E+00         | 0,00E+00 | 0,00E+00          | -6,42E-01         |

PERE = Erneuerbare Primärenergie (PE)

PERM = Erneuerbare PE zur stofflichen Nutzung

PERT = Summe erneuerbarer PE

PENRE = Nicht-erneuerbare PE als Energieträger

PENRM = Nicht-erneuerbare PE zur stofflichen Nutzung

PENRT = Summe nicht-erneuerbarer PE

SM = Einsatz von Sekundärstoffen

RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe

NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe

FW = Einsatz von Süßwasserressourcen

MB = Modul beschrieben

MNR = Modul nicht relevant

Tab. D.1.3 LP 3 Klimatelement MV, Typ S, formgestrichen, Inputfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |  |            |           |           |           |           |           |           |           |          |          |                |
|---|--|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |  |            |           |           |           |           |           |           |           |          |          |                |
| LP03: WEM Klimatelement KE MV, formgestrichen           |  |            |           |           |           |           |           |           |           |          |          |                |
| Deklarierte Einheit m <sup>3</sup>                      |  | Parameter  | PERE      | PERM      | PERT      | PENRE     | PENRM     | PENRT     | SM        | RSF      | NRSF     | FW             |
|   |  | IM/Einheit | MJ Hu     | kg        | MJ Hu    | MJ Hu    | m <sup>3</sup> |
| Produkt-stadium   | Ausgangsstoffe                                   | A1         | 9,17E+02  | 6,20E+01  | 9,79E+02  | 4,69E+03  | 1,58E+03  | 6,26E+03  | 6,95E+02  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 1,71E+00       |
|   | Transport  | A2         | 2,49E+00  | 0,00E+00  | 2,49E+00  | 3,72E+01  | 0,00E+00  | 3,72E+01  | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 2,21E-03       |
|   | Herstellung                                      | A3         | 3,17E+02  | 0,00E+00  | 3,17E+02  | 2,74E+03  | 0,00E+00  | 2,74E+03  | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 3,28E-01       |
|   | Summe (cradle to gate)                           | A1-A3      | 1,24E+03  | 6,20E+01  | 1,30E+03  | 7,47E+03  | 1,58E+03  | 9,03E+03  | 6,95E+02  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 2,04E+00       |
| Baustadium  | Transport  | A4         | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--          |
|   | Einbau System                                    | A5         | 5,49E+01  | 1,28E+01  | 6,77E+01  | 4,09E+02  | 5,41E+01  | 4,62E+02  | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 8,82E-02       |
| Nutzungs-stadium  | Nutzung  | B1         | MB        | MB       | MB       | MB             |
|   | Instandhaltung                                   | B2         | MB        | MB       | MB       | MB             |
|   | Reparatur  | B3         | MB        | MB       | MB       | MB             |
|   | Ersatz   | B4         | MB        | MB       | MB       | MB             |
|   | Erneuerung                                       | B5         | MB        | MB       | MB       | MB             |
|   | Betriebliche Energienutzung                      | B6         | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--          |
|   | Betriebliche Wassernutzung                       | B7         | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--          |
| Entsorgungs-stadium                                     | Rückbau, Abriss                                  | C1         | 3,40E-02  | 0,00E+00  | 3,40E-02  | 5,18E+00  | 0,00E+00  | 5,18E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 2,43E-05       |
|   | Transport  | C2         | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--          |
|   | Abfallaufbereitung, trocken                      | C3         | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00       |
|   | Deponierung                                      | C4         | 5,10E+00  | 0,00E+00  | 5,10E+00  | 3,12E+01  | 0,00E+00  | 3,12E+01  | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 7,87E-03       |
| Rückgewinnungs-potenziale                               | Wiederverwendung                                 | D1         | -1,11E+03 | -5,58E+01 | -1,17E+03 | -6,69E+03 | -1,42E+03 | -8,09E+03 | -6,25E+02 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | -1,83E+00      |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren (mineral. Stoffe) | D2         | -1,22E+01 | 0,00E+00  | -1,22E+01 | -4,39E+02 | 0,00E+00  | -4,39E+02 | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | -5,83E-02      |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren (Rohregister)     | D2         | -6,66E+02 | -3,33E+01 | -6,99E+02 | -3,03E+03 | -1,27E+03 | -4,29E+03 | -5,54E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | -1,24E+00      |

PERE = Erneuerbare Primärenergie (PE)

PERM = Erneuerbare PE zur stofflichen Nutzung

PERT = Summe erneuerbarer PE

PENRE = Nicht-erneuerbare PE als Energieträger

PENRM = Nicht-erneuerbare PE zur stofflichen Nutzung

PENRT = Summe nicht-erneuerbarer PE

SM = Einsatz von Sekundärstoffen

RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe

NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe

FW = Einsatz von Süßwasserressourcen

MB = Modul beschrieben

Tab. D.1.4 LP 4 Klimatelement MV-D, Typ S, formgestrichen, Inputfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |   |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
|---|---|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |   |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
| LP04: WEM Klimatelement MV-D, formgestrichen            |   |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
| Deklarierte Einheit m <sup>3</sup>                      |   | Parameter  | PERE              | PERM              | PERT              | PENRE             | PENRM             | PENRT             | SM                | RSF      | NRSF              | FW                |
|   |   | IM/Einheit | MJ H <sub>u</sub> | kg       | MJ H <sub>u</sub> | MJ H <sub>u</sub> |
| Produktstadium  | Ausgangsstoffe                                | A1         | 9,48E+02          | 6,20E+01          | 1,01E+03          | 4,83E+03          | 1,67E+03          | 6,48E+03          | 6,95E+02          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 1,77E+00          |
|   | Transport                                     | A2         | 3,61E+00          | 0,00E+00          | 3,61E+00          | 5,39E+01          | 0,00E+00          | 5,39E+01          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 3,21E-03          |
|   | Herstellung                                   | A3         | 3,17E+02          | 0,00E+00          | 3,17E+02          | 2,74E+03          | 0,00E+00          | 2,74E+03          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 3,28E-01          |
|   | Summe (cradle to gate)                        | A1-A3      | 1,27E+03          | 6,20E+01          | 1,33E+03          | 7,62E+03          | 1,67E+03          | 9,27E+03          | 6,95E+02          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 2,10E+00          |
| Baustadium  | Transport                                     | A4         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Einbau System                                 | A5         | 5,49E+01          | 1,28E+01          | 6,77E+01          | 4,09E+02          | 5,41E+01          | 4,62E+02          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 8,82E-02          |
| Nutzungsstadium   | Nutzung                                       | B1         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Instandhaltung                                | B2         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Reparatur                                     | B3         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Ersatz  | B4         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Erneuerung                                    | B5         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Betriebliche Energienutzung                   | B6         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Betriebliche Wassernutzung                    | B7         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
| Entsorgungsstadium                                      | Rückbau, Abriss                               | C1         | 3,40E-02          | 0,00E+00          | 3,40E-02          | 5,18E+00          | 0,00E+00          | 5,18E+00          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 2,43E-05          |
|   | Transport                                     | C2         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Abfallaufbereitung, trocken                   | C3         | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 0,00E+00          |
|   | Deponierung                                   | C4         | 5,10E+00          | 0,00E+00          | 5,10E+00          | 3,12E+01          | 0,00E+00          | 3,12E+01          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 7,87E-03          |
| Rückgewinnungspotenziale                                | Wiederverwendung                              | D1         | -1,14E+03         | -5,58E+01         | -1,19E+03         | -6,81E+03         | -1,50E+03         | -8,29E+03         | -6,25E+02         | 0,00E+00 | 0,00E+00          | -1,89E+00         |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren (Rohrregister) | D2         | -6,66E+02         | -3,33E+01         | -6,99E+02         | -3,03E+03         | -1,27E+03         | -4,29E+03         | -5,54E+00         | 0,00E+00 | 0,00E+00          | -1,24E+00         |

- PERE = Erneuerbare Primärenergie (PE)
- PERM = Erneuerbare PE zur stofflichen Nutzung
- PERT = Summe erneuerbarer PE
- PENRE = Nicht-erneuerbare PE als Energieträger
- PENRM = Nicht-erneuerbare PE zur stofflichen Nutzung
- PENRT = Summe nicht-erneuerbarer PE
- SM = Einsatz von Sekundärstoffen
- RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe
- NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe
- FW = Einsatz von Süßwasserressourcen
- MB = Modul beschrieben
- MNR = Modul nicht relevant

Tab. D.1.5 LP 5 Klimatelement EL, Typ S, formgestrichen, Inputfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |  |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
|---|--|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |  |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
| LPO5: WEM Klimatelement KE EL, formgestrichen           |  |            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |          |                   |                   |
| Deklarierte Einheit m <sup>3</sup>                      |  | Parameter  | PERE              | PERM              | PERT              | PENRE             | PENRM             | PENRT             | SM                | RSF      | NRSF              | FW                |
|   |  | IM/Einheit | MJ H <sub>u</sub> | kg       | MJ H <sub>u</sub> | MJ H <sub>u</sub> |
| Produktstadium  | Ausgangsstoffe                                   | A1         | 3,90E+02          | 2,49E+01          | 4,15E+02          | 1,86E+03          | 3,81E+02          | 2,24E+03          | 6,89E+02          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 8,62E-01          |
|   | Transport  | A2         | 3,61E+00          | 0,00E+00          | 3,61E+00          | 5,39E+01          | 0,00E+00          | 5,39E+01          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 3,21E-03          |
|   | Herstellung                                      | A3         | 3,17E+02          | 0,00E+00          | 3,17E+02          | 2,74E+03          | 0,00E+00          | 2,74E+03          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 3,28E-01          |
|   | Summe (cradle to gate)                           | A1-A3      | 7,11E+02          | 2,49E+01          | 7,36E+02          | 4,66E+03          | 3,81E+02          | 5,04E+03          | 6,89E+02          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 1,19E+00          |
| Baustadium  | Transport  | A4         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Einbau System                                    | A5         | 5,49E+01          | 1,28E+01          | 6,77E+01          | 4,09E+02          | 5,41E+01          | 4,62E+02          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 8,82E-02          |
| Nutzungsstadium   | Nutzung  | B1         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Instandhaltung                                   | B2         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Reparatur  | B3         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Ersatz   | B4         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Erneuerung                                       | B5         | MB                | MB       | MB                | MB                |
|   | Betriebliche Energienutzung                      | B6         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Betriebliche Wassernutzung                       | B7         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
| Entsorgungsstadium                                      | Rückbau, Abriss                                  | C1         | 3,40E-02          | 0,00E+00          | 3,40E-02          | 5,18E+00          | 0,00E+00          | 5,18E+00          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 2,43E-05          |
|   | Transport  | C2         | MNR--             | MNR--    | MNR--             | MNR--             |
|   | Abfallaufbereitung, trocken                      | C3         | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 0,00E+00          |
|   | Deponierung                                      | C4         | 5,10E+00          | 0,00E+00          | 5,10E+00          | 3,12E+01          | 0,00E+00          | 3,12E+01          | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | 7,87E-03          |
| Rückgewinnungspotenziale                                | Wiederverwendung                                 | D1         | -6,37E+02         | -2,24E+01         | -6,59E+02         | -4,14E+03         | -3,43E+02         | -4,48E+03         | -6,20E+02         | 0,00E+00 | 0,00E+00          | -1,07E+00         |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren (mineral. Stoffe) | D2         | -1,22E+01         | 0,00E+00          | -1,22E+01         | -4,39E+02         | 0,00E+00          | -4,39E+02         | 0,00E+00          | 0,00E+00 | 0,00E+00          | -5,83E-02         |

- PERE = Erneuerbare Primärenergie (PE)
- PERM = Erneuerbare PE zur stofflichen Nutzung
- PERT = Summe erneuerbarer PE
- PENRE = Nicht-erneuerbare PE als Energieträger
- PENRM = Nicht-erneuerbare PE zur stofflichen Nutzung
- PENRT = Summe nicht-erneuerbarer PE
- SM = Einsatz von Sekundärstoffen
- RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe
- NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe
- FW = Einsatz von Süßwasserressourcen
- MB = Modul beschrieben
- MNR = Modul nicht relevant

## D.2 Umweltwirkungsfaktoren

Im Abs. D.2 werden in den Tab. D. 2.1 – D. 2.5 die Wirkungsfaktoren für die LP u. KE 1 – 5 tabellarisch dargestellt.

Für LP 01 wird das in IM C1 rückgebaute Abbruchmaterial mit einem Masseverlust von 5 % in IM C3 aufbereitet und für die Szenarien D2 – D3 zur Wiederverwertung (CRU) bereitgestellt. Das enthaltene biogene CO<sub>2</sub> wird in IM C3 bilanziell neutralisiert. Auch für alle anderen LP u. KE wird das gebundene CO<sub>2</sub> in IM C4 bilanziell neutralisiert.

Für die Wiederverwendung in Szenario D1 wird für alle LP u. KE ein Demontageverlust von 10 M.-% / m<sup>3</sup> Abbruch angenommen. Nicht wiederverwendbare LP u. KE werden deponiert (IM C4). Das in IM A1 bereits enthaltene biogene CO<sub>2</sub> wird bilanziell in IM D1 ausgeglichen (positives Vorzeichen).

Tab. D.2.1 LP 1 Lehmplatte Typ A, formgestrichen, Umweltwirkungsfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |                                   |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |                       |           |
|---|-----------------------------------|------------|--------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|----------------|---------------|-----------|--------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |                                   |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |                       |           |
| LP01: WEM Lehmplatte Typ A, formgestrichen              |                                   |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |                       |           |
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>                      | Parameter                         | GWP total  | GWP-biogenic | GWP-luluc  | GWP-fossil | ODP           | POCP         | AP             | EP-terrestrial | EP-freshwater | EP-marine | WDP                      | ADPE      | ADPF                  |           |
|   | IM/Einheit                        | kg CO2 eq. | kg CO2 eq.   | kg CO2 eq. | kg CO2 eq. | kg CFC-11 eq. | kg NMVOC eq. | Mole of H+ eq. | Mole of N eq.  | kg P eq.      | kg N eq.  | m <sup>3</sup> world eq. | kg Sb eq. | MJ H <sub>u</sub> eq. |           |
| Produktstadium  | Ausgangsstoffe                    | A1         | 2,78E+01     | -2,89E+01  | 3,51E-02   | 5,67E+01      | 2,60E-02     | 4,73E-03       | 3,88E+01       | 1,17E-01      | 2,86E-02  | 1,05E-02                 | 1,51E-01  | 2,02E-03              | 8,55E+02  |
|   | Transport                         | A2         | 2,76E+00     | -9,07E-03  | 1,63E-02   | 2,76E+00      | 3,42E-10     | 1,14E-03       | 9,26E-03       | 4,85E-02      | 6,43E-03  | 4,33E-03                 | 1,43E-02  | 1,97E-04              | 3,71E+01  |
|   | Herstellung                       | A3         | 1,63E+02     | 3,70E-01   | 6,33E-03   | 1,62E+02      | 1,34E-08     | 1,25E-01       | 9,66E-02       | 4,86E-01      | 1,32E-02  | 4,40E-02                 | 5,71E-01  | 3,47E-03              | 2,74E+03  |
|   | Summe (cradle to gate)            | A1-A3      | 1,93E+02     | -2,85E+01  | 5,78E-02   | 2,22E+02      | 2,60E-02     | 1,31E-01       | 3,89E+01       | 6,52E-01      | 4,83E-02  | 5,88E-02                 | 7,36E-01  | 5,69E-03              | 3,63E+03  |
| Baustadium  | Transport                         | A4         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 |           |
|   | Einbau System                     | A5         | 2,51E+01     | -1,09E+00  | 6,23E-03   | 2,62E+01      | 8,37E-04     | 3,27E-03       | 4,82E-01       | 2,83E-02      | 8,97E-03  | 2,54E-03                 | 2,28E-02  | 7,45E-04              | 4,41E+02  |
| Nutzungsstadium   | Nutzung                           | B1         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    |           |
|   | Instandhaltung                    | B2         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    |           |
|   | Reparatur                         | B3         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    |           |
|   | Ersatz                            | B4         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    |           |
|   | Erneuerung                        | B5         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    |           |
|   | Betriebliche Energienutzung       | B6         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 |           |
|   | Betriebliche Wassernutzung        | B7         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 |           |
| Entsorgungsstadium                                      | Rückbau, Abriss                   | C1         | 5,05E-02     | 6,01E-04   | 8,15E-06   | 4,99E-02      | 6,28E-11     | 1,28E-04       | 1,44E-04       | 2,91E-04      | 7,80E-05  | 2,66E-05                 | 3,98E-04  | 4,12E-06              | 5,18E+00  |
|   | Transport                         | C2         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 |           |
|   | Abfallaufbereitung, trocken       | C3         | 2,89E+01     | 2,89E+01   | 4,68E-06   | 2,87E-02      | 3,61E-11     | 7,34E-05       | 8,28E-05       | 1,67E-04      | 4,48E-05  | 1,53E-05                 | 2,29E-04  | 2,37E-06              | 2,97E+00  |
|   | Deponierung                       | C4         | 0,00E+00     | 0,00E+00   | 0,00E+00   | 0,00E+00      | 0,00E+00     | 0,00E+00       | 0,00E+00       | 0,00E+00      | 0,00E+00  | 0,00E+00                 | 0,00E+00  | 0,00E+00              |           |
| Rückgewinnungspotenziale                                | Wiederverwendung                  | D1         | -1,71E+02    | 2,57E+01   | -3,73E-02  | -1,97E+02     | -2,34E-02    | -1,17E-01      | -3,50E+01      | -5,43E-01     | -3,77E-02 | -4,91E-02                | -6,50E-01 | -4,94E-03             | -3,23E+03 |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren    | D2         | -3,91E+00    | 2,14E-03   | -7,65E-03  | -3,91E+00     | -3,52E-03    | -2,54E-03      | -2,36E+01      | -3,67E-02     | -1,03E-02 | -3,34E-03                | -5,21E-02 | -1,99E-04             | -5,50E+01 |
|   | Wiederverwertung Trockenverfahren | D3         | -7,45E+01    | -1,52E-01  | -1,22E-02  | -7,43E+01     | -2,83E-08    | -6,47E-02      | -5,29E-02      | -2,63E-01     | -1,64E-02 | -2,37E-02                | -3,74E-01 | -1,03E-03             | -1,24E+03 |

GWP total = Globales Erwärmungspotenzial

GWP-biogenic = Globales Erwärmungspotenzial - biogen

GWP-luluc = Globales Erwärmungspotenzial - luluc

GWP-fossil = Globales Erwärmungspotenzial - fossil

ODP = Abbaupotenzial der stratosphär. Ozonschicht

POCP = Bildungspotenzial für troposphär. Ozon

AP = Versauerungspotenzial, kumulierte Überschreitung

EP-terrestrial = Eutrophierungspotenzial - Land

EP-freshwater = Eutrophierungspotenzial - Süßwasser

EP-marine = Eutrophierungspotenzial - Salzwasser

WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)

ADPE = Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen

ADPF = Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe

MNR = Modul nicht relevant

MB = Modul beschrieben

Tab. D.2.2 LP 2 Lehmplatte D Typ B, formgestrichen, Umweltwirkungsfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |                             |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |                       |           |
|---|-----------------------------|------------|--------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|----------------|---------------|-----------|--------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |                             |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |                       |           |
| LPO2: WEM Lehmplatte LP D Typ B, formgestrichen         |                             |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |                       |           |
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>                      | Parameter                   | GWP total  | GWP-biogenic | GWP-luluc  | GWP-fossil | ODP           | POCP         | AP             | EP-terrestrial | EP-freshwater | EP-marine | WDP                      | ADPE      | ADPF                  |           |
|   | IM/Einheit                  | kg CO2 eq. | kg CO2 eq.   | kg CO2 eq. | kg CO2 eq. | kg CFC-11 eq. | kg NMVOC eq. | Mole of H+ eq. | Mole of N eq.  | kg P eq.      | kg N eq.  | m <sup>3</sup> world eq. | kg Sb eq. | MJ H <sub>u</sub> eq. |           |
| Produktstadium  | Ausgangsstoffe              | A1         | 3,86E+01     | -2,86E+01  | 3,88E-02   | 6,72E+01      | 2,60E-02     | 3,38E-02       | 3,89E+01       | 2,07E-01      | 2,86E-02  | 1,87E-02                 | 1,41E+00  | 2,05E-03              | 1,09E+03  |
|   | Transport                   | A2         | 4,01E+00     | -1,32E-02  | 2,37E-02   | 4,00E+00      | 4,96E-10     | 1,66E-03       | 1,34E-02       | 7,04E-02      | 9,33E-03  | 6,28E-03                 | 2,08E-02  | 2,85E-04              | 5,38E+01  |
|   | Herstellung                 | A3         | 1,63E+02     | 3,70E-01   | 6,33E-03   | 1,62E+02      | 1,34E-08     | 1,25E-01       | 9,66E-02       | 4,86E-01      | 1,32E-02  | 4,40E-02                 | 5,71E-01  | 3,47E-03              | 2,74E+03  |
|   | Summe (cradle to gate)      | A1-A3      | 2,05E+02     | -2,83E+01  | 6,88E-02   | 2,34E+02      | 2,60E-02     | 1,60E-01       | 3,90E+01       | 7,63E-01      | 5,12E-02  | 6,90E-02                 | 2,00E+00  | 5,80E-03              | 3,88E+03  |
| Baustadium  | Transport                   | A4         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 | MNR--     |
|   | Einbau System               | A5         | 2,51E+01     | -1,09E+00  | 6,23E-03   | 2,62E+01      | 8,37E-04     | 3,27E-03       | 4,82E-01       | 2,83E-02      | 8,97E-03  | 2,54E-03                 | 2,28E-02  | 7,45E-04              | 4,41E+02  |
| Nutzungsstadium   | Nutzung                     | B1         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    | MB        |
|   | Instandhaltung              | B2         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    | MB        |
|   | Reparatur                   | B3         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    | MB        |
|   | Ersatz                      | B4         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    | MB        |
|   | Erneuerung                  | B5         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    | MB        |
|   | Betriebliche Energienutzung | B6         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 | MNR--     |
|   | Betriebliche Wassernutzung  | B7         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 | MNR--     |
| Entsorgungsstadium                                      | Rückbau, Abriss             | C1         | 5,05E-02     | 6,01E-04   | 8,15E-06   | 4,99E-02      | 6,28E-11     | 1,28E-04       | 1,44E-04       | 2,91E-04      | 7,80E-05  | 2,66E-05                 | 3,98E-04  | 4,12E-06              | 5,18E+00  |
|   | Transport                   | C2         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 | MNR--     |
|   | Abfallaufbereitung, trocken | C3         | 0,00E+00     | 0,00E+00   | 0,00E+00   | 0,00E+00      | 0,00E+00     | 0,00E+00       | 0,00E+00       | 0,00E+00      | 0,00E+00  | 0,00E+00                 | 0,00E+00  | 0,00E+00              | 0,00E+00  |
|   | Deponierung                 | C4         | 3,10E+01     | 2,86E+01   | 2,35E+00   | 7,28E-03      | 6,02E-09     | 1,30E-02       | 1,66E-02       | 4,73E-02      | 4,73E-03  | 4,29E-03                 | 2,57E-01  | 1,08E-04              | 3,12E+01  |
| Rückgewinnungspotenziale                                | Wiederverwendung            | D1         | -1,71E+02    | 2,57E+01   | -3,73E-02  | -1,97E+02     | -2,34E-02    | -1,17E-01      | -3,50E+01      | -5,43E-01     | -3,77E-02 | -4,91E-02                | -6,50E-01 | -4,94E-03             | -3,23E+03 |

- GWP total = Globales Erwärmungspotenzial
- GWP-biogenic = Globales Erwärmungspotenzial - biogen
- GWP-luluc = Globales Erwärmungspotenzial - luluc
- GWP-fossil = Globales Erwärmungspotenzial - fossil
- ODP = Abbaupotenzial der stratosphär. Ozonschicht
- POCP = Bildungspotenzial für troposphär. Ozon
- AP = Versauerungspotenzial, kumulierte Überschreitung
- EP-terrestrial = Eutrophierungspotenzial - Land
- EP-freshwater = Eutrophierungspotenzial - Süßwasser
- EP-marine = Eutrophierungspotenzial - Salzwasser
- WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)
- ADPE = Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen
- ADPF = Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe
- MNR = Modul nicht relevant
- MB = Modul beschrieben

Tab. D.2.3 LP 3 Klimatelement MV, formgestrichen, Umweltwirkungsfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |  |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |                       |           |
|---|--|------------|--------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|----------------|---------------|-----------|--------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |  |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |                       |           |
| LP03: WEM Klimatelement KE MV, formgestrichen           |  |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |                       |           |
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>                      | Parameter  | GWP total  | GWP-biogenic | GWP-luluc  | GWP-fossil | ODP           | POCP         | AP             | EP-terrestrial | EP-freshwater | EP-marine | WDP                      | ADPE      | ADPF                  |           |
|   | IM/Einheit                                       | kg CO2 eq. | kg CO2 eq.   | kg CO2 eq. | kg CO2 eq. | kg CFC-11 eq. | kg NMVOC eq. | Mole of H+ eq. | Mole of N eq.  | kg P eq.      | kg N eq.  | m <sup>3</sup> world eq. | kg Sb eq. | MJ H <sub>u</sub> eq. |           |
| Produktstadium  | Ausgangsstoffe                                   | A1         | 1,66E+02     | -3,25E+01  | 1,19E-01   | 1,99E+02      | 2,60E-02     | 3,51E-01       | 3,93E+01       | 1,21E+00      | 2,88E-02  | 1,11E-01                 | 2,85E+01  | 2,02E-03              | 9,05E+02  |
|   | Transport  | A2         | 2,76E+00     | -9,07E-03  | 1,63E-02   | 2,76E+00      | 3,42E-10     | 1,14E-03       | 9,26E-03       | 4,85E-02      | 6,43E-03  | 4,33E-03                 | 1,43E-02  | 1,97E-04              | 3,71E+01  |
|   | Herstellung                                      | A3         | 1,63E+02     | 3,70E-01   | 6,33E-03   | 1,62E+02      | 1,34E-08     | 1,25E-01       | 9,66E-02       | 4,86E-01      | 1,32E-02  | 4,40E-02                 | 5,71E-01  | 3,47E-03              | 2,74E+03  |
|   | Summe (cradle to gate)                           | A1-A3      | 3,32E+02     | -3,22E+01  | 1,42E-01   | 3,64E+02      | 2,60E-02     | 4,77E-01       | 3,94E+01       | 1,74E+00      | 4,84E-02  | 1,60E-01                 | 2,91E+01  | 5,69E-03              | 3,68E+03  |
| Baustadium  | Transport  | A4         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 |           |
|   | Einbau System                                    | A5         | 2,51E+01     | -1,09E+00  | 6,23E-03   | 2,62E+01      | 8,37E-04     | 3,27E-03       | 4,82E-01       | 2,83E-02      | 8,97E-03  | 2,54E-03                 | 2,28E-02  | 7,45E-04              | 4,41E+02  |
| Nutzungsstadium   | Nutzung  | B1         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    |           |
|   | Instandhaltung                                   | B2         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    |           |
|   | Reparatur  | B3         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    |           |
|   | Ersatz   | B4         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    |           |
|   | Erneuerung                                       | B5         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB                    |           |
|   | Betriebliche Energienutzung                      | B6         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 |           |
| Betriebliche Wassernutzung                              | B7   | MNR--      | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     |                       |           |
| Entsorgungsstadium                                      | Rückbau, Abriss                                  | C1         | 5,05E-02     | 6,01E-04   | 8,15E-06   | 4,99E-02      | 6,28E-11     | 1,28E-04       | 1,44E-04       | 2,91E-04      | 7,80E-05  | 2,66E-05                 | 3,98E-04  | 4,12E-06              | 5,18E+00  |
|   | Transport  | C2         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--                 |           |
|   | Abfallaufbereitung, trocken                      | C3         | 0,00E+00     | 0,00E+00   | 0,00E+00   | 0,00E+00      | 0,00E+00     | 0,00E+00       | 0,00E+00       | 0,00E+00      | 0,00E+00  | 0,00E+00                 | 0,00E+00  | 0,00E+00              |           |
|   | Deponierung                                      | C4         | 3,49E+01     | 3,25E+01   | 2,35E+00   | 7,28E-03      | 6,02E-09     | 1,30E-02       | 1,66E-02       | 4,73E-02      | 4,73E-03  | 4,29E-03                 | 2,57E-01  | 1,08E-04              | 3,12E+01  |
| Rückgewinnungspotenziale                                | Wiederverwendung                                 | D1         | -2,96E+02    | 2,89E+01   | -1,13E-01  | -3,25E+02     | -2,34E-02    | -4,29E-01      | -3,54E+01      | -1,53E+00     | -3,78E-02 | -1,40E-01                | -2,62E+01 | -4,94E-03             | -3,28E+03 |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren (mineral. Stoffe) | D2         | -3,91E+00    | 2,14E-03   | -7,65E-03  | -3,91E+00     | -3,52E-03    | -2,54E-03      | -2,36E+01      | -3,67E-02     | -1,03E-02 | -3,34E-03                | -5,21E-02 | -1,99E-04             | -5,50E+01 |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren (Rohrregister)    | D2         | -1,25E+02    | 3,29E+00   | -7,58E-02  | -1,28E+02     | -2,78E-10    | -3,12E-01      | -4,13E-01      | -9,83E-01     | -1,38E-04 | -9,07E-02                | -2,56E+01 | -2,94E-07             | -4,45E+01 |

- GWP total = Globales Erwärmungspotenzial
- GWP-biogenic = Globales Erwärmungspotenzial - biogen
- GWP-luluc = Globales Erwärmungspotenzial - luluc
- GWP-fossil = Globales Erwärmungspotenzial - fossil
- ODP = Abbaupotenzial der stratosphär. Ozonschicht
- POCP = Bildungspotenzial für troposphär. Ozon
- AP = Versauerungspotenzial, kumulierte Überschreitung
- EP-terrestrial = Eutrophierungspotenzial - Land
- EP-freshwater = Eutrophierungspotenzial - Süßwasser
- EP-marine = Eutrophierungspotenzial - Salzwasser
- WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)
- ADPE = Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen
- ADPF = Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe
- MNR = Modul nicht relevant
- MB = Modul beschrieben

Tab. D.2.4 LP 4 Klimatelement MV-D, formgestrichen, Umweltwirkungsfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |   |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |              |           |           |           |
|---|---|------------|--------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|----------------|---------------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |   |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |              |           |           |           |
| LP04: WEM Klimatelement KE MV-D, formgestrichen         |   |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |              |           |           |           |
| Funktionale Einheit m³                                  | Parameter                                     | GWP total  | GWP-biogenic | GWP-luluc  | GWP-fossil | ODP           | POCP         | AP             | EP-terrestrial | EP-freshwater | EP-marine | WDP          | ADPE      | ADPF      |           |
|   | IM/Einheit                                    | kg CO2 eq. | kg CO2 eq.   | kg CO2 eq. | kg CO2 eq. | kg CFC-11 eq. | kg NMVOC eq. | Mole of H+ eq. | Mole of N eq.  | kg P eq.      | kg N eq.  | m³ world eq. | kg Sb eq. | MJ Hu eq. |           |
| Produktstadium  | Ausgangsstoffe                                | A1         | 1,77E+02     | -3,23E+01  | 1,23E-01   | 2,09E+02      | 2,60E-02     | 3,81E-01       | 3,93E+01       | 1,30E+00      | 2,88E-02  | 1,19E-01     | 2,98E+01  | 2,05E-03  | 1,13E+03  |
|   | Transport                                     | A2         | 4,01E+00     | -1,32E-02  | 2,37E-02   | 4,00E+00      | 4,96E-10     | 1,66E-03       | 1,34E-02       | 7,04E-02      | 9,33E-03  | 6,28E-03     | 2,08E-02  | 2,85E-04  | 5,38E+01  |
|   | Herstellung                                   | A3         | 1,63E+02     | 3,70E-01   | 6,33E-03   | 1,62E+02      | 1,34E-08     | 1,25E-01       | 9,66E-02       | 4,86E-01      | 1,32E-02  | 4,40E-02     | 5,71E-01  | 3,47E-03  | 2,74E+03  |
|   | Summe (cradle to gate)                        | A1-A3      | 3,44E+02     | -3,19E+01  | 1,53E-01   | 3,76E+02      | 2,60E-02     | 5,07E-01       | 3,94E+01       | 1,86E+00      | 5,14E-02  | 1,70E-01     | 3,04E+01  | 5,80E-03  | 3,93E+03  |
| Baustadium  | Transport                                     | A4         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--        | MNR--     | MNR--     |           |
|   | Einbau System                                 | A5         | 2,51E+01     | -1,09E+00  | 6,23E-03   | 2,62E+01      | 8,37E-04     | 3,27E-03       | 4,82E-01       | 2,83E-02      | 8,97E-03  | 2,54E-03     | 2,28E-02  | 7,45E-04  | 4,41E+02  |
| Nutzungsstadium   | Nutzung                                       | B1         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB           | MB        | MB        |           |
|   | Instandhaltung                                | B2         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB           | MB        | MB        |           |
|   | Reparatur                                     | B3         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB           | MB        | MB        |           |
|   | Ersatz  | B4         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB           | MB        | MB        |           |
|   | Erneuerung                                    | B5         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB           | MB        | MB        |           |
|   | Betriebliche Energienutzung                   | B6         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--        | MNR--     | MNR--     |           |
|   | Betriebliche Wassernutzung                    | B7         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--        | MNR--     | MNR--     |           |
| Entsorgungsstadium                                      | Rückbau, Abriss                               | C1         | 5,05E-02     | 6,01E-04   | 8,15E-06   | 4,99E-02      | 6,28E-11     | 1,28E-04       | 1,44E-04       | 2,91E-04      | 7,80E-05  | 2,66E-05     | 3,98E-04  | 4,12E-06  | 5,18E+00  |
|   | Transport                                     | C2         | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--        | MNR--     | MNR--     |           |
|   | Abfallaufbereitung, trocken                   | C3         | 0,00E+00     | 0,00E+00   | 0,00E+00   | 0,00E+00      | 0,00E+00     | 0,00E+00       | 0,00E+00       | 0,00E+00      | 0,00E+00  | 0,00E+00     | 0,00E+00  | 0,00E+00  |           |
|   | Deponierung                                   | C4         | 3,46E+01     | 3,23E+01   | 2,35E+00   | 7,28E-03      | 6,02E-09     | 1,30E-02       | 1,66E-02       | 4,73E-02      | 4,73E-03  | 4,29E-03     | 2,57E-01  | 1,08E-04  | 3,12E+01  |
| Rückgewinnungspotenziale                                | Wiederverwendung                              | D1         | -3,06E+02    | 2,87E+01   | -1,16E-01  | -3,35E+02     | -2,34E-02    | -4,55E-01      | -3,55E+01      | -1,61E+00     | -3,78E-02 | -1,47E-01    | -2,73E+01 | -4,97E-03 | -3,48E+03 |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren (Rohrregister) | D2         | -1,25E+02    | 3,29E+00   | -7,58E-02  | -1,28E+02     | -2,78E-10    | -3,12E-01      | -4,13E-01      | -9,83E-01     | -1,38E-04 | -9,07E-02    | -2,56E+01 | -2,94E-07 | -4,45E+01 |

- GWP total = Globales Erwärmungspotenzial
- GWP-biogenic = Globales Erwärmungspotenzial - biogen
- GWP-luluc = Globales Erwärmungspotenzial - luluc
- GWP-fossil = Globales Erwärmungspotenzial - fossil
- ODP = Abbaupotenzial der stratosphär. Ozonschicht
- POCP = Bildungspotenzial für troposphär. Ozon
- AP = Versauerungspotenzial, kumulierte Überschreitung
- EP-terrestrial = Eutrophierungspotenzial - Land
- EP-freshwater = Eutrophierungspotenzial - Süßwasser
- EP-marine = Eutrophierungspotenzial - Salzwasser
- WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)
- ADPE = Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen
- ADPF = Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe
- MNR = Modul nicht relevant
- MB = Modul beschrieben

Tab. D.2.5 LP 5 Klimaelement EL, formgestrichen, Umweltwirkungsfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |                             |            |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |           |
|---|-----------------------------|------------|------------|--------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|----------------|---------------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |                             |            |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |           |
| LP05: WEM Klimaelement KE EL, formgestrichen            |                             |            |            |              |            |            |               |              |                |                |               |           |                          |           |           |
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>                      |                             | Parameter  | GWP total  | GWP-biogenic | GWP-luluc  | GWP-fossil | ODP           | POCP         | AP             | EP-terrestrial | EP-freshwater | EP-marine | WDP                      | ADPE      | ADPF      |
|   |                             | IM/Einheit | kg CO2 eq. | kg CO2 eq.   | kg CO2 eq. | kg CO2 eq. | kg CFC-11 eq. | kg NMVOC eq. | Mole of H+ eq. | Mole of N eq.  | kg P eq.      | kg N eq.  | m <sup>3</sup> world eq. | kg Sb eq. | MJ Hu eq. |
| Produktstadium  | Ausgangsstoffe              | A1         | 8,51E+01   | -2,87E+01    | 4,64E+01   | 6,74E+01   | 2,60E-02      | 1,81E-01     | 3,95E+01       | 6,28E-01       | 1,32E-01      | 5,91E-02  | 2,71E+01                 | 3,23E-02  | 1,65E+03  |
|   | Transport                   | A2         | 4,01E+00   | -1,32E-02    | 2,37E-02   | 4,00E+00   | 4,96E-10      | 1,66E-03     | 1,34E-02       | 7,04E-02       | 9,33E-03      | 6,28E-03  | 2,08E-02                 | 2,85E-04  | 5,38E+01  |
|   | Herstellung                 | A3         | 1,63E+02   | 3,70E-01     | 6,33E-03   | 1,62E+02   | 1,34E-08      | 1,25E-01     | 9,66E-02       | 4,86E-01       | 1,32E-02      | 4,40E-02  | 5,71E-01                 | 3,47E-03  | 2,74E+03  |
|   | Summe (cradle to gate)      | A1-A3      | 2,52E+02   | -2,83E+01    | 4,65E+01   | 2,34E+02   | 2,60E-02      | 3,08E-01     | 3,97E+01       | 1,18E+00       | 1,54E-01      | 1,09E-01  | 2,77E+01                 | 3,61E-02  | 4,44E+03  |
| Baustadium  | Transport                   | A4         | MNR--      | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--     |
|   | Einbau System               | A5         | 2,51E+01   | -1,09E+00    | 6,23E-03   | 2,62E+01   | 8,37E-04      | 3,27E-03     | 4,82E-01       | 2,83E-02       | 8,97E-03      | 2,54E-03  | 2,28E-02                 | 7,45E-04  | 4,41E+02  |
| Nutzungsstadium   | Nutzung                     | B1         | MB         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB        |
|   | Instandhaltung              | B2         | MB         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB        |
|   | Reparatur                   | B3         | MB         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB        |
|   | Ersatz                      | B4         | MB         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB        |
|   | Erneuerung                  | B5         | MB         | MB           | MB         | MB         | MB            | MB           | MB             | MB             | MB            | MB        | MB                       | MB        | MB        |
|   | Betriebliche Energienutzung | B6         | MNR--      | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--     |
|   | Betriebliche Wassernutzung  | B7         | MNR--      | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--     |
| Entsorgungsstadium                                      | Rückbau, Abriss             | C1         | 5,05E-02   | 6,01E-04     | 8,15E-06   | 4,99E-02   | 6,28E-11      | 1,28E-04     | 1,44E-04       | 2,91E-04       | 7,80E-05      | 2,66E-05  | 3,98E-04                 | 4,12E-06  | 5,18E+00  |
|   | Transport                   | C2         | MNR--      | MNR--        | MNR--      | MNR--      | MNR--         | MNR--        | MNR--          | MNR--          | MNR--         | MNR--     | MNR--                    | MNR--     | MNR--     |
|   | Abfallaufbereitung, trocken | C3         | 0,00E+00   | 0,00E+00     | 0,00E+00   | 0,00E+00   | 0,00E+00      | 0,00E+00     | 0,00E+00       | 0,00E+00       | 0,00E+00      | 0,00E+00  | 0,00E+00                 | 0,00E+00  | 0,00E+00  |
|   | Deponierung                 | C4         | 3,10E+01   | 2,87E+01     | 2,35E+00   | 7,28E-03   | 6,02E-09      | 1,30E-02     | 1,66E-02       | 4,73E-02       | 4,73E-03      | 4,29E-03  | 2,57E-01                 | 1,08E-04  | 3,12E+01  |
| Rückgewinnungspotenziale                                | Wiederverwendung            | D1         | -2,23E+02  | 2,55E+01     | -4,18E+01  | -2,07E+02  | -2,34E-02     | -2,76E-01    | -3,57E+01      | -1,00E+00      | -1,30E-01     | -9,28E-02 | -2,49E+01                | -3,22E-02 | -3,94E+03 |

- GWP total = Globales Erwärmungspotenzial
- GWP-biogenic = Globales Erwärmungspotenzial - biogen
- GWP-luluc = Globales Erwärmungspotenzial - luluc
- GWP-fossil = Globales Erwärmungspotenzial - fossil
- ODP = Abbaupotenzial der stratosphär. Ozonschicht
- POCP = Bildungspotenzial für troposphär. Ozon
- AP = Versauerungspotenzial, kumulierte Überschreitung
- EP-terrestrial = Eutrophierungspotenzial - Land
- EP-freshwater = Eutrophierungspotenzial - Süßwasser
- EP-marine = Eutrophierungspotenzial - Salzwasser
- WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)
- ADPE = Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen
- ADPF = Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe
- MNR = Modul nicht relevant
- MB = Modul beschrieben

### D.3 Outputfaktoren

Im Abs. D.3 werden in den Tab. D. 3.1 – D. 3.5 die Outputfaktoren für die LP u. KE 1 – 5 tabellarisch dargestellt. Die Stromeinspeisung wird in IM A3 als EEE mit 265 MJ / m³ LP u. KE ausgewiesen. In IM A5 fallen die Kraftpapiersäcke für LPM als Abfall zur stofflichen Verwertung (MFR) an.

Tab. D.3.1 LP 1 Lehmplatte Typ A, formgestrichen, Outputfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |                                   |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
|---|-----------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |                                   |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
| LP01: WEM Lehmplatte LP Typ A , formgestrichen          |                                   |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
| Funktionale Einheit m³                                  |                                   | Parameter  | HWD       | NHWD      | RWD       | CRU      | MFR      | MER      | EEE      | EET      |
|   |                                   | IM/Einheit | kg        | kg        | kg        | kg       | kg       | kg       | MJ       | MJ       |
| Produkt-stadium   | Ausgangsstoffe                    | A1         | 3,64E-04  | 2,33E+01  | 2,53E-02  | 0,00E+00 | 1,18E-01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Transport                         | A2         | 6,26E-08  | 5,56E-03  | 4,89E-05  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Herstellung                       | A3         | 7,88E-07  | 8,37E-01  | 4,38E-02  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 2,65E+02 | 0,00E+00 |
|   | Summe (cradle to gate)            | A1-A3      | 3,65E-04  | 2,42E+01  | 6,91E-02  | 0,00E+00 | 1,18E-01 | 0,00E+00 | 2,65E+02 | 0,00E+00 |
| Baustadium  | Transport                         | A4         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Einbau System                     | A5         | 1,23E-04  | 2,15E+00  | 8,51E-03  | 0,00E+00 | 2,70E-01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Nutzungs-stadium  | Nutzung                           | B1         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Instandhaltung                    | B2         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Reparatur                         | B3         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Ersatz                            | B4         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Erneuerung                        | B5         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Betriebliche Energienutzung       | B6         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Betriebliche Wassernutzung        | B7         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
| Entsorgungs-stadium                                     | Rückbau, Abriss                   | C1         | 8,64E-09  | 5,64E-04  | 4,76E-06  | 0,00E+00 | 1,56E+03 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Transport                         | C2         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Abfallaufbereitung, trocken       | C3         | 4,96E-09  | 3,24E-04  | 2,73E-06  | 0,00E+00 | 1,48E+03 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Deponierung                       | C4         | 0,00E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Rückgewinnungs-potenziale                               | Wiederverwendung                  | D1         | -3,28E-04 | -2,17E+01 | -6,21E-02 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren    | D2         | -1,76E-02 | -1,92E+01 | -1,27E-03 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Wiederverwertung Trockenverfahren | D3         | -1,08E-04 | -2,18E+01 | -1,89E-03 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |

HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie

NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall

RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall

CRU = Komponenten f. die Wiederverwendung

MFR = Stoffe zum Recycling

MER = Stoffe für die Energierückgewinnung

EEE = Exportierte elektr. Energie

EET = Exportierte thermische Energie

MNR = Modul nicht relevant

MB = Modul beschrieben

Tab. D.3.2 LP 2 Lehmplatte D Typ B, formgestrichen, Outputfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |  |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
|---|--|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |  |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
| LP03: WEM Klimatelement KE MV, formgestrichen           |  |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>                      |  | Parameter  | HWD       | NHWD      | RWD       | CRU      | MFR      | MER      | EEE      | EET      |
|   |  | IM/Einheit | kg        | kg        | kg        | kg       | kg       | kg       | MJ       | MJ       |
| Produkt-stadium   | Ausgangsstoffe                                   | A1         | 5,50E+01  | 7,88E-02  | 0,00E+00  | 4,36E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Transport  | A2         | 6,26E-08  | 5,56E-03  | 4,89E-05  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Herstellung                                      | A3         | 7,88E-07  | 8,37E-01  | 4,38E-02  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 2,65E+02 | 0,00E+00 |
|   | Summe (cradle to gate)                           | A1-A3      | 5,50E+01  | 9,21E-01  | 4,38E-02  | 4,36E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 2,65E+02 | 0,00E+00 |
| Baustadium  | Transport  | A4         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Einbau System                                    | A5         | 1,23E-04  | 2,15E+00  | 8,51E-03  | 0,00E+00 | 2,70E-01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Nutzungs-stadium  | Nutzung  | B1         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Instandhaltung                                   | B2         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Reparatur  | B3         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Ersatz   | B4         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Erneuerung                                       | B5         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Betriebliche Energienutzung                      | B6         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Betriebliche Wassernutzung                       | B7         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
| Entsorgungs-stadium                                     | Rückbau, Abriss                                  | C1         | 8,64E-09  | 5,64E-04  | 4,76E-06  | 0,00E+00 | 1,56E+03 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Transport  | C2         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Abfallaufbereitung, trocken                      | C3         | 0,00E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Deponierung                                      | C4         | 4,31E-13  | 1,56E+02  | 3,51E-04  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Rückgewinnungs-potenziale                               | Wiederverwendung                                 | D1         | -4,95E+01 | -8,24E-01 | -3,94E-02 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren (mineral. Stoffe) | D2         | -1,76E-02 | -1,92E+01 | -1,27E-03 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Wiederverwertung Nassverfahren (Rohregister)     | D2         |           |           |           |          |          |          |          |          |

HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie

NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall

RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall

CRU = Komponenten f. die Wiederverwendung

MFR = Stoffe zum Recycling

MER = Stoffe für die Energierückgewinnung

EEE = Exportierte elektr. Energie

EET = Exportierte thermische Energie

MNR = Modul nicht relevant

MB = Modul beschrieben

Tab. D.3.3 LP 3 Klimatelement MV, formgestrichen, Outputfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |                             |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
|---|-----------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |                             |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
| LP02: WEM Lehmplatte LP D Typ B , formgestrichen        |                             |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>                      |                             | Parameter  | HWD       | NHWD      | RWD       | CRU      | MFR      | MER      | EEE      | EET      |
|   |                             | IM/Einheit | kg        | kg        | kg        | kg       | kg       | kg       | MJ       | MJ       |
| Produkt-stadium   | Ausgangsstoffe              | A1         | 3,80E-04  | 3,12E+01  | 2,84E-02  | 0,00E+00 | 1,18E-01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Transport                   | A2         | 9,09E-08  | 8,07E-03  | 7,10E-05  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Herstellung                 | A3         | 7,88E-07  | 8,37E-01  | 4,38E-02  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 2,65E+02 | 0,00E+00 |
|   | Summe (cradle to gate)      | A1-A3      | 3,81E-04  | 3,21E+01  | 7,22E-02  | 0,00E+00 | 1,18E-01 | 0,00E+00 | 2,65E+02 | 0,00E+00 |
| Baustadium  | Transport                   | A4         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Einbau System               | A5         | 1,23E-04  | 2,15E+00  | 8,51E-03  | 0,00E+00 | 2,70E-01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Nutzungs-stadium  | Nutzung                     | B1         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Instandhaltung              | B2         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Reparatur                   | B3         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Ersatz                      | B4         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Erneuerung                  | B5         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Betriebliche Energienutzung | B6         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Betriebliche Wassernutzung  | B7         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
| Entsorgungs-stadium                                     | Rückbau, Abriss             | C1         | 8,64E-09  | 5,64E-04  | 4,76E-06  | 0,00E+00 | 1,56E+03 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Transport                   | C2         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Abfallaufbereitung, trocken | C3         | 0,00E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Deponierung                 | C4         | 4,31E-13  | 1,56E+02  | 3,51E-04  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Rückgewinnungs-potenziale                               | Wiederverwendung            | D1         | -3,43E-04 | -2,89E+01 | -6,49E-02 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |

- HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie
- NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall
- RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall
- CRU = Komponenten f. die Wiederverwendung
- MFR = Stoffe zum Recycling
- MER = Stoffe für die Energierückgewinnung
- EEE = Exportierte elektr. Energie
- EET = Exportierte thermische Energie
- MNR = Modul nicht relevant
- MB = Modul beschrieben

Tab. D.3.4 LP 4 Klimatelement MV-D, formgestrichen, Outputfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |                             |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
|---|-----------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |                             |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
| LP04: WEM Klimatelement KE MV-D , formgestrichen        |                             |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>                      |                             | Parameter  | HWD       | NHWD      | RWD       | CRU      | MFR      | MER      | EEE      | EET      |
|   |                             | IM/Einheit | kg        | kg        | kg        | kg       | kg       | kg       | MJ       | MJ       |
| Produkt-stadium   | Ausgangsstoffe              | A1         | 9,46E-02  | 4,80E+01  | 3,06E-02  | 0,00E+00 | 1,52E+00 | 1,78E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Transport                   | A2         | 9,09E-08  | 8,07E-03  | 7,10E-05  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Herstellung                 | A3         | 7,88E-07  | 8,37E-01  | 4,38E-02  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 2,65E+02 | 0,00E+00 |
|   | Summe (cradle to gate)      | A1-A3      | 9,46E-02  | 4,88E+01  | 7,44E-02  | 0,00E+00 | 1,52E+00 | 1,78E+00 | 2,65E+02 | 0,00E+00 |
| Baustadium  | Transport                   | A4         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Einbau System               | A5         | 1,23E-04  | 2,15E+00  | 8,51E-03  | 0,00E+00 | 2,70E-01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Nutzungs-stadium  | Nutzung                     | B1         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Instandhaltung              | B2         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Reparatur                   | B3         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Ersatz                      | B4         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Erneuerung                  | B5         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Betriebliche Energienutzung | B6         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Betriebliche Wassernutzung  | B7         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
| Entsorgungs-stadium                                     | Rückbau, Abriss             | C1         | 8,64E-09  | 5,64E-04  | 4,76E-06  | 0,00E+00 | 1,56E+03 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Transport                   | C2         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Abfallaufbereitung, trocken | C3         | 0,00E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Deponierung                 | C4         | 4,31E-13  | 1,56E+02  | 3,51E-04  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Rückgewinnungs-potenziale                               | Wiederverwendung            | D1         | -8,52E-02 | -4,39E+01 | -6,69E-02 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |

- HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie
- NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall
- RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall
- CRU = Komponenten f. die Wiederverwendung
- MFR = Stoffe zum Recycling
- MER = Stoffe für die Energierückgewinnung
- EEE = Exportierte elektr. Energie
- EET = Exportierte thermische Energie
- MNR = Modul nicht relevant
- MB = Modul beschrieben

Tab. D.3.5 LP 5 Klimatelement EL, formgestrichen, Outputfaktoren

| Deklaration der Umweltparameter, abgeleitet aus der LCA |                             |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
|---|-----------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Darstellung gemäß DIN EN 15942 Anhang A Muster ITM      |                             |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
| LP04: WEM Klimatelement KE EL , formgestrichen          |                             |            |           |           |           |          |          |          |          |          |
| Funktionale Einheit m <sup>3</sup>                      |                             | Parameter  | HWD       | NHWD      | RWD       | CRU      | MFR      | MER      | EEE      | EET      |
|   |                             | IM/Einheit | kg        | kg        | kg        | kg       | kg       | kg       | MJ       | MJ       |
| Produkt-stadium   | Ausgangsstoffe              | A1         | 1,76E-03  | 4,72E+01  | 3,60E-02  | 0,00E+00 | 1,18E-01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Transport                   | A2         | 9,09E-08  | 8,07E-03  | 7,10E-05  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Herstellung                 | A3         | 7,88E-07  | 8,37E-01  | 4,38E-02  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 2,65E+02 | 0,00E+00 |
|   | Summe (cradle to gate)      | A1-A3      | 1,76E-03  | 4,81E+01  | 7,99E-02  | 0,00E+00 | 1,18E-01 | 0,00E+00 | 2,65E+02 | 0,00E+00 |
| Baustadium  | Transport                   | A4         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Einbau System               | A5         | 1,23E-04  | 2,15E+00  | 8,51E-03  | 0,00E+00 | 2,70E-01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Nutzungs-stadium  | Nutzung                     | B1         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Instandhaltung              | B2         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Reparatur                   | B3         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Ersatz                      | B4         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Erneuerung                  | B5         | MB        | MB        | MB        | MB       | MB       | MB       | MB       | MB       |
|   | Betriebliche Energienutzung | B6         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Betriebliche Wassernutzung  | B7         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
| Entsorgungs-stadium                                     | Rückbau, Abriss             | C1         | 8,64E-09  | 5,64E-04  | 4,76E-06  | 0,00E+00 | 1,56E+03 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Transport                   | C2         | MNR--     | MNR--     | MNR--     | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    | MNR--    |
|   | Abfallaufbereitung, trocken | C3         | 0,00E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
|   | Deponierung                 | C4         | 4,31E-13  | 1,56E+02  | 3,51E-04  | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Rückgewinnungs-potenziale                               | Wiederverwendung            | D1         | -1,59E-03 | -4,33E+01 | -7,18E-02 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |

- HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie
- NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall
- RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall
- CRU = Komponenten f. die Wiederverwendung
- MFR = Stoffe zum Recycling
- MER = Stoffe für die Energierückgewinnung
- EEE = Exportierte elektr. Energie
- EET = Exportierte thermische Energie
- MNR = Modul nicht relevant
- MB = Modul beschrieben

## ZITIERTER STANDARDS / LITERATURHINWEISE

DIN 4102-1:1998-05: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 1: Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

DIN 4103-1:2015-06: Nichttragende innere Trennwände – Teil 1: Anforderungen und Nachweise

DIN 18300:2012-09: VOB/C (ATV) – Erdarbeiten

DIN 18942-1:2024-03: Lehm-Baustoffe und Lehm-Bauprodukte – Teil 1: Begriffe

DIN 18942-100:2024-03: Lehm-Baustoffe und Lehm-Bauprodukte – Teil 100: Konformitätsnachweis

DIN 18948:2024-03: Lehm-Platten – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung

DIN EN 12620:2015-07: Gesteinskörnungen für Beton (zurückgezogen)

DIN EN 13139: 2004-12: Gesteinskörnungen für Mörtel (Berichtigung 2024)

DIN EN 13501-1:2010-01: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten v. Bauprodukten

DIN EN 15804:2022-03: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte

DIN EN 15942:2022-04: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Kommunikationsformate zwischen Unternehmen

DIN EN ISO 354:2003-12: Akustik – Messung der Schalladsorption in Hallräumen

DIN EN ISO 717-1:2021-05: Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung

DIN EN ISO 14025:2011-10: Umweltkennzeichnungen u. -deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen; Grundsätze u. Verfahren

DIN EN ISO 14040:2021-02: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze u. Rahmenbedingungen

DIN EN ISO 14044:2021-02: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen

- 1 Dachverband Lehm e. V. (Hrsg.): *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Allgemeine Hinweise für die Erstellung von Ökobilanzen und Projektberichten (Teil 2)*. Weimar: 2022-06
- 2 Dachverband Lehm e. V. (Hrsg.): *Lehmbau Regeln – Begriffe, Baustoffe, Bauteile*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner | GWV Fachverlage, 3., überarbeitete Aufl., 2009
- 3 Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung AVV) v. 10.12.2001 (BGBl. I, S. 3379), letzte Fassung v. 30.06.2020 (BGBl. I, S.1533)
- 4 Dachverband Lehm e. V. (Hrsg.): *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen, Musterumweltproduktdeklaration für die Baustoffkategorie Lehmplatten nach DIN EN 15804*, Weimar, 2023-01
- 5 Dachverband Lehm e. V. (Hrsg.): *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen für Lehm-Baustoffe – Grundregeln für die Produktkategorie Lehmplatten*. Weimar: 2022-04
- 6 Dachverband Lehm e. V. (Hrsg.): *Qualitätsüberwachung von Baulehm als Ausgangsstoff für industriell hergestellte Lehm-Baustoffe – Richtlinie*. Technische Merkblätter Lehmbau, TM 05, Weimar: 2011
- 7 Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung – GewAbfV) v. 18.04.2017 (BGBl. I, S. 896, letzte Fassung v. 09.07.2021 (BGBl. I, S. 2598)
- 8 Natureplus e. V.: *Vergaberichtlinie RL 1006 zur Vergabe des Qualitätszeichens, Lehmplatten*. Neckargemünd: 2015-06
- 9 Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (*Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV*) v. 09.07.2021 BGBl. I S.2598 (Nr. 43), Geltung ab 01.08.2023.
- 10 Natureplus e. V.: *Vergaberichtlinie RL 5003 Naturschutz beim Abbaumineralischer Rohstoffe*; Ausgabe: 22-05, 29. Juli 2022

- 11 Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft v. 24.07.2002 (BGBl. I, S. 511) BM f. Umwelt, Naturschutz u. Reaktorsicherheit, Berlin 2002
- 12 Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002) (BGBl. I, Nr. 102/2002, Fassung v. 20.03.2017)
- 13 Bundesinstitut f. Bau-, Stadt- u. Raumforschung (BBSR) (Hrsg.): *ÖKOBAUDAT – Grundlage für die Gebäudeökobilanzierung*. SR Zukunft Bauen | Forschung für die Praxis | Band 09, Bonn 2017, www.oeko-baudat.de
- 14 Bau-EPD (Hrsg.): *Nutzungsdauerkatalog der Bau-EPD für die Erstellung von UPDs*. Bau-EPD GmbH, Wien 2014
- 15 EMAS D-146-00004: *2. Aktualisierte Umwelterklärung der Stephan Schmidt KG, 2008*
- 16 Fachverband Strohballenbau Deutschland e. V. (FASBA) (Hrsg.): *Umweltproduktdeklaration UPD für Baustroh nach DIN EN ISO 14025 u. DIN EN 15804*. Wien 2014
- 17 Sommerfeld, M.: *Umweltproduktdeklaration von Lehmbaustoffen – Ermittlung des Rückgewinnungspotenzials*. Unveröff. Diplomarbeit, FB Bauingenieurwesen, FH Potsdam 2019
- 18 FH Potsdam: *Symposium Baustoffrecycling & Lehmbaustoffe – Perspektiven für eine Kreislaufwirtschaft im Bauwesen*, Potsdam Oktober 2023
- 19 Institut für Bauen und Umwelt: *UPD MS-Rohr (PERT-Al-PERT) Maincor Rohrsysteme GmbH & Co.KG (nach Kunststoffrohrsysteme der Warm- und Kaltwasser -installation im Gebäude, 01.08.2021 (PCR geprüft und zugelassen durch den unabhängigen Sachverständigenrat (SVR)), 2024*
- 20 EPD-VIT-20220104-IAC1-DE; Arbocell Technical Textiles, 2022
- 21 Mauch, M.; Corradini, R.; Wiesemeyer, K.; Schwentzek, M.: *Allokationsmethoden für spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen*. In: *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 55(2010), Heft 9
- 22 Dachverband Lehm e.V. (Programmbetreiber): *UPD\_LPM\_CLAY 2023006\_PKRÜ5-DE; 12/2023*