



Dachverband Lehm e.V.

(Hrsg.)



Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen für Lehmbaustoffe

Allgemeine Hinweise für die Erstellung von Ökobilanzen für Produktkategorieregeln und Projektberichten (Teil 2)

Inhalt

1	Allgemeines	3
2	Einleitung	4
3	Ziel und Untersuchungsrahmen	4 – 8
3.1	Ziel der Untersuchung	4 – 5
3.2	Untersuchungsrahmen	5 – 7
3.2.1	Systembeschreibung	5 – 7
3.2.2	Verfahrensgrundlagen	7
3.2.3	Datenanforderungen	8
4	Sachbilanz	8 – 9
4.1	Datenerhebung	8 – 9
4.2	Allokationen von Flüssen und Emissionen	9
5	Wirkungsabschätzung	10 – 12
5.1	Bestandteile der Wirkungsabschätzung	10
5.2	Auswahl der Wirkungskategorien	10 – 13
5.3	Klassifizierung und charakteristisches Wirkungspotenzial	13
5.4	Normierung und Gewichtung	13
6	Interpretation	13
6.1	Auswertung	13 – 14
6.2	Berichterstattung	14
7	Zitierte Standards / Literaturhinweise	14 – 15
	Anhang 1	16 – 19

1 ALLGEMEINES

Dieses Dokument wurde auf der Grundlage folgender Normen sowie der in Abs. 4.2 genannten Normen und Regeln erstellt:

- DIN EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte,
- DIN EN ISO 14025 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen, Grundsätze und Verfahren,
- DIN EN ISO 14040 Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen.

Version Ü4

Weimar, d. 10. März 2018

Nachverfolgung der Versionen:

Version	Kommentar	Stand
Ü3	<i>Finaler Entwurf des PKR-Gremiums mit Anmerkungen</i>	22.02.2018
Ü4	<i>Durch den Vorsitzenden des PKR-Prüfgremiums nach Einarbeitung aller Anmerkungen zur Veröffentlichung freigegeben</i>	10.03.2018

Kontakt:

Dachverband Lehm e.V.

Postfach 1172

99409 Weimar, Deutschland

dvl@dachverband-lehm.de

www.dachverband-lehm.de/wissen/PKR-UPD

© Dachverband Lehm e.V.

2 EINLEITUNG

Das vorliegende Dokument gibt allgemeine Hinweise für die Erstellung von Ökobilanzen für Produktkategorieregeln (PKR) sowie Hintergrundberichten für Lehmbaustoffe

Eine *Ökobilanz* nach DIN EN ISO 14040 / DIN EN ISO 14025 / DIN EN 15804 beruht auf einer Lebenszyklusanalyse (LCA) eines Bauproduktes, bei der für jede Zyklusstufe die Ressourcenverbräuche den entsprechenden Umweltwirkungen gegenübergestellt werden. Ein allgemeines Schema für eine LCA für Bauwerke aus Lehmbaustoffen zeigt Bild 1. Für die Erstellung einer Ökobilanz nach DIN EN 15804, Abs. 6 werden die einzelnen Lebensphasen des Lehmbauproduktes gemäß PKR nach dem Bilanzierungsschema in Bild 2 erfasst, das in Informationsmodule A – D gegliedert ist.

Produktkategorieregeln nach DIN EN 15804 enthalten eine Zusammenstellung spezifischer Regeln, Anforderungen oder Leitlinien, um Typ III Umweltproduktdeklarationen für eine oder mehrere Produktkategorien zu erstellen. Für die Lehmbaustoffe Lehmputzmörtel (LPM), Lehmmauermörtel (LMM), Lehmsteine (LS) und Lehmplatten (LP) wurden durch den Dachverband Lehm e.V. (DVL) Kern-PKR erarbeitet, die auf detaillierten Ökobilanzen beruhen. Für die Produktkategorie LPM wird eine Umweltproduktdeklaration entwickelt, die als Rahmen-UPD durch einzelne Hersteller von LPM genutzt werden kann.

Eine Typ III *Umweltproduktdeklaration* (UPD) nach DIN EN ISO 14025 beruht auf den entsprechenden ökobilanzbasierten Informationen, die den Lebensweg des Produkts vollständig oder in Teilen abbildet (DIN EN 15804, Abs. 5.2). Durch Zusammenfassung der Ergebnisse aus den entsprechenden PKR in geeigneter Form (Tabellen, Grafiken) wird einem Anwender die Vergleichbarkeit der *Umweltleistung* des Bauprodukts in quantifizierter Form ermöglicht.

Typ III UPD sind freiwillig und enthalten bestimmte Regeln, die ihre Verwaltung und ihren Betrieb leiten. Diese Regeln, die von einem Programmbetreiber verwaltet werden, werden als allgemeine *Programmanleitungen* bezeichnet. Für die Erstellung und Veröffentlichung von Typ III UPD auf der Grundlage der vorgenannten Dokumente tritt der DVL als Programmbetreiber im Sinne der DIN EN ISO 14025, Abs. 6 auf.

Der *Projektbericht* ist eine systematische und umfassende Dokumentation zur Unterstützung der Prüfung der UPD. Er muss dokumentieren, dass die auf einer Ökobilanz beruhenden Informationen, sowie die zusätzlichen Informationen einer UPD den Anforderungen der DIN EN 15804 / DIN EN ISO 14040 entsprechen.

3 ZIEL UND UNTERSUCHUNGSRAHMEN

3.1 Ziel der Untersuchung

Das Ziel der Untersuchung ist zu beschreiben hinsichtlich:

- der Gründe für die Durchführung der Studie (z.B. Umweltinformation für Planung, Handwerk und Handel),
- der beabsichtigten Anwendung (z.B. Typ III Umweltproduktdeklaration),
- der Zielgruppe (z.B. anbietende Wirtschaft, Planer und Nutzer).

Ziele einer Ökobilanzierung können sein:

- Vergleich von Bauteilkonstruktionen (Variantenvergleich),
- Produkt- u. Qualitätskontrolle hinsichtlich des angestrebten Marktsegments,
- Optimierung von Verfahrens- u. Produktionsprozessen / Schwachstellenanalysen,
- Identifizierung von Anwendungsgebieten von Baustoffen,
- begleitende Bilanzierung bei der Entwicklung neuer Baustoffe,
- Entscheidungsunterstützung beim Marketing.

Zielgruppe einer Ökobilanz sind zumeist Entscheidungsträger, die die Ergebnisse der Studie zur Optimierung eines Bauteils / Bauwerks verwenden können.

3.2 Untersuchungsrahmen

Der Untersuchungsrahmen beinhaltet die Systembeschreibung, die Verfahrensgrundlagen und die Anforderungen an die zu erhebenden Daten.

3.2.1 Systembeschreibung

Die Systembeschreibung umfasst

- das zu untersuchende Produktsystem mit seinen Funktionen,
- die funktionelle (deklarierte) Einheit,
- die Referenz-Nutzungsdauer (RSL),
- die Systemgrenze.

Die *Systembeschreibung* kann z.B. durch Flussdiagramme erfolgen, z.B. Herstellung von LS für die Baustoffindustrie.

Die *funktionelle Einheit* des vorliegenden Systems kann sich auf unterschiedliche Ebenen im Rahmen des Gesamtsystems beziehen. Handelt es sich bei dem betrachteten Produkt um einen Baustoff, kann die Funktion des Systems sowohl die Herstellung einer bestimmten Menge des Baustoffes als auch die Bereitstellung eines Bauwerks sein. In diesem Fall ist der betrachtete Baustoff mit anderen Baustoffen verknüpft und definiert eine Bauteil- oder Gebäudeebene.

Die funktionellen Einheiten für Lehmbaumstoffe sind in den entsprechenden Anhängen der DIN 18945-47 für Lehmsteine, Lehmmauer- und -putzmörtel und im Technischen Merkblatt 07 des Dachverbandes Lehm e.V. (TM 07 DVL) für Lehmplatten sowie in den entsprechenden PKR geregelt. Das TM 07 DVL wird voraussichtlich Anfang 2019 durch die DIN 18948 „Lehmplatten – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren“ ersetzt.

Tabelle 1 Funktionelle Einheiten für Lehmbaumstoffe nach DIN 18945-47 und TM 07 DVL

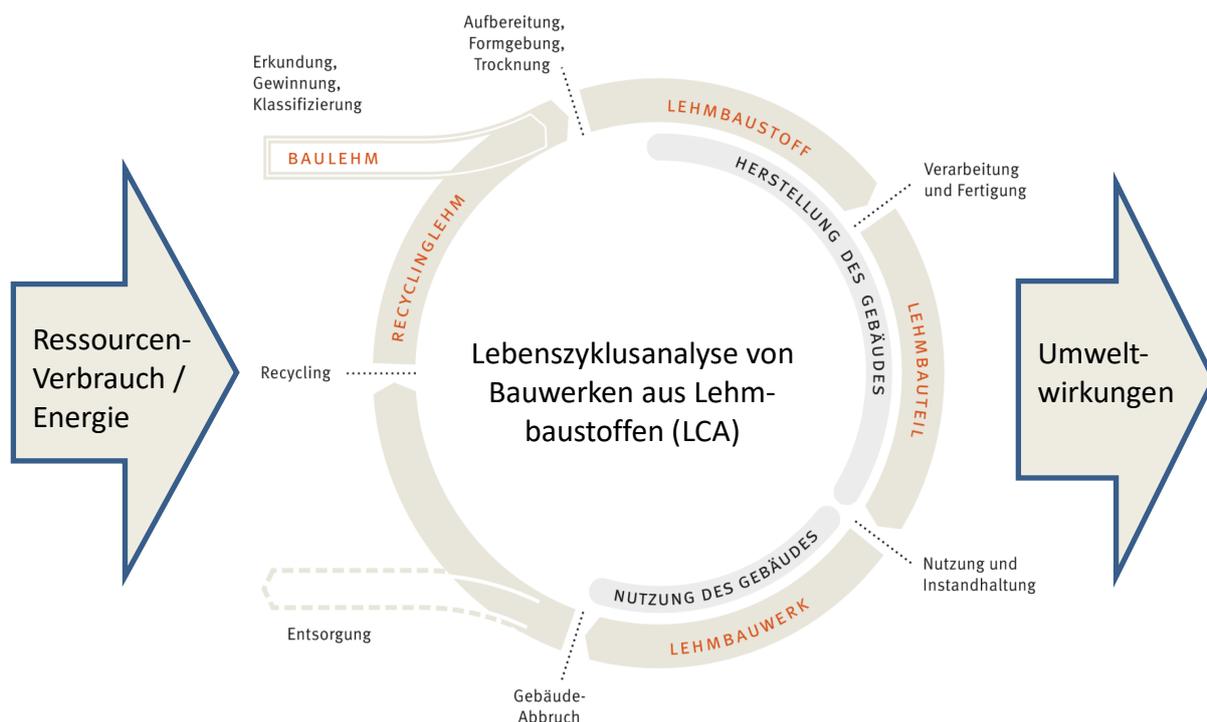
Lehmbaumstoff	Funktion des Systems	Einheit	DIN / TM DVL	Anhang
Lehmstein LS	Bereitstellung einer definierten Menge Baustoff	kg LS	18945	A.2
Lehmmauermörtel LMM	Bereitstellung einer definierten Menge Baustoff	kg LMM	18946	A.1
Lehmputzmörtel LPM	Bereitstellung einer definierten Menge Baustoff	kg LPM	18947	A.2
Lehmplatte LP	Bereitstellung eines Bauteils	m ³ LP	DIN E 18948 / 07	A.3

Die *Referenz-Nutzungsdauer* (RSL – Reference Service Life) ist die Nutzungsdauer, die unter der Annahme bestimmter Nutzungsbedingungen (z.B. Standardnutzungsbedingungen), für ein Bauprodukt zu erwarten ist. Die Angabe einer RSL ist nur für die UPD-Arten „von der Wiege bis zum Werkstor mit Optionen“ und „von der Wiege bis zur Bahre“ erforderlich. Sie können dem Nutzungsdauerkatalog der Bau-EPD GmbH, Version 2014 entnommen werden (Beispiele: Lehmmörtel / Lehmputz: 100 Jahre; Lehmsteine: 100 Jahre; Lehmplatten: 50 Jahre). Anforderungen und Leitlinien für die Referenz-Nutzungsdauer sind in DIN EN 15804, Anhang A festgelegt.

Die *Systemgrenze* legt Prozessmodule fest, die die wichtigsten Elemente physischer Systeme beschreiben. So ist vorher festzulegen, ob man z.B. den Lehmstein von der Herstellung bis zur Entsorgung untersucht oder nur die Herstellungsphase betrachtet. Dabei müssen die entstandenen Aufwendungen und Einwirkungen in der Umwelt, Produktion, Logistik, Nutzung und Nachnutzung bzgl. der Datenerhebung unter gleichen Randbedingungen und Methoden erfasst werden.

Für die gesamte Lebenszyklusbetrachtung eines Baustoffs sind die Phasen Herstellung / Errichtung, Nutzung und „End of Life“ zu berücksichtigen. Der gesamte Lebenszyklus für ein Bauwerk aus Lehmbaumstoffen ist in Bild 1 dargestellt (Lehmbau Verbraucherinfo DVL 2014).

Bild 1 Lebenszyklus von Bauwerken aus Lehmbaumstoffen



Die Phase „End of Life“ (nach Gebäudeabbruch) wird in Bezug auf zwei Eigenschaften betrachtet: die Recyclingfähigkeit und die Entsorgungseigenschaften. Der hinsichtlich der Nachhaltigkeit ideale Baustoff ist recyclebar im Sinne einer stofflichen Wieder- / Weiterverwendung bzw. - / -verwertung. Dies setzt die Separierbarkeit der ursprünglichen Baustoffzusammensetzung (z.B. Sand, Lehm), der verbundenen Bauteilschichten und deren Einbindung in Stoffkreisläufe voraus. Gemäß Kreislaufwirtschafts- u. Abfallgesetz (KrW-/AbfG) besitzt die Verwertung von Abfällen Vorrang vor deren Entsorgung.

Stoffe, die nicht recyclebar sind, können energetisch verwertet oder in Deponien eingebaut werden (Entsorgung). Die Separierbarkeit von Bauteilschichten setzt geeignete Verbindungstechniken bei akzeptablem Arbeitsaufwand für die Trennung voraus. Der Recyclingfähigkeit von Produktsystemen stehen oft wirtschaftliche / bauphysikalische Anforderungen entgegen. So ist eine sortenreine Trennung von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) durch den unlösbaren (verklebten) Verbund Tragschicht – Dämmstoffschicht – Außenputz mit Armierungsgewebe mit vertretbarem Arbeitsaufwand i. d. R. nicht möglich. Die Bilanzierung der „End of Life“-Phase ist derzeit wegen der mangelnden Situation der entsprechenden Daten sehr schwierig und bleibt deshalb innerhalb der Ökobilanzierung oft unberücksichtigt, ist aber für Lehmbaustoffe relevant und zumindest qualitativ darzulegen.

Die Phasen des Lebenszyklus mit ihren einzubeziehenden Informationsmodulen (IM) werden nach dem Schema für die Erstellung von PKR in Bild 2 gemäß DIN EN 15804 einheitlich dargestellt. Hinsichtlich der festgelegten Systemgrenzen unterscheidet man drei Arten von ökobilanzbasierten UPD:

- von der Wiege bis zum Werkstor (IM A1 – A3), keine Angabe zur Referenz-Nutzungsdauer RSL erforderlich,
- von der Wiege bis zum Werkstor mit weiteren Optionen (IM A1 – A3, weitere IM optional), Angabe zur RSL, wenn alle Szenarien gegeben sind,
- - von der Wiege bis zur Bahre (IM A1 – C4) mit Angabe einer RSL des Gebäudes.

Die optionalen IM werden als Szenarien mit zusätzlichen technischen Informationen beschrieben (Beispiel: thermischer Komfort / Innenraumluft: Wasserdampfadsorption / -desorption Lehmputz, IM B1). Die Einbeziehung des IM D (Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen) ist optional.

Bild 2 Bilanzierungsschema für PKR nach DIN EN 15804

HERSTELLUNGS- PHASE			ERRICH- TUNGS- PHASE		NUTZUNGSPHASE							ENTSORGUNGS- PHASE				GUT- SCHRIFTEN UND LASTEN
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau / Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau, Erneuerung	betrieblicher Energieeinsatz	betrieblicher Wassereinsatz	Abbruch	Transport	Abfallbewirtschaftung	Entsorgung	Wiederverwendungs- Rückgewinnungs- Recyclingpotential
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

3.2.2 Verfahrensgrundlagen

Die richtige Festlegung und Dokumentation der Verfahrensgrundlagen kann die angestrebte Untersuchung übersichtlicher gestalten und durch den Wegfall nicht relevanter In- und Outputströme (z.B. Errichtung von Produktionsstätten, menschliche Arbeitskraft, Einrichtung und Verhalten der Infrastruktur) komprimieren und dadurch die Bearbeitung erleichtern. Diese *Abschneidekriterien* müssen beschrieben werden.

Werden im betrachteten System mehr als ein Produkt erzeugt, können z.B. die Primärenergiewerte auf Teilprodukte des Systems durch ein Allokationsverfahren verteilt werden.

3.2.3 Datenanforderungen

Es müssen aktuelle Daten (letztes update < 10 Jahre) als Grundlage zur Berechnung der Ökobilanz verwendet werden. Die Anforderungen hinsichtlich der Qualität der Daten (Genauigkeit, Vollständigkeit, Repräsentativität) sind in DIN EN ISO 14040 / DIN EN 15804 festgelegt. Die Datenquellen der Bilanz und die Dokumentation der verwendeten Datenbasis in Bezug auf die Vorstufen, wie Vorprodukte etc. müssen benannt werden. Können Werte oder Daten nicht genau angegeben werden (Abschätzungen, Ersatzwerte), müssen diese als solche ausgewiesen und begründet werden.

4 SACHBILANZ

Die Sachbilanz nach DIN EN ISO 14040 / DIN EN 15804 zur Quantifizierung der In- und Outputströme eines Produktsystems umfasst die *Datenerhebung* und das *Berechnungsverfahren*. Die Inputs beziehen sich dabei i. d. R. auf die zugehörigen Ressourcen (unverknüpft: Naturstoffe, Naturraum; verknüpft: Vorprodukte, Hilfs- u. Betriebsstoffe, Energieträger, Strom), die Outputs auf die entsprechenden Emissionen des Systems (unverknüpft: Emissionen in Luft, Wasser u. Boden; verknüpft: Nebenprodukte, Abfälle) (Bild 1).

Die Erstellung der Sachbilanz ist ein iterativer Prozess. Die verwendeten Datensätze können auch während der Untersuchung verändert werden, wenn sich neue Datenanforderungen oder Einschränkungen ergeben haben. Damit besteht die Möglichkeit, Sachverhalte in die Studie einzubeziehen, die ggf. eine Änderung der Zielsetzung / des Untersuchungsrahmens zur Folge haben.

4.1 Datenerhebung

Die erhobenen Daten für die Sachbilanz bilden die Grundlage für die Wirkungsabschätzung. Sie werden in Form umfangreicher Tabellen dargestellt, in denen alle Inputs und Outputs, bezogen auf die funktionelle Einheit, aufgelistet sind (Beispiel: Anhang 1, Quelle: PCR Werkmörtel).

Vor der Datenaufnahme müssen die erforderlichen Regeln zur Datenverrechnung und Bilanzerstellung definiert werden. Dies betrifft insbesondere Kategorien wie Recyclingbehandlung, Einsatz von Sekundärroh- und Brennstoffen, die Betrachtung von Koppel- und Nebenprodukten sowie die Festlegung entsprechender Verteilungsregeln (Allokation). Diese Kategorien können auf unterschiedliche Weise in die Bilanz eingehen und diese beeinflussen.

Zu unterscheiden sind zwei Arten von Modulen oder Prozessen:

- Module zur Beschreibung produkt- und produktionsspezifischer Prozesse (Vordergrunddaten)
- Basismodule (Hintergrunddaten).

Die Abbildung der zentralen Produktionsprozesse bilanzierter Betriebe durch modulare Gliederung ist aufgrund der aus erster Hand verfügbaren Informationen (Vordergrunddaten) unproblematisch. Schwieriger gestaltet sich die Erhebung der Daten außerhalb bilanzierter Betriebe und wenn sich die Zahl der Vorprodukte aufgrund von vielen Vorketten als kompliziert erweist. Falls die Daten als nicht bereits erhobene, skalierte und auf die jeweilige Situation angepasste Daten in einer Modellierung oder Datenbank vorliegen (Hintergrunddaten / generische Daten), steigt der Aufwand der Datenerhebung

enorm an. Entsprechende generische Datensätze für LPM und LS liegen im Software-System Ökobaudat (www.ökobaudat.de) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) vor und werden in den entsprechenden PKR als Beispiele angeführt.

Nun müssen die Inputströme, die in Form von Vorprodukten, Hilfs- und Betriebsstoffen in die Bilanzierung eingehen, mit den dazugehörigen Vorstufen verknüpft werden. So müssen z.B. beim Heizöl nicht nur die infolge des Prozesses entstandenen Emissionen, sondern auch die Emissionen im Zuge der Rohstoffgewinnung, Aufbereitung und Herstellung erfasst werden.

Die Outputströme müssen ebenfalls mit den darauf folgenden Prozessen, z.B. dem Entsorgungsverfahren, verknüpft werden. Hinzu kommt noch die Erfassung und Verknüpfung von Umwelteinwirkungen auf Input- und Outputströme, die durch den Transport entstehen, sofern sie relevant sind.

Die Wahl des Entsorgungsverfahrens, z.B. für die Verpackungen, oder als „End of Life“-Szenario hat sich am aktuellen Stand der Technik zu orientieren. Die bilanzierten Entsorgungsverfahren sind zu dokumentieren.

Bei der Verwendung von Recyclingmaterial in der Herstellung ist die aktuelle werkspezifische Situation anzusetzen. Die Systemgrenze von Recyclingmaterial ist beim Einsammeln zu ziehen. Intern wieder eingesetzte Produktionsabfälle werden als „closed-loop“-Recycling modelliert (Beispiel: Wiederverwertung von erhärtetem LMM / LPM, Lehmsteinbruch).

Parallel dazu kann ein Recyclingpotenzial dargestellt werden. Das Recyclingpotenzial widerspiegelt die Funktionalität des Produkts nach einer Aufbereitung (Rezyklat), ausgedrückt durch den ökonomischen Wert des Rezyklats im Vergleich zum Primärmaterial. Der für die aktuelle Sekundärproduktion benötigte Produktanteil ist davor abzuziehen (Beispiel: Wiederverwertung von Recyclinglehm).

4.2 Allokationen von Flüssen und Emissionen

Betriebsabläufe bringen meist mehr als ein Produkt hervor, wobei die Co-Produkte nicht Gegenstand der Betrachtung sind. Die Allokation erfolgt auf der Basis einer physikalischen Zuordnung der Stoffströme. Ggf. werden die Umweltauswirkungen, die mit den Inputs verknüpft sind, entsprechend der Art verteilt, wie sie den folgenden Produktionsprozess beeinflussen.

Im informativen Modul D (Bild 2) werden potenzielle Lasten und Gutschriften von Sekundärstoffen deklariert, die das Produktsystem verlassen. Mit Modul D wird das Konzept der Verwendung von Recyclingstoffen bei der Errichtung von Gebäuden gewürdigt. Dabei werden die potenziellen Gutschriften für den zukünftig vermiedenen Einsatz von Primärstoffen und –brennstoffen dargestellt (Beispiel: Recyclinglehm nach LR DVL). Die Lasten, die durch die Recycling- und Rückgewinnungsprozesse jenseits der Systemgrenze verursacht werden, müssen dabei berücksichtigt werden.

Bodenaushub ist ein in das Produktsystem „importierter“ Abfallstoff aus einem anderen Prozess (Beispiel: Tonabbau für Ziegelherstellung), der bei Eintritt in das untersuchte System seine Abfalleigenschaft verliert. Die Verwendung von Bodenaushub als Baulehm entspricht dem Konzept der Wiederverwertung von Recyclingstoffen bei der Errichtung von Gebäuden und kann in der Wirkungskategorie „Verknappung abiotischer Rohstoffe - Stoffe“ (Tab. 2) entsprechend berücksichtigt werden.

5 WIRKUNGSABSCHÄTZUNG

Die Wirkungsabschätzung innerhalb einer Ökobilanz verfolgt das Ziel, die aus der Sachbilanz gewonnenen Ergebnisse hinsichtlich ihrer potenziellen Umwelteinwirkungen zu untersuchen. Dabei wird die potenzielle Umwelteinwirkung, wie z.B. die Klimaveränderung oder der Ozonabbau untersucht, die in einer bestimmten Zeit, meist während des gesamten Lebenszyklus, von den vorliegenden In- und Outputströmen verursacht wird.

Die Wirkungsabschätzung kann eine iterative Prüfung des Untersuchungsrahmens beinhalten.

5.1 Bestandteile der Wirkungsabschätzung

Die Bestandteile der Wirkungsabschätzung einer Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040 sind:

- a) Auswahl der Wirkungskategorien,
- b) Klassifizierung (Zuordnung der Sachbilanzergebnisse),
- c) Charakterisierung (Berechnung der Wirkungsindikatorwerte),
- d) Normierung (Berechnung des Betrages der Wirkungsindikatorwerte im Verhältnis zu einem oder mehreren Referenzwerten),
- e) Gewichtung,
- f) f) Analyse der Datenqualität.

Die Aspekte a) bis c) bilden den obligatorischen, d) bis f) den optionalen Teil der Wirkungsabschätzung.

5.2 Auswahl der Wirkungskategorien

Die Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen (Tab. 2) werden gemäß DIN EN 15804, Tab. 3 festgelegt. Sie sind aus der Sachbilanz (Anhang 1) zu errechnen und auf die deklarierte Einheit bezogen darzustellen.

Tabelle 2 Wirkungskategorie globale Umweltwirkungen, Indikatoren zur Beschreibung der Umweltwirkungen nach DIN EN 15804

Nr.	Indikator	Symbol	Einheit	Globale Umweltwirkungen	CF ¹⁾
01	Treibhauspotenzial	GWP (Global Warming Potential)	kg CO ₂ äquiv.	<i>gibt an, wie viel eine festgelegte Menge eines „Treibhausgases“ zum Treibhauseffekt beiträgt. Dieser bewirkt, dass die von der Erde abgestrahlte Infrarotstrahlung reflektiert und teilweise wieder zur Erde zurückgestrahlt wird. Die erhöhte Konzentration an Treibhausgasen führt zu einer verstärkten Reflexion, die eine globale Erwärmung der Erdoberfläche mit sich bringt. Vergleichsgröße ist CO₂ mit dem Potenzial 1 bezogen auf 20/50/100 Jahre Verweildauer in der Atmosphäre. CO₂ ist selbst ein wesentlicher Verursacher des Treibhauseffekts und somit der Erderwärmung.</i>	C.5
02	Ozonschichtabbaupotenzial	ODP (Ozone Depletion Potential)	kg CFC-11 äquiv.	<i>fasst die Wirkung verschiedener ozonzerstörender Gase zusammen, Bezugsgröße ist das FCKW 11 (Trichlorfluormethan, CCl₃F). Der Sauerstoff wird in der Stratosphäre mit aggressivem UV-Licht bestrahlt, wobei als Reaktionsprodukt das Ozon O₃ entsteht. Durch dieses natürliche Phänomen erreicht nur ein geringer Teil der UV-Strahlung die Erdoberfläche. Ozon ist der Absorber der UV-Strahlung und übernimmt somit eine Schutzfunktion für das Leben auf der Erde. Bei Reduzierung der Ozonschicht (Ozonloch) kommt es zu einer stärkeren Durchdringung von UV-Strahlung, verbunden mit einer erhöhten Zahl von Erkrankungen an Hautkrebs und grauem Star. Seit 1995 ist deshalb die Produktion und Verwendung von FCKW in der EU verboten.</i>	C.4

03	Ozonbildungs-potenzial	POCP (Photochemical Oxidant Creation Potential)	kg C ₂ H ₄ äquiv.	wird auf die Wirkung von Ethen (C ₂ H ₄) bezogen. Durch intensive Sonneneinstrahlung entstehen aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen aggressive Reaktionsprodukte, insbesondere Ozon. Photochemische bodennahe Ozonbildung (sog. Sommersmog) kann Vegetations- und Materialschäden hervorrufen. Höhere Konzentrationen von Ozon sind humantoxisch.	C.7
04	Versauerungs-potenzial	AP (Acidification Potential)	kg SO ₂ äquiv.	setzt alle Substanzen, die zu einer Versauerung führen, in das Verhältnis zur Wirksamkeit von SO ₂ . Durch die Umwandlung von Luftschadstoffen zu Säuren sinkt (versauert) der pH-Wert des Niederschlags. Die Folge ist saurer Regen mit Versauerung von Böden und Gewässern . Sekundäre Folgen an Gebäuden sind Korrosion von Stahl, Zersetzung von Naturstein, Beton und Lehm.	C.3
05	Überdüngungs- / Eutrophierungs-potenzial	EP (Eutrophication Potential)	kg PO ₄ ³⁻ äquiv.	fasst Substanzen im Vergleich zur PO ₄ ³⁻ -Wirkung zusammen. Eine Überdüngung kann zur Anreicherung humantoxischer Stoffe im Grund- und Trinkwasser und in Böden führen. Beispiele für Auswirkungen der Überdüngung sind Fischsterben, geschwächtes Pflanzenwachstum oder bei Reaktion zu Nitrit schwerwiegende toxische Folgen für die menschliche Gesundheit.	C.6

¹⁾ CF – Charakterisierungsfaktor nach DIN EN 15804, Anhang C, Tabellenummer

Die Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes (Tab. 3) werden gemäß DIN EN 15804, Tab. 4 festgelegt. Sie beschreiben den Einsatz erneuerbarer / nicht erneuerbarer PE und von Wasser. Sie sind aus der Sachbilanz (Anhang 1) zu errechnen und auf die deklarierte Einheit bezogen darzustellen.

Tabelle 3 Wirkungskategorie Ressourceneinsatz, Indikatoren zur Beschreibung der Ressourceninanspruchnahme nach DIN EN 15804

Nr.	Indikator	Symbol	Einheit	Bewertung im Hinblick auf	CF ¹⁾
01	Verknappung von abiotischen Ressourcen - Stoffe	ADPE, Stoffe (Abiotic Depletion Potential - Elements)	kg Sb äquiv.	Schonung begrenzter Rohstoffvorkommen	C.2
02	dito - fossile ET	ADPF, fossile ET (Abiotic Depletion Potential - Elements - Fuels)	MJ, unterer HW ³⁾	Schonung begrenzter fossiler ET	C.1
03	Einsatz erneuerbarer PE – ohne die erneuerbaren PET ²⁾ , die als Rohstoffe verwendet werden	PERE (Use of renewable PE excluding renewable PER used as raw materials)	MJ, unterer HW ¹⁾		
04	Einsatz der als Rohstoff verwendeten, erneuerbaren PET (stoffliche Nutzung)	PERM (Use of renewable PER used as raw materials)	MJ, unterer HW		
05	Gesamteinsatz erneuerbarer PE (PE + die als Rohstoff verwendeten PET) (energetische + stoffliche Nutzung)	PERT (Total use of renewable PER)	MJ, unterer HW	Erhöhung der Deckungsrate durch erneuerbare Energien	
06	Einsatz nicht erneuerbarer PE ohne die als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbarer PET	PENRE (Use of non-renewable PE excluding non-renewable PER used as raw materials)	MJ, unterer HW		
07	Einsatz der als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren PET (stoffliche Nutzung)	PENRM (Use of non-renewable PER used as raw materials)	MJ, unterer HW		
08	Gesamteinsatz nicht erneuerbarer PE (PE + die als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbare PET) (energetische + stoffliche Nutzung)	PENRT (Total use of non-renewable PER)	MJ, unterer HW	Schonung begrenzter fossiler ET	

09	Einsatz von Sekundärstoffen	SM (Use of secondary material)	kg	Einsatz wiederverwendbarer / -verwertbarer Bauprodukte	
10	Einsatz von erneuerbaren Sekundärbrennstoffen	RSF (Use of renewable secondary fuels)	MJ, unterer HW		
11	Einsatz von nicht erneuerbaren Sekundärbrennstoffen	NRSF (Use of non-renewable secondary fuels)	MJ, unterer HW		
12	Nettoeinsatz von Süßwasserressourcen	FW (Net use of fresh water)	m ³	Schutz der Gewässer, Nutzung von Regen- oder ggf. Grauwasser	
13	Flächeninanspruchnahme ³⁾		m ²	Minimierung der Bodenversiegelung	

¹⁾ HW – Heizwert: Energiemenge, die beim thermischen Recycling (Verbrennen) eines Stoffes frei wird, ²⁾ Primärenergieträger / PER – Primary energy resources, ³⁾ nach Leitfaden Ökol. Bauen

Angaben zu sonstigen Umweltinformationen, die verschiedene Abfallkategorien (gefährlicher Abfall, Siedlungsabfall, radioaktiver Abfall) beschreiben, nutzen Daten aus der Sachbilanz und sind gemäß DIN EN 15804, Tab. 5 vorzunehmen. Angaben zu Output-Stoffflüssen (Recycling / Weiterverwertung) nutzen entsprechende Daten aus der Sachbilanz und sind gemäß DIN EN 15804, Tab. 6 vorzunehmen (hier: Tab. 4).

Tabelle 4 Wirkungskategorie Anfallende Abfälle / Output Stoff- und Energieflüsse, Indikatoren zur Beschreibung der Umweltwirkungen nach DIN EN 15804

Nr.	Indikator	Symbol	Einheit
01	Gefährliche Abfälle zur Deponierung	HWD (Hazardous waste disposed)	kg
02	Entsorgung nicht gefährlicher Abfall	NHWD (Non-hazardous waste disposed)	kg
03	Entsorgung radioaktiver Abfall	RWD (radioactive waste disposed)	kg
04	Komponenten für die Weiterverwendung	CRU (Components for reuse)	kg
05	Stoffe zum Recycling	MFR (Materials for recycling)	kg
06	Stoffe für die Energierückgewinnung	MER (Materials for energy recovery)	kg
07	Exportierte Energie	EE + Medium (Export energy)	MJ je ET

Die Parameter in Tab. 4 sind Teil der zusätzlichen Informationen zur Entsorgung. Die Komponenten / Stoffe für die Weiterverwendung / Recycling (IM C1-C4 nach Bild 2), die das Gebäude als Abfall (z.B. Bauschutt) verlassen, besitzen keine Abfalleigenschaft mehr, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:

- das zurückgewonnene Material wird für bestimmte Zwecke verwendet (Beispiel: Verwendung von Recyclinglehm als Baulehm nach LR DVL),
- es besteht ein Markt, charakterisiert durch einen positiven ökonomischen Wert, für das zurückgewonnene Material oder eine Nachfrage danach (Beispiel: Verwendung von Bodenaushub als Baulehm nach LR DVL),

- *das zurückgewonnene Material erfüllt die technischen Anforderungen für die bestimmten Zwecke und genügt den bestehenden Rechtsvorschriften und Normen für Erzeugnisse (Beispiel: DIN 18945-47, TM 07 DVL),*
- *die Verwendung des zurückgewonnenen Materials führt nicht zu insgesamt schädlichen Umwelt- oder Gesundheitsfolgen.*

Eine Entscheidungshilfe zur Bestimmung des Endes der Abfalleigenschaft bieten Anhang B, DIN 15804 (informativ).

5.3 Klassifizierung und charakteristisches Wirkungspotenzial

Nach der Auswahl der Wirkungskategorien erfolgt die *Klassifizierung*, wobei die einzelnen Sachbilanzergebnisse den jeweiligen Wirkungskategorien zugeordnet werden. Dabei muss ggf. ein Stoff mehreren Wirkungskategorien zugeordnet werden, z.B. führen Stickoxide sowohl zur Überdüngung als auch zur Versauerung von Gewässern und Böden.

Für die ausgewählten Sachbilanzdaten wird nun das *charakteristische Wirkungspotenzial* des betrachteten Stoffes ermittelt und der zugehörigen Wirkungskategorie zugeordnet. So ist das CO₂ die maßgebende Größe in der Wirkungskategorie „Treibhauspotenzial GWP“. Die potenzielle Wirkung eines Stoffes wird in dieser Kategorie immer in das Verhältnis zum CO₂ (CO₂-Äquivalent) gesetzt und durch einen Charakterisierungsfaktor nach DIN EN 15804, Anhang C ausgedrückt (Beispiel: 1 kg Methan CH₄ entspricht in der Umweltwirkung 25 kg CO₂ bzw. 1 kg CFC-11 (CFC₁₃) entsprechend 4.800 kg CO₂).

Die Ergebnisse aus der Klassifizierung und der Charakterisierung bilden den *verbindlichen* Teil der Wirkungsabschätzung und somit das Profil des untersuchten Produkts / -systems. Die Profile können für die Beurteilung von Produktsystemen, z.B. Außenwand oder Gebäude eingesetzt werden, wobei die Profile der Baustoffe als Vorstufe bzw. Vorprodukte dienen.

5.4 Normierung und Gewichtung

Normierung und Gewichtung sind der optionale Teil der Wirkungsabschätzung. Bei der *Normierung* wird der Betrag eines Wertes in das Verhältnis zu einem oder mehreren Referenz-werten gesetzt. Man setzt z.B. die Werte der Treibhausgase eines bestimmten Produkts / -systems ins Verhältnis zum Treibhauseffekt einer größeren Einheit wie Gebäude, Siedlung, Stadt oder Land. Daraus kann man erkennen, welche Wirkungskategorie die größten Einwirkungen auf die Umwelt ausübt. Man kann die einzelnen Wirkungskategorien auch in Gruppen (lokal, regional, global) zusammenfassen oder sie nach ihrer Relevanz innerhalb einer Studie zusammenfassen.

Bei der *Gewichtung* können einzelne Kategorien zu einer aggregiert (summiert) werden, wobei durch die Aggregation der Wert der Aussagekraft der Einzelkategorie nicht verloren gehen darf.

6 INTERPRETATION

6.1 Auswertung

Die Auswertung nach DIN EN ISO 14040, Abs. 6 fasst die Ergebnisse der Sachbilanz und die Wirkungsabschätzung zusammen. Wird nur eine Sachbilanzstudie erstellt, werden auch nur die Ergebnisse

dieser Studie bewertet. Basierend auf der Zielsetzung und dem Untersuchungsrahmen, soll die Auswertung zur Erarbeitung von Schlussfolgerungen, Erläuterung von Einschränkungen und zu Empfehlungen dienen.

Die Auswertung soll den relativen Charakter einer Ökobilanz aufzeigen. Die Ergebnisse der Auswertungen haben Empfehlungscharakter.

Die Auswertung beinhaltet weiterhin eine schlüssige, übersichtliche Darstellung einer Ökobilanzstudie, die auf einzelne Prozesse, Lebensabschnitte oder den gesamten Lebenszyklus ausgerichtet sein kann.

6.2 Berichterstattung

Der Projektbericht nach DIN EN 15804, Abs. 8 umfasst neben allgemeinen Informationen (Auftraggeber, Berichtsdatum, Übereinstimmungserklärung) Angaben zu allen baustoffspezifischen Lebenszyklusphasen entsprechend der gewählten Art der UPD. Er ist nicht Teil der öffentlichen Kommunikation. Er muss dem Verifizierer unter den Bedingungen der Vertraulichkeit zugänglich sein.

7 ZITIERTE STANDARDS / LITERATURHINWEISE

DIN EN 15804	DIN EN 15804:2014-07: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte
DIN EN ISO 14025	DIN EN ISO 14025:2011-10: Umweltkennzeichnungen u. -deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen; Grundsätze u. Verfahren
DIN EN ISO 14040	DIN EN ISO 14040:2009-11: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
DIN 18942-1 (D)	DIN 18942-1:2017-11, Lehmbaustoffe – Teil 1: Begriffe
DIN 18942-100 (D)	DIN 18942-100 (D) Lehmbaustoffe –Konformitätsnachweis,
DIN 18945	DIN 18945:2013-08, Lehmsteine – Begriffe, Baustoffe, Anforderungen, Prüfverfahren
DIN 18946	DIN 18946:2013-08, Lehmmauermörtel – Begriffe, Baustoffe, Anforderungen, Prüfverfahren
DIN 18947	DIN 18947:2013-08, Lehmputzmörtel – Begriffe, Baustoffe, Anforderungen, Prüfverfahren
TM 07 DVL	Lehmplatten – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren. Technische Merkblätter Lehm bau TM 07, Weimar: Dachverband Lehm e.V., 2017
LR DVL	Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.): Lehm bau Regeln - Begriffe, Baustoffe, Bauteile. Wiesbaden: Vieweg + Teubner GWV Fachverlage, 3., überarbeitete Aufl., 2009
PKR LPM	Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Baustoffkategorie Lehmputzmörtel (PKR LPM), Ausgabe Januar 2018

- PKR LMM Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Baustoffkategorie Lehmputz (PKR LMM), Ausgabe Januar 2018
- PKR LS Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Baustoffkategorie Lehm (PKR LS), Ausgabe Januar 2018
- PKR LP Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Baustoffkategorie Lehmputz (PKR LP), Ausgabe Januar 2018
- Programmanleitung Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Allgemeine Programmanleitungen (Basisdokument), Ausgabe Januar 2018
- Lehmbau Verbraucherinfo: Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.). Lehmbau Verbraucherinformation. Weimar: Dachverband Lehm e.V. 2014
- PCR Werkmörtel Regeln für Umwelt-Produktdeklaration – Mineralische Werkmörtel – Institut Bauen und Umwelt e.V., Version Juli 2006
- Nutzungsdauerkatalog Bau-EPD: Bau EPD (Hrsg.). Nutzungsdauerkatalog der Bau-EPD für die Erstellung von EPDs. Bau EPD GmbH: Wien 2014
- UBA 2014 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenschonung-in-produktion-und-konsum/abiotische-rohstoffe-schonend-gewinnen>. 04.08.2014
- Hegger, M.; Auch-Schwelk, V.; Fuchs, M.; Rosenkranz, T.: *Baustoff Atlas*. Birkhäuser – Verlag für Architektur: Basel, Boston, Berlin, Edition Detail München 2005
- Wardak, A.: Lebenszyklusanalyse von Gebäuden – Ganzheitliche Bilanzierung (GABI) von Außenwänden aus Lehm im Vergleich zu anderen Baustoffen. AV Akademikerverlag, Saarbrücken 2015
- Leitfaden Ökol. Bauen Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMVBS) (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin: BMVBS, 2016, 2. aktual. Aufl.

ANHANG 1 BEISPIELE FÜR INDIKATOREN DER SACHBILANZ (nach PCR Werkmörtel)
INPUT

1. Ressourcen	[]	Herstellung je funkt. Einheit	Bemerkung
1.1 Energetische Ressourcen			
1.1.1 Braunkohle	MJ		
1.1.2 Steinkohle ¹	MJ		
1.1.3 Erdöl ¹	MJ		
1.1.4 Erdgas ¹	MJ		
1.1.5 Uran (natürlich) ¹	MJ		
1.1.6 Wasserkraft ²	MJ		
1.1.7 Windkraft ²	MJ		
1.1.8 Solarenergie ²	MJ		
1.1.9 Biomasse (Energieinhalt) ²	MJ		
1.2 Stoffliche Ressourcen			
1.2.1 Deckschicht (Boden)	kg		
1.2.2 Taubes Gestein	kg		
1.2.3 Kohlendioxid CO ₂ aus Luft	kg		
1.3 Mineralische Rohstoffe			
1.3.1 Kies / Sand	kg		
1.3.2 Kalkstein CaCO ₃	kg		
1.3.3 Gips CaSO ₄ •2H ₂ O	kg		
1.3.4 Ton	kg		
1.4 Erze			
1.4.1 Bariterz und Bentonit	kg		
1.4.2 Bauxit Al ₂ O ₃ •H ₂ O	kg		
1.4.3 Eisenerz	kg		
1.4.4 Zinkerz	kg		
1.4.5 Kupfererz	kg		
1.4.6 Manganerz	kg		
1.5 Wasser			
1.5.1 Grundwasser	m ³		
1.5.2 Oberflächenwasser	m ³		
2. Sekundärrohstoffe			
	kg		

¹ Primärenergie PE nicht erneuerbar

² PE erneuerbar

OUTPUT

Produkt:	kg	Herstellung	Spezifikation
-----------------	-----------	--------------------	----------------------

1 Emissionen in Luft		Herstellung	Bemerkung
1.1 Anorganisch			
1.1.1 Kohlendioxid CO ₂ (Global Warming Potential)	kg		Treibhauspotenzial GWP
1.1.2 Kohlenmonoxid CO	kg		TOPP
1.1.3 Staub (Summenwert)	kg		
1.1.4 Stickoxide NO _x	kg		TOPP
1.1.5 Lachgas N ₂ O	kg		
1.1.6 Ammoniak NH ₃	kg		
1.1.7 Schwefeldioxid SO ₂ (Acidification Potential)	kg		Versauerungspotenzial AP
1.1.8 Schwefelwasserstoff H ₂ S	kg		
1.1.9 Chlorwasserstoff HCl	kg		(OPD CCl ₃ F)
1.1.10 Fluorwasserstoff HF	kg		(ODP CCl ₃ F)
1.1.11 Wasserdampf H ₂ O	kg		
1.1.12 Bor B	kg		
1.2 Organisch			
1.2.1 NMVOC (Nicht-Methan VOC, Summenwert)	kg		Troposphärisches Ozonvorläufer-Äquivalent TOPP + 1.1.2+1.1.4+1.2.2
1.2.2 Methan CH ₄	kg		TOPP
1.2.3 Benzol C ₆ H ₆	kg		
1.2.4 Phenol C ₆ H ₅ OH	kg		
1.2.5 Ethen C ₂ H ₄ (POCP)	kg		Photochem. Oxidantienpotenzial
1.2.6 Formaldehyd COOH	kg		
1.2.7 PAK (polyzykl. arom. KW)	kg		
1.2.8 Benzo(a)pyren C ₂₀ H ₁₂	kg		
1.2.9 Dioxine (TCDD, TE)	kg		
1.3 Metalle			
1.3.1 Arsen As	kg		
1.3.2 Blei Pb	kg		
1.3.3 Cadmium Cd	kg		
1.3.4 Chrom Cr	kg		
1.3.5 Kobalt Co	kg		
1.3.6 Kupfer Cu	kg		
1.3.7 Mangan Mn	kg		
1.3.8 Nickel Ni	kg		
1.3.9 Quecksilber Hg	kg		
1.3.10 Thallium Tl	kg		

1.3.11 Vanadium V	kg		
1.3.12 Zink Zn	kg		
2 Emissionen in Wasser			
2.1 anorganisch			
2.1.1 Ammonium NH_4^{2-}	kg		
2.1.2 Chlorid Cl^-	kg		
2.1.3 Fluorid F^-	kg		
2.1.4 Nitrat NO_3^-	kg		
2.1.5 Phosphat PO_4^{3-} (Eutrophierung)	kg		Überdüngungspotenzial
2.1.6 Sulfat SO_4^{2-}	kg		
2.2 organisch			
2.2.1 HC (Kohlenwasserstoffe KW)	kg		
2.2.2 PAK (polyzykl. aromat. KW)	kg		
2.3 metallisch			
2.3.1 Blei Pb	kg		
2.3.2 Cadmium Cd	kg		
2.3.3 Chrom Cr^{3+}			
2.3.4 Kupfer Cu	kg		
2.3.5 Nickel Ni	kg		
2.3.6 Quecksilber Hg	kg		
2.3.7 Zink Zn	kg		
2.4 Kennwerte			
2.4.1 AOX (adsorbierbare organ. gebund. Halogene)	kg		
2.4.2 BSB (biolog. O_2 -bedarf)	kg		
2.4.3 (chem. O_2 -bedarf)	kg		
2.4.4 TOC (ges. organ. gebund. Kohlenstoff)	kg		
2.5 Abwasser	m^3		
3 Emissionen in Boden			
3.1 organisch			
3.1.1 Kohlenwasserstoffe	kg		
3.1.2 PAK (polyzykl. aromat. KW)	kg		
3.1.3 Benzo(a)pyren	kg		
3.1.4 Dioxine (TCDD, TE)	kg		
3.2 metallisch			
3.2.1 Blei Pb	kg		
3.2.2 Cadmium Cd	kg		
3.2.3 Chrom Cr^{3+}	kg		
3.2.4 Kupfer Cu	kg		

3.2.5 Nickel Ni	kg		
3.2.6 Quecksilber Hg	kg		
3.2.7 Zink Zn	kg		
4 Auswertung Abfälle		Herstellung	Bemerkung
4.1.1 Abraum	kg		
4.1.2 Rückstände Erzaufbereitung	kg		
4.1.3 Hausmüll	kg		
4.1.4 Sondermüll / davon radioaktiv	kg		
5 Auswertung Rohstoffe			
5.1.1 Gips	kg		
5.1.2 Altöl	kg		
5.1.3 Filterstaub	kg		
5.1.4 Hochofenschlacke	kg		
5.1.5 Polyethylenfolie	kg		
5.1.5 Stahlschrott	kg		
5.1.6 Holzreststoff	kg		
5.1.7 Schlamm (Feinsand)	kg		