

Kiwa GmbH, Voltastraße 5, 13355 Berlin

Stricker und Weiken GmbH & Co. KG
Oesestraße 52
58675 Hemer

Projekt: Hintergrundbericht zur ökobilanziellen Betrachtung von Kalkstein

Projekt-Nr.: 20DE-01431OR01

Kiwa GmbH

MPA Berlin-Brandenburg

Voltastr. 5

13355 Berlin

T: +49 (0) 30 467761 – 0

F: +49 (0) 30 467761 – 10

E: info@kiwa.com

www.kiwa.de

Auftraggeber: Stricker und Weiken GmbH & Co. KG
Projekt: Hintergrundbericht zur ökobilanziellen Betrachtung von Kalkstein
Auftragsdatum: April 2020
Bearbeiter*in: Martin Köhrer, M.Sc.; Niklas van Dijk, M.Sc.

Berlin, 10.02.2021

Im Auftrag

Martin Köhrer
Projektbearbeiter



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis.....	4
1. Geltungsbereich	6
2. Ziel und Zielgruppe der ökobilanziellen Betrachtung	7
3. Produkt	8
3.1 Produktbeschreibung.....	8
3.2 Anwendungsbereich	8
3.3 Technische Angaben.....	8
3.4 Gewinnung	13
3.5 Referenz-Nutzungsdauer (RSL = reference service life)	13
4. Untersuchungsrahmen	15
4.1 Deklarierte Einheit	15
4.2 Systemgrenzen.....	15
4.3 Annahmen und Abschätzungen	16
4.4 Betrachtungszeitraum.....	16
4.5 Abschneidekriterien	16
4.6 Anforderungen an die Datenqualität.....	16
4.7 Allokationen	17
4.8 Vergleichbarkeit.....	17
4.9 Berechnungsverfahren	17
4.10 Datenerhebung.....	17
5. Sachbilanz.....	19
6. Wirkungsabschätzung.....	20
7. Interpretation	22
8. Referenzen.....	24
Anlage: Erläuterung der zentralen Wirkungskategorien der EPD	25

Abkürzungsverzeichnis

ADP (e)	Abiotic depletion potential for nonfossil resources (dt. Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen)
ADP (f)	Abiotic depletion potential for fossil resources (dt. Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - fossile Energieträger)
Äq.	Äquivalente
AP	Acidification Potential (dt. Versauerungspotenzial)
CFC-11	Trichlorfluormethan (<i>chem.</i>)
CO ₂	Kohlenstoffdioxid (<i>chem.</i>)
CRU	Components for re-use (dt. Komponenten für die Weiterverwendung)
DIN	Deutsches Institut für Normung
ECI	Environmental Cost Indicator
EN	Europäische Norm
EP	Eutrophication Potential (dt. Euthrophierungspotenzial)
EPD	Environmental Product Declaration (dt. Umweltproduktdeklaration)
FW	Use of net fresh water (dt. Einatz von Süßwasser)
GWP	Global Warming Potential (dt. Treibhauspotenzial)
HWD	Hazardous waste disposed (dt. deponierter gefährlicher Abfall)
ISO	International Organization for Standardization
kWh	Kilowattstunde
LCA	Life Cycle Assessment (dt. Ökobilanz)
MFR	Materials for recycling (dt. Stoffe zum Recycling)
MER	Materials for energy recovery (dt. Stoffe für die Energierückgewinnung)
MJ	Megajoule
N	Stickstoff (<i>chem.</i>)
NHWD	Non-hazardous waste disposed (dt. deponierter nicht gefährlicher Abfall)
NRSF	Use of non-renewable secondary fuels (dt. Einsatz von nicht erneuerbaren Sekundärbrennstoffen)
ODP	Ozon Depletion Prevention (dt. Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht)
PENRE	Use of non-renewable primary energy excluding non-renewable primary energy resources used as raw materials (dt. Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie ohne die als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger)
PENRM	Use of nonrenewable primary energy resources used as raw materials (dt. Einsatz der als Rohstoff verwendeten, erneuerbaren Primärenergieträger)
PENRT	Total use of non-renewable primary energy resources (dt. Gesamteinsatz erneuerbarer Primärenergie (energetische + stoffliche Nutzung))
PERE	Use of renewable primary energy excluding renewable primary energy resources used as raw materials (dt. Einsatz erneuerbarer Primärenergie - ohne die erneuerbaren Primärenergieträger, die als Rohstoffe verwendet werden)

PERM	Use of renewable primary energy resources used as raw materials (dt. Einsatz der als Rohstoff verwendeten, erneuerbaren Primärenergieträger)
PERT	Total use of renewable primary energy resources (dt. Gesamteinsatz erneuerbarer Primärenergie (energetische + stoffliche Nutzung))
PO ₄	Phosphat (<i>chem.</i>)
POCP	Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants (dt. Photochemisches Oxidantienbildungspotential)
RSF	Use of renewable secondary fuels (dt. Einsatz von erneuerbaren Sekundärbrennstoffen)
RWD	Radioactive waste disposed (dt. Radioaktiver Abfall)
Sb	Antimon (<i>chem.</i>)
SM	Use of secondary material (dt. Einsatz von Sekundärstoffen)

1. Geltungsbereich

Die EPD und der Hintergrundbericht wurden gemäß DIN EN 15804+A1 und DIN EN ISO 14025 sowie den entsprechenden PCR-Dokumenten, PCR A „Allgemeine Produktkategorieregeln für Bauprodukte – Rechenregeln für die Ökobilanz und Anforderungen an den Hintergrundbericht“ (2017-06-05) und PCR B für Gesteinskörnung („aggregates“, draft 2020-09-30), erstellt.

Dieses Dokument ist Eigentum der Stricker und Weiken GmbH & Co. KG. Es enthält firmeninterne, betriebsgeheime und nicht öffentlich zugängliche Werksdaten, die ausschließlich für Projektmitarbeiter*innen der Kiwa GmbH sowie für den vom Sachverständigenausschuss bestellte*n, zuständige*n, unabhängige*n Prüfer*in zur Verifizierung bereitgestellt werden (siehe ISO 14025).

Gemäß der ISO 14025 steht dieser Projektbericht aufgrund seiner vielfältigen und detailreichen Information lediglich zur Bearbeitung und nicht zur Veröffentlichung bereit.

Der Projektbericht wurde innerhalb des Zeitraumes August 2020 bis Januar 2021 erstellt.

Ersteller der Ökobilanz: Martin Köhrer, M. Sc.; Niklas van Dijk, M. Sc.,

2. Ziel und Zielgruppe der ökobilanziellen Betrachtung

Ziel dieser ökobilanziellen Betrachtung ist die Quantifizierung der Umweltwirkung von Kalkstein „Stone & Powder“ und weiteren Normprodukten des Hartkalksteinwerks von Stricker und Weiken GmbH & Co. KG in Hemer, Nordrhein-Westfalen.

Das ökologische Profil wird definiert, indem EPDs für die verschiedenen Systeme mit Hilfe einer Ökobilanz erstellt werden. Die Berechnung der potenziellen Umweltauswirkungen erfolgt in Anlehnung an die ISO 14040 und 14044, die die Methoden der Ökobilanzierung definieren.

Diese Ökobilanz dient nicht nur der Ermittlung bestimmter ökologischer Vorgaben für jedes Produkt, sondern sie zeigt auch die Stoff- und Energieströme der Produktion auf und identifiziert somit Optimierungspotenziale.

Der Anwendungsbereich umfasst die Produktstufe und die Bauprozessstufe eines jeden spezifischen Produktes. Alle relevanten Emissionen, die in diesen Lebenszyklusstadien verursacht werden, sind berücksichtigt und werden in diesem Dokument ausgewiesen.

Durch die Veröffentlichung der LCA-Ergebnisse in Form einer EPD ist es möglich, die Umweltauswirkungen des jeweiligen Produktes zu kommunizieren. Darüber hinaus ermöglicht die EPD die Berechnung der Umweltauswirkungen auf Gebäudeebene.

Die Ergebnisse dieser Studie können einen faktenorientierten Dialog auf Basis einer transparenten Datenbasis über die ökologische Bewertung des untersuchten Systems unterstützen und für B2B- und B2C-Geschäftsbeziehungen genutzt werden.

3. Produkt

3.1 Produktbeschreibung

Bei den zu deklarierenden Produkten handelt es sich um Devonischen Massenkalk in verschiedensten Korngrößen von 0 bis 52 mm nach DIN EN 12620 (Beton), DIN EN 13043 (Asphalt), DIN EN 13139 (Mörtel) sowie zertifizierte Produkte nach KOMO, Düngekalke und Futterkalke nach GMP+ Standard.

Aus Werk I kommen die folgenden Normprodukte: 0/2; 2/5; 5/8; 8/11; 11/16; 16/22; 2/8; 5/16; 5/22; 8/16; 8/22 und 5/22. Aus Werk II kommen die folgenden @Powder- und @Stone-Produkte: < 0,1 @-Powder 100; 0,1/0,3 @-Stone 100; 0,3/0,6 @-Stone 300; 0,6/1,2 @-Stone 600; 1,2/2,8 @-Stone 1200 und 2,8/5,0 @-Stone 2800.

3.2 Anwendungsbereich

Kalkstein wird überwiegend zusammen mit tonigen Materialien zu Zement gebrannt, welcher als Bindemittel bei der Betonherstellung dient. Außerdem wird es in der Glasindustrie verwendet, da es Calcium in die Glasschmelze einbringt. Weitere Anwendungen sind in der Baustoff- und Mörtel-Industrie sowie in der Land- und Wasserwirtschaft gegen die Versauerung von Boden und Gewässer.

3.3 Technische Angaben

Die folgenden technischen Angaben beziehen sich auf die Probenahmen am 7. Juli 2020, welche von einem externen, chemisch-technischen Laboratorium untersucht wurden.

Tabelle 1: Technische Daten für Gesteinskörnungen für Beton (EN 12620) aus Werk I

Parameter	Korngruppe												
	0/2 N	2/5	5/8	8/11	11/16	16/22	2/8 T	2/8 N	5/16	8/16 T	8/16 N	8/22	5/22
Kornzusammensetzung	G _F 85	G _C 85/20	G _C 90/15	G _C 85/20	G _C 85/20	G _C 90/15	G _C 90/15						
Toleranzkategorie [G _T -Kategorie]	-	-	-	-	-	-	-	-	G _T 15	-	-	G _T 15	G _T 17,5
Kornform L/E < 3 [SI-Kategorie]	-	SI ₂₀											
Gehalt an Feinanteilen < 0,063 mm [M.-%]	2,6	0,9	0,3	0,4	0,4	0,5	0,9	0,1	0,6	1,0	0,2	0,7	0,9
Gehalt an Feinanteilen < 0,063 mm [f-Kategorie]	f ₃	f _{1,5}											
Qualität der Feinanteile < 0,063 mm [MB-Kategorie]	MB _F 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anteil gebrochener Oberfläche [C-Kategorie]	C _{100/0}												
Rochdichte angegebener Wert [Mg/m ³]	-	2,700	-	2,745	-	2,700	-	-	-	-	-	-	-
Wasseraufnahme angegebener Wert [M.-%]	-	0,7	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-
Widerstand gegen Zertrümmerung [SZ-Kategorie]	SZ ₂₂												
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel [F-Kategorie]	F ₁												
Widerstand gegen Frost-Tausalzwechsel [NaCl-Kategorie]	F _{ec5}												
Gehalt an wasserlöslichem Chlorid [Cl-Wert]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Gehalt an säurelöslichem Sulfat [AS-Kategorie]	AS _{0,2}												
Gehalt an Gesamtschwefel [M.-%]	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Alkali-Empfindlichkeitsklasse	E I	E I	E I	E I	E I	E I	E I	E I	E I	E I	E I	E I	E I
Leicht gewichtige Verunreinigungen [m _{LPC} -Kategorie]	m _{LPC} 0,25	m _{LPC} 0,05											



Tabelle 2: Technische Daten für Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen (EN 13043) aus Werk I

Parameter	Korngruppe													
	0/2 N	0/2 T	2/5	5/8	8/11	11/16	16/22	2/8 N	2/8 T	5/16	5/22	8/16 N	8/16 T	8/22
Kornzusammensetzung	G _F 85	G _F 85	G _C 90/10	G _C 90/15	G _C 90/10	G _C 90/10	G _C 90/10	G _C 85/20	G _C 85/20	G _C 90/15	G _C 90/15	G _C 85/20	G _C 85/20	G _C 90/15
Toleranzkategorie [G _{TC} -Kategorie]	G _{TC} 10	G _{TC} NR	-	-	-	-	-	-	-	G _{20/15}	G _{20/17,5}	-	-	G _{20/15}
Kornform L/E < 3 [SI-Kategorie]	Sl ₂₀													
Gehalt an Feinanteilen < 0,063 mm [M.-%]	2,6	18,2	0,9	0,3	0,4	0,4	0,5	0,1	0,9	0,6	1,0	0,2	0,9	0,7
Gehalt an Feinanteilen < 0,063 mm [f-Kategorie]	f ₃	f ₂₂	f ₁											
Qualität der Feinanteile < 0,063 mm [MB-Kategorie]	MB _F 10	MB _F 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anteil gebrochener Oberfläche [C-Kategorie]	C _{100/0}													
Rochdichte angegebener Wert [Mg/m ³]	-	-	2,7	-	2,7	-	2,7	-	-	-	-	-	-	-
Wasseraufnahme angegebener Wert [M.-%]	-	-	0,7	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-
Widerstand gegen Zertrümmerung [SZ-Kategorie]	SZ ₂₂													
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel [F-Kategorie]	F ₁													
Widerstand gegen Frost-Tausalzwechsel [NaCl-Kategorie]	F _{ec5}													
Widerstand gegen Hitzebeanspruchung [V _{SZ} -Kategorie]	V _{SZ} 3,6													
Affinität zu bitumenhaltigen Bindemitteln	-	-	-	-	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leicht gewichtige Verunreinigungen [m _{LPC} -Kategorie]	m _{LPC} 0,2 5	m _{LPC} 0,0 5												
Fließkoeffizient [E _{CS} -Kategorie]	E _{CS} 35	E _{CS} 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Tabelle 3: Technische Daten für Gesteinskörnungen für Beton (EN 12620) aus Werk II

Parameter	Gesteinskörnung/Sortennummer					
	< 0,1 @-Powder 100	0,1/0,3 @-Stone 100	0,3/0,6 @-Stone 300	0,6/1,2 @-Stone 600	1,2/2,8 @-Stone 1200	2,8/5,0 @-Stone 2800
Kornform L/E < 3 [SI-Kategorie]	-	-	-	-	-	SI_{20}
Gehalt an Feinanteilen < 0,063 mm [M.-%]	28 15-80	4,5 < 8	0,7 < 3	0,5 < 3	0,4 < 1	0,3 < 1
Gehalt an Feinanteilen < 0,063 mm [f-Kategorie]	f_{22}	f_3	$f_{1,5}$	$f_{1,5}$	$f_{1,5}$	$f_{1,5}$
Qualität der Feinanteile < 0,063 mm [MB-Kategorie]	MB_F10	-	-	-	-	-
Anteil gebrochener Oberfläche [C-Kategorie]	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$
Widerstand gegen Zertrümmerung [SZ-Kategorie]	SZ_{22}	SZ_{22}	SZ_{22}	SZ_{22}	SZ_{22}	SZ_{22}
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel [F-Kategorie]	F_1	F_1	F_1	F_1	F_1	F_1
Widerstand gegen Frost-Tausalzwechsel [NaCl-Kategorie]	F_{ec5}	F_{ec5}	F_{ec5}	F_{ec5}	F_{ec5}	F_{ec5}
Gehalt an wasserlöslichem Chlorid [Cl-Wert]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Gehalt an säurelöslichem Sulfat [AS-Kategorie]	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$
Gehalt an Gesamtschwefel [M.-%]	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Alkali-Empfindlichkeitsklasse	E I	E I	E I	E I	E I	E I
Leicht gewichtige Verunreinigungen [m_{LPC} -Kategorie]	$m_{LPC0,25}$	$m_{LPC0,10}$	$m_{LPC0,10}$	$m_{LPC0,10}$	$m_{LPC0,10}$	$m_{LPC0,10}$



Tabelle 4: Technische Daten für Gesteinskörnungen für Mörtel (EN 13139) aus Werk II

Parameter	Gesteinskörnung/Sortennummer					
	< 0,1 @-Powder 100	0,1/0,3 @-Stone 100	0,3/0,6 @-Stone 300	0,6/1,2 @-Stone 600	1,2/2,8 @-Stone 1200	2,8/5,0 @-Stone 2800
Kornform L/E < 3 [SI-Kategorie]	-	-	-	-	-	SI_{20}
Gehalt an Feinanteilen < 0,063 mm [M.-%]	28 15-80	4,5 < 8	0,7 < 3	0,5 < 3	0,4 < 1	0,3 < 1
Gehalt an Feinanteilen < 0,063 mm [f-Kategorie]	f_{16}	$f_{1,5}$	$f_{1,5}$	$f_{1,5}$	$f_{1,5}$	$f_{1,5}$
Qualität der Feinanteile < 0,063 mm [MB-Kategorie]	MB_F10	-	-	-	-	-
Anteil gebrochener Oberfläche [C-Kategorie]	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$
Widerstand gegen Zertrümmerung [SZ-Kategorie]	SZ_{22}	SZ_{22}	SZ_{22}	SZ_{22}	SZ_{22}	SZ_{22}
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel [F-Kategorie]	F_1	F_1	F_1	F_1	F_1	F_1
Widerstand gegen Frost-Tausalzwechsel [NaCl-Kategorie]	F_{ec5}	F_{ec5}	F_{ec5}	F_{ec5}	F_{ec5}	F_{ec5}
Gehalt an wasserlöslichem Chlorid [Cl-Wert]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Gehalt an säurelöslichem Sulfat [AS-Kategorie]	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$
Gehalt an Gesamtschwefel [M.-%]	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Alkali-Empfindlichkeitsklasse	E I	E I	E I	E I	E I	E I
Leicht gewichtige Verunreinigungen [m_{LPC} -Kategorie]	$m_{LPC0,25}$	$m_{LPC0,10}$	$m_{LPC0,10}$	$m_{LPC0,10}$	$m_{LPC0,10}$	$m_{LPC0,10}$

3.4 Gewinnung

Mit modernen Bohrgeräten werden in regelmäßigen Abständen Löcher in den Kalkstein gebohrt. Anschließend werden die Bohrlöcher mit Sprengstoff und elektrischen Zündern versehen und dann zeitlich versetzt im Abstand von einigen Millisekunden zur Detonation gebracht. Die Verwendung von elektronischen Zeitzündern führt zu einer deutlichen Reduzierung von Erschütterungen in der Umgebung. Durch die Sprengung wird das Gestein gelöst und das Haufwerk fällt zu Boden. Es findet durch die Sprengung bereits die erste Zerkleinerung und somit der erste Aufbereitungsprozess statt. Das gelöste Gesteinsmaterial wird anschließend auf Muldenkipper geladen und zum Vorbrecher transportiert. Hier startet der eigentliche Aufbereitungsprozess des Kalksteins.

Nach dem Abladen der Muldenkipper gelangt das gewonnene Gestein über einen hydraulischen Schubwagen in die große Brech-Anlage und wird dort auf eine Korngröße von 0 bis 300 mm zerkleinert.

Im nächsten Schritt wird das Material in drei Fraktionen unterteilt. Die Fraktionen 0-22 mm, 22-90 mm und > 90mm werden in verschiedenen Silos eingelagert. Die Fraktion 0-22 mm wird im sogenannten „Alt-Steinbruch“ oder auch „Werk I“ weiter klassiert (Sortierung nach Korngröße) und in diverse Beton-Körnungen unterteilt. Die Fraktion 22-90 mm wird in der sogenannten „Feinstmahlung“ oder auch „Werk II“ in einer Hammermühle weiter zerkleinert und im folgenden Sichter und einer Siebmaschine in die jeweiligen Korngrößen klassiert. Das Überkorn > 90 mm wird in einer sekundären Brechstufe zerkleinert und in der Splittanlage (Werk I) ebenfalls den verschiedenen Klassierern zugeführt.

Um kundenindividuelle Rezepturen darstellen zu können, befinden sich in Werk I insgesamt zwei computergesteuerte Dosieranlagen, die neben den handelsüblichen Mineralgemischen und qualifizierten Edelsplitten auch kundenindividuelle Kornlinien erstellen können.

Darüber hinaus befindet sich in Werk I noch eine Steinwaschanlage, um auch stark verunreinigte Partien aufbereiten zu können und so eine optimale Ausnutzung der Lagerstätte gewährleisten zu können.

Eine spezielle Dosier- und Wägetechnik in Werk II ermöglicht es sogar Bindemittel, wie Zement oder Kalkhydrat, den Körnungen zuzuführen, um so ein fertiges Endprodukt, wie Beton oder Estrich, herzustellen.

3.5 Referenz-Nutzungsdauer (RSL = reference service life)

Da es sich bei Kalkstein um ein Zwischenprodukt handelt und die Nutzungsdauer des Endprodukts nicht bekannt ist, muss nach EN 15804 keine Referenz-Nutzungsdauern angegeben werden.

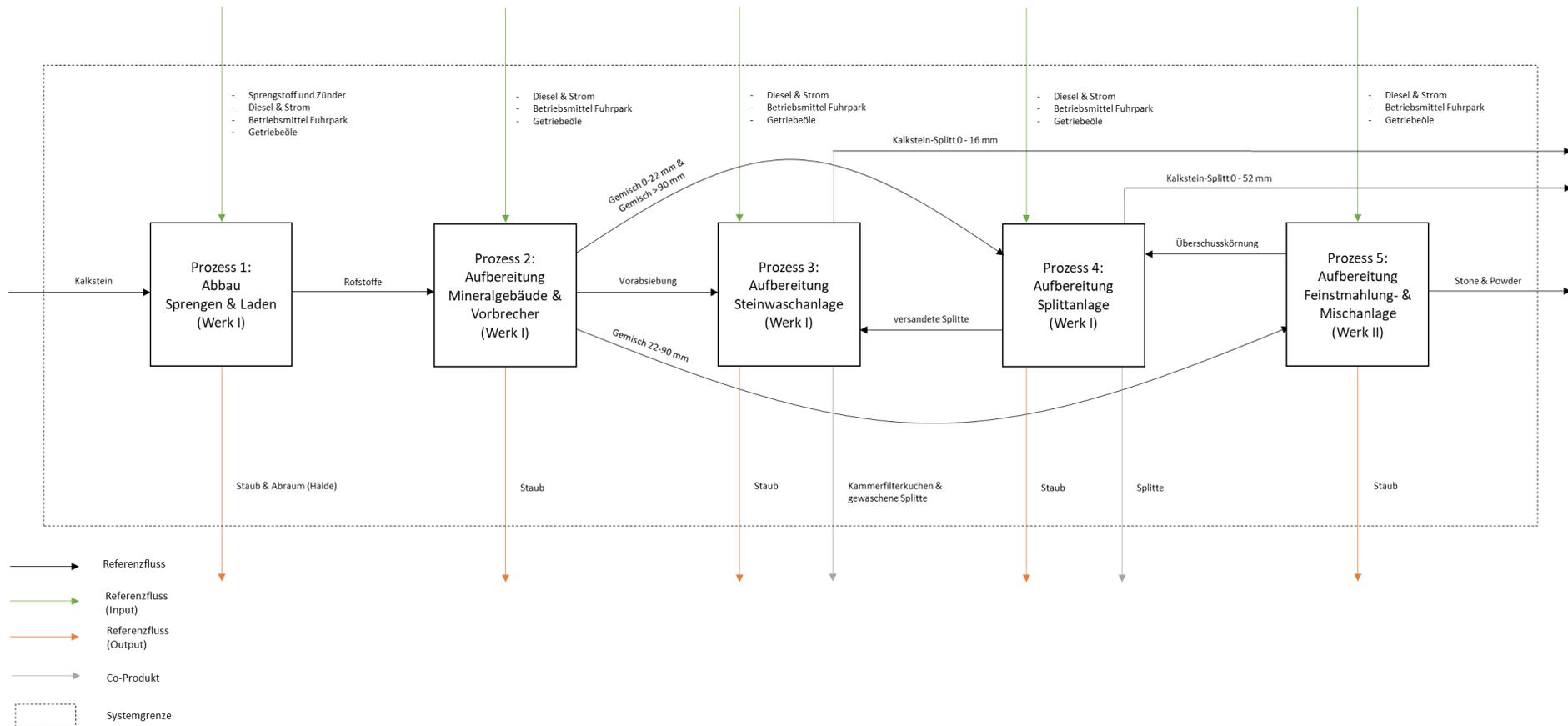


Abbildung 1: Prozessfließbild

4. Untersuchungsrahmen

4.1 Deklarierte Einheit

Die deklarierte Einheit beträgt gemäß PCR B 1.000 kg Gesteinskörnung.

Für die Berechnung der potenziellen Umweltauswirkungen wurden prozessspezifischen Daten für das betrachtete Produkt erfasst. Ermittelt wurden alle zur Gewinnung notwendigen Energieaufwände, Daten zur Berechnung der Infrastruktur sowie Hilfsstoffe und anfallenden Co-Produkte.

4.2 Systemgrenzen

Die EPD wurde in Anlehnung an die DIN EN 15804 erstellt und berücksichtigt die Herstellungsphase A1-A3. Der Typ der EPD ist daher "von der Bahre bis zum Werkstor". Tabelle 5 gibt einen Überblick über die betrachteten Informationsmodule bzw. Produktlebensphasen, die in die Ökobilanz einbezogen wurden.

Tabelle 5: Übersicht zu den betrachteten Informationsmodulen unter Darstellung sämtlicher Phasen des Gebäudelebenszyklus nach DIN EN 15804

HERSTELLUNGS- PHASE			ERRICH- TUNGS- PHASE		NUTZUNGSPHASE							ENTSORGUNGS- PHASE			Gutschriften und Lasten au- ßerhalb der Systemgrenzen	
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau / Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau / Erneuerung	Betrieblicher Energieeinsatz	Betrieblicher Wassereinsatz	Abbruch	Transport	Abfallbehandlung	Deponierung	Wiederverwendungs-Rück- gewinnungs-Recycling-Po- tenzial
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bei dieser ökobilanziellen Betrachtung gemäß der ISO 14025 wurden folgende Phasen des Produktlebenszyklus betrachtet:

- A1: Rohstoffbereitstellung
- A3: Energieaufwände für technische Anlagen und Fuhrpark
- A3: Infrastruktur der technischen Anlagen

Für die deklarierten Lebensphasen wurden sämtliche Inputs (Rohstoffe, Vorprodukte, Energie und Hilfsstoffe) sowie die anfallenden Abfälle betrachtet.

Folgende Produktionsschritte wurden während der Herstellungsphase (A1-A3) berücksichtigt:

- Abbau
- Mineralgebäude
- Steinwaschanlage

- Splittanlage
- Feinstmahlung

Da die Rohstoffgewinnung vor Ort ist, sind keine Ferntransporte notwendig und A2 ist somit gleich Null. Transporte am Produktionsstandort sowie Transporte von Betriebsmitteln werden dem Modul A3 zugeordnet.

Beim Abbau entsteht Abraum, welcher auf Halde eingebaut wird. Bei der Aufbereitung im Mineralgebäude und im Vorbrecher sowie in der Splittanlage entstehen Oberflächenwasser und gegebenenfalls Abraum bzw. weitere Klassier-Reste an, welche der Aufbereitung in der Steinwaschanlage zugeführt werden. In der Steinwaschanlage entstehen Kammerfilterkuchen an, die anschließend entsorgt werden. Bei der Aufbereitung in der Feinstmahlung und der Mischanlage fällt, neben dem Oberflächenwasser, Überschussschlämme an, welche der Splittanlage und/oder der Steinwaschanlage zugeführt werden können.

4.3 Annahmen und Abschätzungen

Der Strommix wurde gemäß des geografischen Referenzraums (Deutschland) gewählt. Die Zusammensetzung und der zeitliche Bezug des deutschen Strommix basieren auf der Ecoinvent-Datenbank V3.5 von 2018. Es wurden keine CO₂-Zertifikate angerechnet.

Die produktspezifischen Verbrauchsdaten beziehen sich auf die Verbräuche im Kalenderjahr 2019.

Außerdem wird ausschließlich der produktionsbezogene Energieverbrauch (exklusive der Verwaltung und Sozialräume) betrachtet und der Energieverbrauch wurde über die jährliche Produktionsmenge gemittelt.

Alle spezifischen Transportdistanzen der Ausgangsmaterialien wurden erfasst und entsprechend berücksichtigt. Die Distanzen sowie die angenommenen Transportarten können dem Abschnitt der Sachbilanz entnommen werden.

4.4 Betrachtungszeitraum

Die Daten wurden für das Betriebsjahr 2019 erfasst.

4.5 Abschneidekriterien

Für die Prozessmodule A1 bis A3 wurden alle prozessspezifischen Daten erhoben. Den Stoffströmen wurden potenzielle Umweltauswirkungen auf Grundlage der Ecoinvent V3.5 zugewiesen. Alle Flüsse, die zu mehr als 1 Prozent der gesamten Masse, Energie oder Umweltwirkungen des Systems beitragen, wurden in der Ökobilanz berücksichtigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die vernachlässigten Prozesse weniger als 5 Prozent zu den berücksichtigten Wirkungskategorien beigetragen hätten.

Weitere Betriebsmittel sowie die entsprechenden Abfälle wurden nicht als Teil des Produktsystems betrachtet und entsprechend nicht in der Bilanzierung berücksichtigt.

4.6 Anforderungen an die Datenqualität

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden in der Ökobilanz ausschließlich konsistente Hintergrunddaten der Ecoinvent-Datenbank verwendet (z.B. Datensätze zu Energie, Transporten, Hilfs- und Betriebsstoffen). Die Datenbank wird regelmäßig überprüft und entspricht somit den Anforderungen der EN 15804 (Hintergrunddaten nicht älter als 10 Jahre). Nahezu alle in der

Ecoinvent-Datenbank enthaltenen konsistenten Datensätze sind dokumentiert und können in der online Dokumentation eingesehen werden.

Alle produkt- und prozessspezifischen Daten wurden für das Betriebsjahr 2019 erhoben und sind somit aktuell.

Die Daten beziehen sich auf den Jahresdurchschnitt der Betriebsphase 01/2019 – 12/2019 verbrauchten Inputs (Energie, Betriebsmittel, etc.) und wurden in Referenzflüsse (Input / Output pro deklarierte Einheit) umgerechnet.

Es wurde die allgemeine Regel eingehalten, dass spezifische Daten von spezifischen Produktionsprozessen oder Durchschnittsdaten, die von spezifischen Prozessen abgeleitet sind bei der Berechnung einer LCA Priorität haben müssen. Daten für Prozesse, auf die der Hersteller keinen Einfluss hat, wurden mit generischen Daten belegt.

Als Datenbank wurde Ecoinvent 3.5 (2018) gewählt. Diese entspricht den in Abschnitt 5.2 beschriebenen Anforderungen. Die Berechnung des Ökobilanz wurde mit Hilfe des LCA-Online-Tools NIBE App durchgeführt.

4.7 Allokationen

Im Rahmen der Kalksteingewinnung fallen die Co-Produkte Splitte und Filterkuchen an. Die Umweltwirkungen werden mithilfe des ökonomischen Wertes der Produkte verteilt (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Verteilung der Umweltwirkungen mithilfe des wirtschaftlichen Wertes der Produkte

	Einheit	Kalkstein	Splitte	Filterkuchen
Gesamtmenge	t	89.722	390.825	31.981
Preis	€/t	20	11	10
Gesamtpreis	€	1.794.440	4.299.075	319.810
Ökonomischer Anteil	%	28	67	5

Es gibt keine Multiinput-Prozesse.

Spezifische Informationen über Allokationen innerhalb der Hintergrunddaten sind in der Dokumentation der Ecoinvent-Datensätze Version 3.5 enthalten.

4.8 Vergleichbarkeit

Ein Vergleich oder eine Auswertung von EPD-Daten ist nur möglich, wenn alle zu vergleichenden Datensätze nach EN 15804 erstellt wurden und der Gebäudekontext bzw. die produktspezifischen Leistungsmerkmale berücksichtigt werden.

4.9 Berechnungsverfahren

Für die Ökobilanzierung wurden die in der ISO 14044:2006, Abschnitt 4.3.2., beschriebenen Berechnungsverfahren angewandt. Die Auswertung erfolgt anhand der in den Systemgrenzen liegenden Phasen und der darin enthaltenen Prozesse.

4.10 Datenerhebung

Die Datenerhebung wurde gemäß ISO 14044:2006, Abschnitt 4.3., durchgeführt.

Die Ergebnisse der Betriebsdatenerhebung können in den folgenden Tabellen eingesehen werden. Die Tabellen geben neben den prozessspezifischen Daten auch Auskunft auf die jeweils verwendeten Hintergrunddaten.

Alle Angaben sind bereits umgerechnet in Referenzflüsse, das heißt, dass sie sich auf die deklarierte Einheit von 1.000 kg Kalkstein beziehen.

5. Sachbilanz

Tabelle 7: A1 - Rohstoffe

Bezeichnung	Einheit	Menge	Datensatz Ecoinvent Version 3.5	Kommentar
Kalkstein	kg	1351,2	Calcite, in ground (substance)	

Tabelle 8: A3 - Hilfsstoffe

Bezeichnung	Einheit	Menge	Datensatz Ecoinvent Version 3.5	Kommentar
Sprengstoff	kg	0,05498	Explosive, tovox production (CH)	
Getriebe- & Hydrauliköl	kg	0,00007	Lubricating oil production (EU)	

Tabelle 9: A3 - Produktionsemissionen

Bezeichnung	Einheit	Menge	Datensatz Ecoinvent Version 3.5	Kommentar
Partikel < 2,5 µm	mg	0,0008	Emission to Air – Particulates < 2.5 µm	Sekundärdaten aus Ecoinvent "limestone, unprocessed"
Partikel > 2,5 µm and < 10 µm	mg	0,0214	Emission to Air – Particulates > 2.5 µm and < 10 µm	
Partikel > 10 µm	mg	0,1120	Emission to Air – Particulates > 10 µm	

Tabelle 10: A3 - Energie

Bezeichnung	Einheit	Menge	Datensatz Ecoinvent Version 3.5	Kommentar
Strom P2 (Mineralgebäude & Vorbrecher)	kWh	0,35291	Electricity (DE) – medium voltage (1 kV – 24 kV)	
Strom P3 (Steinwaschanlage)	kWh	0,25572		
Strom P4 (Splittanlage)	kWh	0,38968		
Strom P5 (Feinstmahlung- & Mischanlage)	kWh	0,54080		
Diesel Fuhrpark	l	0,27950	Diesel, burned in building machine processing (GLO)	

6. Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzungsergebnisse stellen nur relative Aussagen dar, die keine Aussagen machen über Endpunkte der Wirkungskategorien, Überschreitungen von Schwellenwerten, Sicherheitsmargen oder über Risiken.

Für die Wirkungsabschätzung wurden die Umweltauswirkungen gemäß DIN EN 15804 verschiedenen Umweltkategorien zugeordnet.

Für die Wirkungsabschätzung wurden die Umweltauswirkungen verschiedenen Umweltkategorien zugeordnet. Die Ergebnisse werden in den folgenden Tabellen aufgezeigt.

Tabelle 11: Ergebnisse der Ökobilanz Umweltauswirkungen – zentrale Umweltindikatoren: 1.000 kg Kalkstein

Parameter	Einheit	A1-A3
Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe)	kg Sb	2,32E-06
Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - fossile Energieträger (ADP - fossile Energieträger)	MJ	2,95E+01
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser, AP	kg SO ₂ -Äq.	1,24E-02
Potential des Abbaus der stratosphärischen Ozonschicht, ODP	kg CFC-11-Äq.	2,27E-07
Treibhauspotenzial, GWP	kg CO ₂ -Äq.	2,14E 00
Eutrophierungspotenzial, EP	kg PO ₄ ³⁻ -Äq.	3,04E-05
Troposphärisches Ozonbildungspotential, POCP	kg C ₂ H ₄ -Äq.	1,12E-03

Tabelle 12: Ergebnisse der Ökobilanz Umweltauswirkungen -- Ressourceneinsatz: 1.000 kg Kalkstein

Parameter	Einheit	A1-A3
Einsatz erneuerbarer Primärenergie - ohne die erneuerbaren Primärenergieträger, die als Rohstoffe verwendet werden, PERE	MJ	IND
Einsatz der als Rohstoff verwendeten, erneuerbaren Primärenergieträger (stoffliche Nutzung), PERM	MJ	IND
Gesamteinsatz erneuerbarer Primärenergie (Primärenergie und die als Rohstoff verwendeten erneuerbaren Primärenergieträger) (energetische + stoffliche Nutzung), PERT	MJ	1,72E 00
Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie ohne die als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger, PENRE	MJ	IND
Einsatz der als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger (stoffliche Nutzung), PENRM	MJ	IND
Gesamteinsatz nicht erneuerbarer Primärenergie (Primärenergie und die als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger) (energetische + stoffliche Nutzung), PENRT	MJ	3,08E+01
Einsatz von Sekundärstoffen, SM	kg	0,00E00
Einsatz von erneuerbaren Sekundärbrennstoffen, RSF	MJ	0,00E00
Einsatz von nicht erneuerbaren Sekundärbrennstoffen, NRSF	MJ	0,00E00
Nettoeinsatz von Süßwasserressourcen, FW	m ³	7,53E-03

Tabelle 13: Ergebnisse der Ökobilanz Umweltauswirkungen -- Output-Flüsse und Abfallkategorien: 1000 kg Kalkstein

Parameter	Einheit	A1-A3
deponierter gefährlicher Abfall, HWD	kg	6,09E-05
deponierter nicht gefährlicher Abfall (Siedlungsabfall), NHWD	kg	8,54E-02
Radioaktiver Abfall, RWD	kg	1,63E-04
Komponenten für die Weiterverwendung, CRU	kg	0,00E00
Stoffe zum Recycling, MFR	kg	3,50E-06
Stoffe für die Energierückgewinnung, MER	kg	0,00E00
Exportierte Energie, EEE	MJ	2,96E-04

7. Interpretation

Mit Hilfe der Monetarisierung der Umweltkosten, die in der SBK-Bestimmungsmethode von 2019 erläutert wird, werden die Ergebnisse zum sogenannten Single-Point-Score, dem Umweltkostenindikator (ECI = Environmental Cost Indicator) aggregiert. Der ECI ist eine relevante Bewertungsmethode, insbesondere im niederländischen Bausektor. Beispielsweise ist dessen Anwendung in den Niederlanden eine Voraussetzung für öffentliche Ausschreibungen. Ziel des Indikators ist es, den Schattenpreis für die Umweltauswirkungen eines Produkts oder Projekts darzustellen. Für die Aggregation wird die nachstehende Gewichtung aus Tabelle 14 verwendet. [SBK, 2019]

Tabelle 14: Gewichtung zur Berechnung des Environmental Impact Indicator (ECI) [SBK, 2019]

Parameter	Einheit	Gewichtung [€/kg Äq.]
Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe)	kg Sb	0,16
Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - fossile Energieträger (ADP - fossile Energieträger)	kg Sb *	0,16
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser, AP	kg SO ₂ -Äq.	4,00
Potential des Abbaus der stratosphärischen Ozonschicht, ODP	kg CFC-11-Äq.	30,00
Treibhauspotenzial, GWP	kg CO ₂ -Äq.	0,05
Eutrophierungspotenzial, EP	kg PO ₄ ³⁻ -Äq.	9,00
Troposphärisches Ozonbildungspotential, POCP	kg C ₂ H ₄ -Äq.	2,00

* Wenn „ADP – fossile Energieträger“ in der Einheit MJ vorliegt, kann der Umrechnungsfaktor von 4,81E-04 kg Sb pro MJ verwendet werden.

Die Anwendung von Einzelpunktbewertungen ist ein zusätzliches Bewertungsinstrument für Ökobilanzergebnisse. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Gewichtungen immer auf einer Werterhaltung und nicht auf einer wissenschaftlichen Grundlage beruhen (EN 14040).

In Abbildung 2 ist der ECI für die verschiedenen Bestandteile der Produktion dargestellt. Der Rohstoff Kalkgestein hat keine Auswirkung auf die Rohstoffgewinnung A1 und die Produktion findet komplett vor Ort beim Hartkalksteinwerk statt, sodass es keinen Transport A2 gibt. Die Werte für die komplette Herstellungsphase A1-A3 wurden daher aufsummiert.

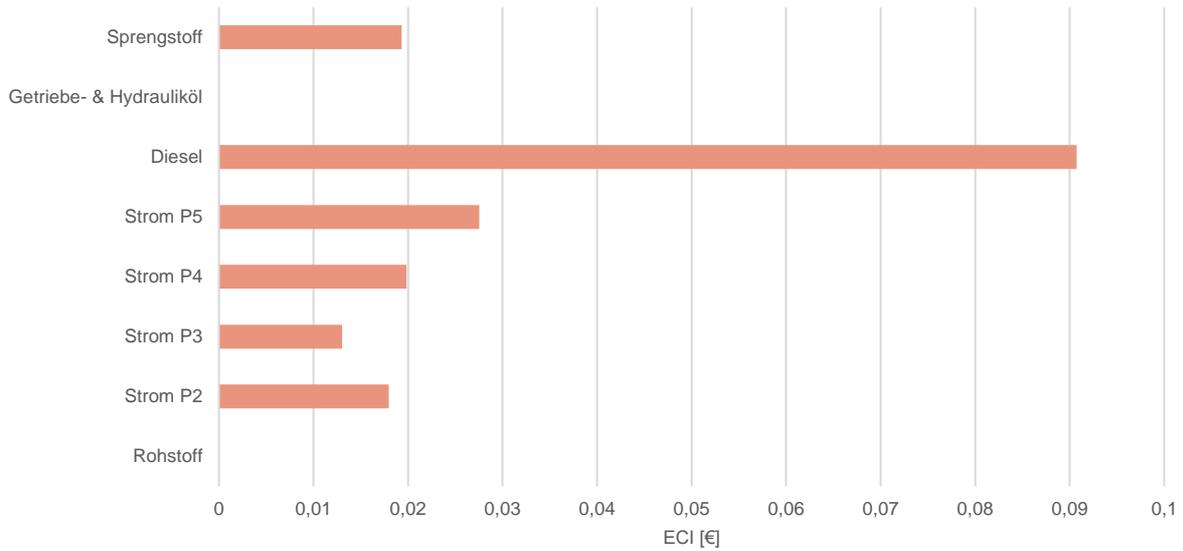


Abbildung 2: Environmental Cost Indicator (ECI) für die verschiedenen Bestandteile der Produktion

Wie zu erkennen ist, hat in der Herstellungsphase Diesel den größten Anteil am ECI. Die Anteile des Stroms für die verschiedenen Prozessschritte und des Sprengstoffs sind ähnlich groß. Beim Rohstoff sind alle Phasen gleich null und beim Getriebe- & Hydrauliköl ist der Wert mit $1,75E-05$ € so klein, dass er in der Abbildung kaum zu sehen ist.

8. Referenzen

- EN 15804: EN 15804:2012-04+A1 2013: Sustainability of construction works — Environmental Product Declarations — Core rules for the product category of construction products
- EN 16908: EN 16908:2017: Cement and building lime – Environmental product declarations – Product category rules
- ISO 14025: DIN EN ISO 14025:2011-10: Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures
- ISO 14040: DIN EN ISO 14040:2006-10, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework; EN ISO 14040:2006
- ISO 14044: DIN EN ISO 14044:2006-10, Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines; EN ISO 14040:2006
- SBK, 2019: Stichting Bouwkwiteit (SBK) – Foundation for Building Quality; “Determination Method: Environmental Performance of Buildings and Civil Engineering Works”

Anlage: Erläuterung der zentralen Wirkungskategorien der EPD

Primärenergieeinsatz

Primärenergieeinsatz (alternativ auch „Primärenergieinhalt“ genannt) beschreibt den aufgewendeten Energieverbrauch des gesamten Herstellungsprozesses des deklarierten Produktes. Die Primärenergie wird nach Übertragungsverlusten zur nutzbaren Endenergie. Die Primärenergie wird durch Fossile Energie (Steinkohle, Braunkohle, Torf, Erdgas, Erdöl), durch Kernenergie (Kernspaltung, Radioaktivität und Kernfusion) und durch regenerative Energien (Sonnenenergie, Biomasse, Windenergie und Wasserkraft) gewonnen. Wobei in der Ökobilanzierung nur unter „Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar“ und „Primärenergie erneuerbar“ unterschieden wird.

Die zusammengefassten Werte werden folgenden Primärenergien zugewiesen:

Der „Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar“ setzt sich durch die folgenden Energieträger zusammen:

- Erdgas
- Erdöl
- Steinkohle
- Braunkohle
- Uran

Unterschiede bei den nicht erneuerbaren Energien ergeben sich aus der Anwendung zur Herstellung anderer Produkte. So wird Erdöl und Erdgas zur Herstellung von Kunststoffen genutzt wobei die übrigen Energieträger lediglich zur Energieerzeugung genutzt werden können.

Der „Primärenergieeinsatz erneuerbar“ bezieht sich ausschließlich auf die folgenden Energieträger:

- Windkraft
- Wasserkraft
- Solarenergie
- Biomasse

Es ist zu beachten, dass die Endenergie und die Primärenergie nicht miteinander verrechnet werden, da sonst der Wirkungsgrad zur Herstellung bzw. Bereitstellung der Endenergie nicht berücksichtigt wird.

Alle Primärenergien werden in der Einheit [MJ] Megajoule ausgewiesen.

Abiotischer Ressourcenverbrauch

Der abiotische Ressourcenverbrauch bezieht sich auf die Reduktion des globalen Bestands an Rohstoffen. Dies resultiert aus der Entnahme nicht erneuerbarer Ressourcen. Als abiotische Stoffe werden fossile Energieträger wie z.B. mineralische Rohstoffe, Rohöl, metallhaltige Erze sowie alle natürlichen Ressourcen deklariert. Als Referenzsubstanz und Bezugsgröße für die Charakterisierungsfaktoren für ADP fossil (f) werden die fossilen Energieträger analog zur Primärenergie herangezogen. Hierfür wird die Einheit MJ verwendet. Für die nicht fossilen abiotischen Ressourcen (ADP (e)) wird die Einheit Antimon-Äquivalent (Sb-Äq.) genutzt.

Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt ist die wohl bekannteste Wirkungskategorie und zugleich auch die bedeutendste. Der Treibhauseffekt wird durch Anreicherung von H₂O-Molekülen und CO₂-Kristallen in der oberen Schicht der Atmosphäre verursacht. Dadurch wird eine unsichtbare „Wärme-Dämmung“ in der

Troposphäre für die bodennahe Lufthülle erschaffen. Bei dem Prozess der Sonneneinstrahlung wird die kurzweilige Sonnenstrahlung von der Erde teilweise absorbiert und teilweise als wärmende Infrarotstrahlung reflektiert. Die in der Troposphäre vorkommenden Treibhausgase nehmen die reflektierte Strahlung auf und strahlen diese richtungsunabhängig wieder ab. Somit wird ein Teil wiederholend zur Erde abgestrahlt, wodurch die mittlere Temperatur durch die reflektierte Sonneneinstrahlung der Troposphäre von der Erde dieser Lufthülle ansteigt. Dieser Effekt kann gerade bei Gewächshäusern und auch bei Treibhäusern gut beobachtet werden.

Zu den, durch menschliches Handeln freigesetzten Treibhausgas, gehören die folgenden Gase:

- Kohlendioxid
- Methan
- FCKWs

Die aufgeführten Gase werden auch aus natürlichen Ursprüngen freigesetzt, allerdings verstärkt das menschliche Handeln diesen Effekt.

Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass die Verweildauer der Gase in der Atmosphäre von hoher Bedeutung ist und sich der Zeithorizont somit auf einen Bezug von 100 Jahren bezieht. Das Treibhauspotenzial wird in Kohlendioxid-Äquivalenten (CO₂-Äq.) angegeben.

Neben dem Gesamt-GWP werden die THG-Emissionen und Bindung zusätzlich nach Herkunft (fossilem Kohlenstoff, biogenem Kohlenstoff oder durch Landnutzung und Landnutzungsveränderung) differenziert.

Versauerungspotenzial

Das Versauerungspotenzial beruht auf der Summe von Säure-bildenden Substanzen, die aus dem Herstellungsprozess durch die ausgestoßenen Emissionen freigesetzt werden. Diese wirken in Verbindung mit Wasser. D.h. der pH-Wert von Nebel und Regenwasser wird wesentlich verringert. Die Haupt-Versauerer für den sog. „Sauren Regen“ sind Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen, die in der Luft zu Schwefel- bzw. Salpetersäure reagieren. Schäden durch den „sauren Regen“ sind an Bauwerken, im Boden und in Gewässern ersichtlich. So zeigt sich der „saure Regen“ durch die erhöhte Korrosion und der schnelleren Zersetzung von Natursteinen an Bauwerken sowie durch erhöhtes Fischsterben bei Gewässern mit geringer chemischer Pufferkapazität.

Für das Versauerungspotenzial wird die gemeinsame Einheit des SO₂-Äquivalents angegeben. Es wird die Fähigkeit bestimmter Stoffe, H⁺-Ionen zu bilden und abzugeben, als Versauerungs-Potenzial bezeichnet.

Das Versauerungspotenzial ist die Wirkungskategorie, die Milieuveränderungen in Ökosystemen aufzeigt.

Als Hinweis bei der Bewertung zum Versauerungspotenzial wird die Information gegeben, dass das Versauerungspotenzial ein globales Problem darstellt und in den Regionen der Welt unterschiedlich stark ausfallen kann.

Eutrophierungspotenzial

Die Eutrophierung wird auch als unerwünschte Überdüngung bezeichnet. Durch die stetige Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion werden zusätzliche Nährstoffe innerhalb des Prozesses „Düngung“

in den terrestrischen und aquatischen Systemen eingebracht. Zusätzlich dazu tragen Abwässer und Luftschadstoffe zur Eutrophierung bei. Als Folge der Überdüngung entsteht ein verstärktes Algenwachstum in den Gewässern. Dies hat zur Folge, dass weniger Sonneneinstrahlung in die unteren Schichten der Gewässer gelangen und somit zu einer niedrigeren Sauerstoffproduktion als Ergebnis der verringerten Photosynthese führt. Das Resultat bezieht sich auf das Fischsterben und dem sogenannten „Umkippen des Gewässers“. Durch das Fischsterben wird Schwefelwasserstoff und Methan gebildet.

Nach der neuen DIN EN 15804 wird das Eutrophierungspotential nach Wirkungsort differenziert: Kumulierte Überschreitung auf dem Land [in kg N-Äq.], Eutrophierungspotenzial im Süßwasser [kg PO₄-Äq.] und Eutrophierungspotential im Meer [Einheit kg N-Äq.].

Photochemische Ozonbildung

Die Photochemische Ozonbildung, auch „Sommersmog“ genannt, ist das Resultat zwischen Stickstoff-Oxiden (NO_x) und organischen, flüchtigen Komponenten (VOC) unter UV-Bestrahlung. Ozon hat eine Schutzfunktion innerhalb der Stratosphäre, jedoch als bodennahes Ozon ein hoch reaktives schädliches Spurengas und ist in hoher Konzentration humantoxisch. Kohlenwasserstoffemissionen sind eine Grundvoraussetzung für den „Sommersmog“.

Sie entstehen durch die Freisetzung von Lösungsmitteln oder durch die unvollständige Verbrennung, beim Umgang mit Ottokraftstoffen (Lagerung, umschlag, Tanken, etc.). Die Umwandlung von Stickoxiden und Kohlenwasserstoff durch die Sonnenstrahlung mittels komplexer chemischer Reaktionen, entsteht u.a. das Reaktionsprodukt Ozon. Hinweis: Die Ozonkonzentration wird nicht allein durch Stickoxide erhöht. Durch den Ausstoß von Kohlenmonoxid reagiert das gebildete Ozon zu Kohlendioxid und Sauerstoff. Aufgrund dessen sind die hohen Ozonwerte nicht zwangsläufig in der Nähe der Emissionsquellen vorhanden, sondern in Reinluftgebieten wie z.B. Wäldern in denen kaum CO vorhanden ist.

Als gemeinsame Einheit wird hierbei das Ethen-Äquivalent (C₂H₄-Äq.) in der Bilanz genutzt. Zudem ist zu berücksichtigen, dass der lokale Charakter und die tatsächliche Ozon-Konzentration von der Witterung großen Einfluss auf die Auswirkungen haben.

Abbau Potenzial der stratosphärischen Ozonschicht

Die Aufgabe der Ozonschicht bezieht sich auf die Absorption der harten kurzwelligen UV-Strahlung der Sonne in der Stratosphäre. Emissionen wie z.B. FCKW-Verbindungen sind dafür verantwortlich, dass unter bestimmten klimatischen Bedingungen durch die Katalysatorwirkung der FCKW-Verbindungen Ozon zu Sauerstoff umgewandelt wird. Folgenden zwei Stoffgruppen wird im Wesentlichen ein Ozon abbauende Wirkung zugeschrieben:

- Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW)
- Stickoxiden (NO_x)

Durch die lange Verweildauer der Gase werden die Ozonmoleküle noch Jahrzehnte nach der Emission vernichtet. Durch diese Schwächung der Ozonschicht kann weniger harte UV-Strahlung absorbiert werden. Dies führt zu negativen Auswirkungen für Mensch, Tier und Umwelt (Störung der Photosynthese, Hautkrebs, Augenerkrankungen, Schädigungen der DANN, etc.). Hinweis zur Bewertung: Die langfristigen, globalen und zum Teil irreversiblen Auswirkungen sind bei der Bewertung des ODP zu berücksichtigen.