



Umwelt-Produktdeklaration

nach ISO 14025



**Klebe- und Armiermasse
Alsecco**


**Deutschen Amphibolin-Werke
von Robert Murjahn Stiftung & Co KG**

Deklarationsnummer
EPD-DAW-2009121-D




Institut Bauen und Umwelt e.V.
www.bau-umwelt.com

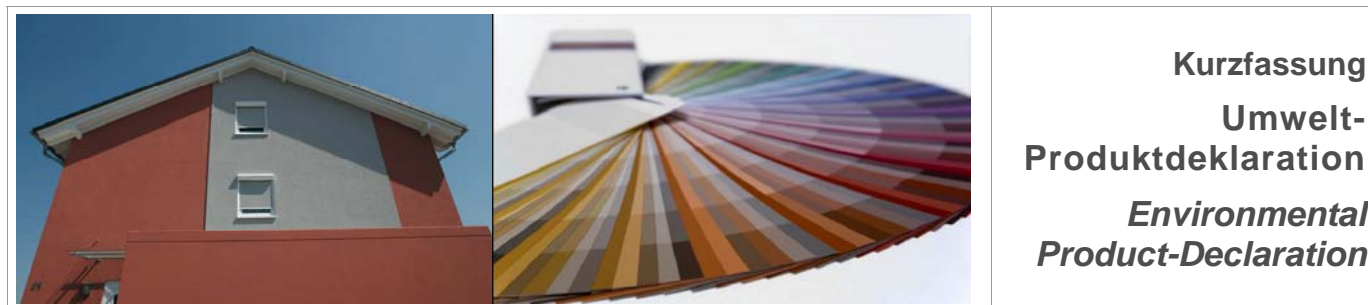


Institut Bauen
und Umwelt e.V.

	<p>Kurzfassung Umwelt- Produktdeklaration <i>Environmental</i> <i>Product-Declaration</i></p>
------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Institut Bauen und Umwelt e.V.</p> <p>www.bau-umwelt.com</p>	<p>Programmhalter</p>
<p>Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG Roßdörfer Str. 50 64372 Ober-Ramstadt</p>	<p>Deklarationsinhaber</p>
<p>EPD-DAW-2009121-D</p>	<p>Deklarationsnummer</p>
<p>Klebe- und Armiermassen</p> <p>Diese Deklaration ist eine Umweltproduktdeklaration gemäß ISO 14025 und beschreibt die Umweltleistung der Klebe- und Armiermassen Alsecco der Deutschen Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG in Deutschland. Sie soll die Entwicklung des umwelt- und gesundheitsverträglichen Bauens und Wohnens fördern. In dieser validierten Deklaration werden alle relevanten Umweltdaten offengelegt.</p> <p>Die Deklaration beruht auf dem PCR Dokument „Mineralische Werkmörtel“, 2006-07.</p>	<p>Deklarierte Bauprodukte</p>
<p>Diese validierte Deklaration berechtigt zum Führen des Zeichens des Institut Bauen und Umwelt e.V. Es gilt ausschließlich für die genannten Produkte, drei Jahre vom Ausstellungsdatum an. Der Deklarationsinhaber haftet für die zugrunde liegenden Angaben und Nachweise.</p>	<p>Gültigkeit</p>
<p>Die Deklaration ist vollständig und enthält in ausführlicher Form:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produktdefinition und bauphysikalische Angaben - Angaben zu Grundstoffen und Stoffherkunft - Beschreibungen zur Produktherstellung - Hinweise zur Produktverarbeitung - Angaben zum Nutzungszustand, außergewöhnlichen Einwirkungen und Nachnutzungsphase - Ökobilanzergebnisse - Nachweise und Prüfungen 	<p>Inhalt der Deklaration</p>

<p>12. Oktober 2009</p>	<p>Ausstellungsdatum</p>
<p></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Horst J. Bossenmayer (Präsident d. Institut Bauen und Umwelt e.V.)</p>	<p>Unterschriften</p>
<p>Diese Deklaration und die zugrundegelegten Regeln wurden gemäß ISO 14025 durch den unabhängigen Sachverständigenausschuss (SVA) geprüft.</p>	<p>Prüfung der Deklaration</p>
<p></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Vorsitzender des SVA)</p>	<p></p> <p>Dr. Eva Schmincke (Prüfer vom SVA bestellt)</p>



Mineralische Putzmörtel und Armiermassen sind Gemische aus einem oder mehreren anorganischen Bindemitteln, Zuschlägen, Wasser und ggf. Zusatzstoffen bzw. Zusatzmitteln zur Herstellung von Außenputzen.

Im Werk hergestellte Putzmörtel zur Verwendung als Unterputz bzw. Oberputz auf Wänden, Decken, Pfeilern und Trennwänden von Baukörpern, die den geltenden Normen entsprechen oder auf ähnlichen Putzgründen (z. B. bei Bestandsgebäuden). Armierungsputz als Einlagenputz zur Herstellung von Außenputz auf schwierigen Putzuntergründen.

Die **Ökobilanz** wurde nach DIN ISO 14040 ff. entsprechend den Anforderungen des IBU-Leitfadens zu Typ-III-Deklarationen durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten der Deutschen Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG verwendet, sowie Daten aus der Datenbank „GaBi 4“ herangezogen. Die Ökobilanz umfasst die Rohstoff- und Energiegewinnung, Rohstofftransporte und die eigentliche Herstellungsphase der betrachteten Armiermassen.

Auswertegröße in Einheit pro 1 kg	Armatop AKS	Armatop L Aero
Primärenergie, nicht erneuerbar [MJ]	3,04	3,91
Primärenergie, erneuerbar [MJ]	0,17	0,51
Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	1,32E-03	1,70E-03
Treibhauspotenzial (GWP 100) [kg CO ₂ -Äqv.]	2,89E-01	3,65E-01
Ozonabbaupotenzial (ODP) [kg R11-Äqv.]	8,08E-09	1,09E-08
Versauerungspotenzial (AP) [kg SO ₂ -Äqv.]	6,08E-04	7,55E-04
Eutrophierungspotenzial (EP) [kg PO ₄ -Äqv.]	1,11E-04	1,39E-04
Sommersmogpotenzial (POCP) [kg C ₂ H ₄ -Äqv.]	8,92E-05	1,07E-04

Erstellt durch: PE INTERNATIONAL, Leinfelden-Echterdingen



- Zusätzliche Nachweise und Prüfungen: nicht zutreffend

Kurzfassung Umwelt- Produktdeklaration *Environmental Product-Declaration*

Produktbeschreibung

Anwendungsbereich

Rahmen der Ökobilanz

Ergebnisse der Ökobilanz

Nachweise und Prüfungen



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

Geltungsbereich Diese Umweltdeklaration bezieht sich auf Alsecco Klebe- und Armiermassen: Armatop AKS und Armatop L Aero, als mineralische Werk-Trockenmörtel aus den Werken Ober Ramstadt und/oder Gerstungen (Deutschland).

0 Produktdefinition

Produktdefinition Mineralische Putzmörtel und Armiermassen sind Gemische aus einem oder mehreren anorganischen Bindemitteln, Zuschlägen, Wasser und ggf. Zusatzstoffen bzw. Zusatzmitteln zur Herstellung von Außenputzen. Die Deklaration beruht auf der durchschnittlichen Zusammensetzung der beiden Produkte Armatop AKS und Armatop L Aero der Deutschen Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG.

Anwendung Im Werk hergestellte Putzmörtel zur Verwendung als Unterputz bzw. Oberputz auf Wänden, Decken, Pfeilern und Trennwänden von Baukörpern, die den geltenden Normen entsprechen oder auf ähnlichen Putzgründen (z. B. bei Bestandsgebäuden). Armierungsputz als Einlagenputz zur Herstellung von Außenputz auf schwierigen Putzuntergründen.

Bei bestimmungsgemäßer Anwendung ist ein direkter Kontakt mit Grundwasser nicht möglich.

Produktnorm / Zulassung Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen:
Z-33.43-52
Z-33.42-53
Z-33.44-60
Z-33.41-59
Z-33.47-832

Gütesicherung Eigen- und Fremdüberwachung nach o.g. Normen. Qualitätsmanagement gemäß EC-Konformitätszertifikat über die werkseigene Produktionskontrolle 1119-CPD-0713 der KIWA Polymer Institut GmbH in Flörsheim.

Lieferzustand Eigenschaften Mineralische Armiermassen werden als Werk-Trockenmörtel hergestellt. Werk-Trockenmörtel ist ein fertiges Gemisch der Ausgangsstoffe, dem bei der Aufbereitung auf der Baustelle nur noch Wasser zugemischt wird, um eine verarbeitbare Konsistenz zu erreichen. Werk-Trockenmörtel wird im Silo oder in Säcken auf die Baustelle geliefert und in Säcken oder in Silos ausgeliefert. In der Tabelle 0-1 sind die Anteile von Sack- und Siloware für die Armiermassen der Marke Alsecco aufgeschlüsselt.

Tabelle 0-1: Verpackungsaufteilung

Produktbezeichnung	Siloware	Sackware
Armatop AKS	48 %	52 %
Armatop L Aero	26 %	74 %



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

Bauphysikalische Daten

Tabelle 0-2: Bauphysikalische Daten

Parameter	Einheit	Armatop L-Aero	Armatop AKS
Festmörtelrohddichte	kg/dm ³	1,0	1,4
Kapillare Wasseraufnahme *	kg/(m ² 24h)	< 0,5	< 0,5
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ **	-	15/20	10
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ **	W/(mK)	0,38	0,7
Brandklasse nach DIN EN ISO 13501/Teil 1	-	A1	A1

* Werte gemäß ETAG 004 nach 24 Stunden ** Werte gemäß DIN V 4108-4

Schallschutz

Schallschutztechnische Anforderungen werden an die deklarierten mineralischen Armiermassen nicht gestellt.

1 Grundstoffe

Grundstoffe/ Vorprodukte

Tabelle 1-1: Grund- und Hilfsstoffe /Zusatzmittel für Klebe- und Armiermassen

Grund- und Hilfsstoffe /Zusatzmittel Klebe – und Armiermassen	(Masse %)
Gesteinskörnung	40 - 65
Feine Gesteinskörnung	0 – 20 %
Leichte Gesteinskörnung	≤ 10
Zement	20 - 25
Kalkhydrat	≤ 9
Wasserrückhaltemittel	$\leq 0,3$
Dispersionspulver	≤ 4
Verdickungsmittel	≤ 1
Fasern	≤ 1
Hydrophobierungsmittel	$\leq 0,3$



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

**Hilfsstoffe /
Zusatzmittel**

Neben den aufgelisteten Grundstoffen und Vorprodukten werden keine weiteren Hilfsstoffe und Zusatzmittel verwendet.

Stoffeklärungen

Gesteinskörnung: Natursande als natürliche Rohstoffe, die neben den Hauptmineralien Quarz (SiO_2) bzw. Calcit (CaCO_3) natürliche Neben- und Spurenminerale enthalten.

Feine Gesteinskörnung: Kalksteinmehle, die bei der Aufbereitung der Natursande zur Herstellung der Gesteinskörnungen anfallen.

Leichte Gesteinskörnung: Natürliche oder künstliche, anorganische Leichtzuschläge zur Reduzierung der Trockenrohdichte. Natürliche Leichtzuschläge werden aus natürlichen Rohstoffen durch Zerkleinerung hergestellt (z. B. Bims, Vermiculit). Künstliche Leichtzuschläge werden durch Aufbereiten, Schmelzen und Blähen geeigneter natürlicher Rohstoffe (Perlite) oder von sortiertem Altglas (Blähglas) hergestellt.

Künstlicher Leichtzuschlag: Durch Schäumung hergestelltes organisches, expandiertes Polystrol (EPS) in Kugel- oder Partikelform (recycelt) zur Reduzierung der Trockenrohdichte.

Zement: gem. DIN EN 197-1; Zement dient als Bindemittel und wird vorwiegend aus Kalksteinmergel oder einem Gemisch aus Kalkstein und Ton hergestellt. Die natürlichen Rohstoffe werden gebrannt und anschließend gemahlen.

Kalkhydrat: gem. DIN EN 459; Weißkalkhydrat dient als Bindemittel und wird durch Brennen von natürlichem Kalkstein und anschließendes Löschen hergestellt.

Tonerdezement: Zement mit erhöhtem Aluminatgehalt, der durch Einschmelzen von Bauxit und Kalkstein entsteht. Die spezielle mineralogische Zusammensetzung ermöglicht in Kombination mit üblichem Zement eine beschleunigte Abbinde- und Erhärtung mineralischer Mörtel.

Calciumsulfat: Durch Kalzinieren von natürlichem Gipsstein oder synthetisch z. B. durch Entschwefelung von Rauchgasen hergestelltes Gipsbindemittel, das in verschiedenen Hydratstufen vorliegen kann: Dihydrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), Halbydrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), Anhydrit (CaSO_4).

Wasser: Das Vorhandensein von Wasser ist zum Verarbeiten, Abbinden und Erhärten und zum Erlangen der Produkteigenschaften grundsätzlich notwendig. Bei Werk-Trockenmörteln wird dies erst auf der Baustelle zugegeben.

Anorganische Pigmente: Natürliche oder synthetische pulverförmige Farbmittel, die durch mechanische Behandlung der betreffenden mineralischen Stoffe wie z. B. Kreide, Ton usw. gewonnen werden.

Fasern: Fasern aus natürlichen oder synthetischen Polymeren (PP usw.), korrosionsbeständigen Metallen oder anorganische Chemiefasern (z. B. Glasfasern) dienen der Aufnahme von Zugkräften im Festmörtel.

Hydrophobierungsmittel: Wasserlösliche Natriumoleate oder Zinkstearate zur Reduzierung der kapillaren Wasseraufnahme des Festmörtels.

Luftporenbildner: Tenside zur Reduzierung der Oberflächenspannung von Wasser und zur Erzeugung von Luftporen. Diese vermindern die Frischmörtelrohdichte, verbessern die Verarbeitbarkeit und reduzieren die Schwind- und Spannungsrisse.

Verdickungsmittel: Cellulose- oder Stärkeether, hergestellt aus Zellstoff oder nativer Stärke verbessern die Standfestigkeit, wirken also verdickend, haben aber keine Wasser rückhaltende Wirkung.

Wasserrückhaltungsmittel: Celluloseether, hergestellt aus Zellstoff, der einen zu raschen Wasserentzug aus dem Frischmörtel verhindert.



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

**Rohstoff-
gewinnung und
Stoffherkunft**

Sand und Kalkstein werden im Tagebau aus oberflächennahen Schichten natürlicher Vorkommen gewonnen. Gesteinskörnungen (Sande) stammen aus Sandgruben in unmittelbarer Umgebung der Mörtelwerke. Die verwendeten mineralischen Rohstoffe stammen aus einem Umkreis von maximal 150 Entfernungskilometern zum Werk, alle weiteren Grundstoffe (bis auf die geringen Mengen an Zusatzmitteln und -stoffen) stammen aus einem Umkreis von maximal 300 Entfernungskilometern zum Werk.

**Regionale und
allgemeine
Verfügbarkeit
der Rohstoffe**

Mineralische Bauprodukte wie mineralische Armiermassen bestehen überwiegend aus weit verbreiteten mineralischen Rohstoffen. Es besteht keine Ressourcenknappheit.

2 Produktherstellung

**Produkt-
herstellung**

Die verwendeten Rezepturen werden den jeweiligen Rohstoffeigenschaften angepasst und variieren innerhalb der in Tabelle 1-1 angegebenen Bereiche. Weitere Stoffe sind nicht enthalten.

Klebe- und Armiermassen werden in Mischwerken in folgenden Arbeitsschritten hergestellt:

1. Füllen der Vorrats- bzw. Wägebehälter,
2. Förderung der Einsatzstoffe/des Mischgutes in den Mischer,
3. Mischen,
4. Förderung des Fertigproduktes,
5. ggf. Verpackung
6. Verladung des Fertigproduktes und Auslieferung.

Die Rohstoffe – Sand, Bindemittel, Hilfsstoffe, Zusatzmittel und –stoffe werden im Herstellwerk in Silos (oder Big Bag und Sack) gelagert. Aus den Silos werden die Rohstoffe entsprechend der jeweiligen Rezeptur gravimetrisch dosiert und intensiv miteinander vermischt. Anschließend wird das Mischgut entweder als Werk-Trockenmörtel trocken in Gebinden oder Silos ausgeliefert.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, bestimmte Grundstoffe vorzumischen, auszuliefern, dieser Vormischung auf der Baustelle weitere Bestandteile beizufügen und unter Zugabe von Wasser zu gebrauchsfertigem Klebe- und Armiermassen zu mischen.

Abbildung 2-1 zeigt den Herstellungsprozess der Pulverproduktion für die Produktlinie Alsecco dar. Die grünen Bereiche stehen für Stoff- und Energieflüsse, graue Bereiche symbolisieren die Verfahrensschritte bei Werk-trockenmörteln.



Produktion Gerstungen (Pulverproduktion)

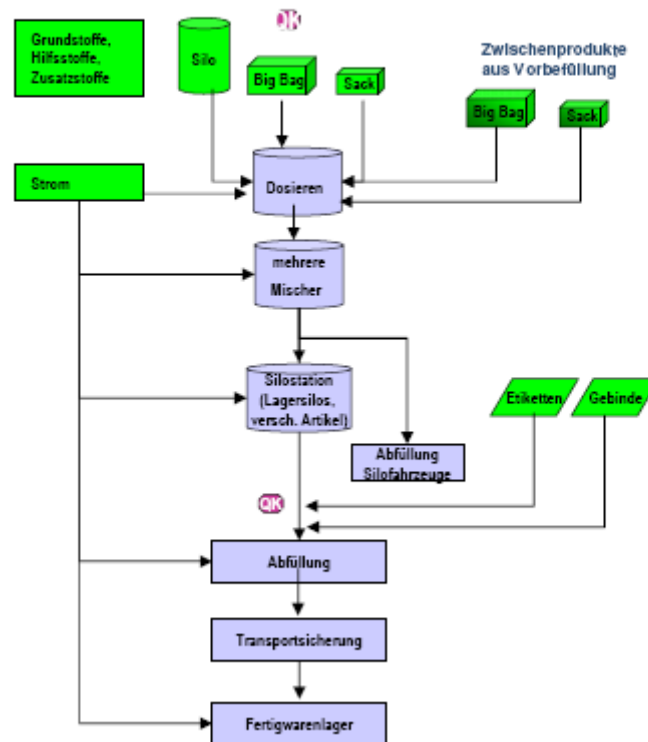


Abbildung 2-1: Herstellprozess Mineralische Klebe- und Armiermassen für die Produktlinie Alsecco

Für die Herstellung von Klebe- und Armiermassen sowie Putze und Mörtel wurde ein GaBi 4-Modell erstellt. Darin wird sowohl die Herstellung von Frisch-, als auch Trockenmaterialien dargestellt. Die für die Firma DAW erstellten Ökobilanzen beziehen sich ausschließlich auf Trockenmaterialien.

Gesundheits- schutz Herstellung

Überall dort, wo bei der Herstellung im Werk Staub entstehen kann, wird dieser unter Beachtung der Arbeitsplatzgrenzwerte durch entsprechende Absaugungsanlagen einem zentralen Filtersystem zugeführt.

Umweltschutz Herstellung

Lärm:

Schallpegelmessungen haben gezeigt, dass alle inner- und außerhalb der Produktionsstätten ermittelten Werte aufgrund getroffener Schallschutzmaßnahmen weit unter den geforderten Werten der technischen Normen liegen.

Abfälle:

Abfallarten sind beispielsweise Metallschrott, Altöle, Folien und Kunststoffchips (Verpackung), Holz (Paletten), Papier und gewerblicher Restmüll. Diese werden getrennt, gelagert und dem entsprechenden Wertstoffkreislauf wieder zugeführt.

Luft:

Prozessluft wird bis weit unter die gesetzlichen Grenzwerte der AWG-Werte entstaubt.



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

3 Produktverarbeitung

Verarbeitungsempfehlungen	Die Verarbeitung von mineralischen Putzmörteln erfolgt in der Regel maschinell. Sie werden entweder automatisch mit einem Trockenfördergerät aus dem Silo oder aber aus einzelnen Gebinden entnommen und mit einer Putzmaschine angemischt, gefördert und appliziert. Die Verwendung von Silomischpumpen ist möglich. Die Putzmörtel werden anschließend vor Ort mit geeignetem Werkzeug egalisiert und ggf. strukturiert.
Arbeitsschutz Umweltschutz	<p>Es gelten die Regelwerke der Berufsgenossenschaften und die jeweiligen Sicherheitsdatenblätter der Bauprodukte.</p> <p>Mineralische Armiermassen und Putzmörtel dürfen nicht in die Kanalisation, Oberflächenwasser oder Grundwasser gelangen.</p> <p>Bei der Auswahl verarbeitungstechnisch notwendiger Zusatzprodukte ist darauf zu achten, dass diese die beschriebenen Eigenschaften der Umweltverträglichkeit der genannten Bauprodukte nicht nachteilig beeinflussen.</p>
Restmaterial	Trockenmörtelreste in Fertiggutsilos werden von den Herstellwerken zurückgenommen und als Rohstoff genutzt; Trockenmörtelreste in Mörtelsäcken fallen nicht an. Festmörtelreste können recycelt oder als Bauschutt regional auf Deponien der Klasse I entsorgt werden.
Verpackung	Nicht verschmutzte PE-Folien (auf sortenreine Erfassung ist zu achten) und Mehrwegpaletten aus Holz werden durch den Baustoffhandel zurückgenommen (Mehrwegpaletten gegen Rückvergütung im Pfandsystem) und von diesem an die Mörtelwerke zurückgegeben. Diese leiten die Folien an die Folienhersteller zum Recyceln weiter.

4 Nutzungszustand

Inhaltsstoffe	<p>Wie unter Punkt 2. Produktherstellung ausgeführt, werden bei der Produktion von mineralischen Werkmörteln als Oberputze und Armierungsmörtel i.A. überwiegend die natürlichen Rohstoffe Kalk, Zement, leichte Gesteinskörnungen und Sand verwendet. Zusatzmittel und -stoffe zur Verbesserung der Verarbeitungseigenschaften werden nur in kleinen Mengen zugegeben.</p> <p>Die Rohstoffe werden auf Grund geologischer Gegebenheiten von bestimmten Spurenelementen in geringen Mengen begleitet. In der Natur kommen Gesteine vor, die ähnlich wie mineralische Werkmörtel als Estrichmörtel durch Calcium-Silikat-Hydrat-Phasen (CSH-Phasen) verkittet sind wie z. B. die Mineralien Tobermorit oder Xonotlit. In diesem Sinne können mineralische Putzmörtel, sofern sie aus natürlichen Rohstoffen bestehen, durchaus als der Natur nachempfundene Stoffe bezeichnet werden.</p>
Wirkungsbeziehungen	Aufgrund der stabilen CSH-Bindung und dem nach Aushärtung am Untergrund erreichten festen Gefüge sind keine Emissionen zu erwarten.
Umwelt - Gesundheit	<p>Bei normaler, dem Verwendungszweck der beschriebenen Produkte entsprechender Nutzung, sind keine Gesundheitsbeeinträchtigungen zu erwarten.</p> <p>Bei bestimmungsgemäßer Anwendung der Produkte entstehen keine Gefährdungen für Wasser, Luft und Boden.</p> <p>Die natürliche ionisierende Strahlung der aus mineralischen Werkmörteln hergestellten Putzmörtel ist äußerst gering und gesundheitlich unbedenklich.</p>
Beständigkeit Nutzungszustand	Putzmörtel aus mineralischen Werkmörteln sind vor Dauerbewitterung z. B. durch fachgerechten Anschluss des Fassadensockels zu schützen. Der Risswiderstand von Putzmörteln aus mineralischen Werkmörteln kann durch eine Rissbewehrung/-armierung in der zugbelasteten Zone des Putzes erhöht werden / DIN V 18550/.



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

5 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand	Armatop L Aero und Armatop AKS sind mit den Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) gemäß DIN 4102 und DIN EN 13501 als nichtbrennbar geprüft.
Hochwasser	Unter Wassereinwirkung (z. B. Hochwasser) werden keine wasserlöslichen Substanzen ausgewaschen, die wassergefährdend sein können.

6 Nachnutzungsphase

Wieder- und Weiterverwertung	Die mit mineralischen Putzmörteln hergestellten Bauteile können in der Regel in einfacher Weise zurückgebaut werden. Es ist auf einen möglichst sortenreinen Rückbau zu achten. Mineralische Putzmörtel können dem normalen Baustoffrecycling zugeführt werden. Eine Weiterverwertung erfolgt in der Regel in Form rezyklierter Gesteinskörnungen im Hoch- und Tiefbau.
Entsorgung	Die Deponiefähigkeit von erhärteten mineralischen Putzmörteln gem. Deponieklasse I + II nach der TA Siedlungsabfall ist gewährleistet /TASi/. Der EAK-Abfallschlüssel nach Abfallverwertungsverzeichnis lautet 170101.

7 Ökobilanz

7.1 Allgemeines

Die vorliegende Ökobilanz beruht auf der ISO 14044 ff. Notwendige Modellannahmen sind benannt. Die Ökobilanz umfasst alle relevanten produktspezifischen Lebenszyklusstufen.

7.2 Herstellung Armiermassen

Deklarierte Einheit	Die Deklaration bezieht sich auf den Lebenszyklus von: 1 kg Armiermasse Alsecco Armatop AKS und Alsecco Armatop L Aero
Systemgrenzen	<p>Die Lebenszyklusanalyse der untersuchten Produkte umfasst die Produktion des Mörtels einschließlich der Rohstoffgewinnung und Energieträgerbereitstellung bis zum fertig verpackten Produkt (inklusive Entsorgung der Verpackung), den Transport des Produktes zur Baustelle, die Nutzungsphase sowie die Entsorgung des Mörtels. Bei Siloware werden die anteiligen Aufwendungen für den Transport und die Herstellung des Silos berücksichtigt. Die Verbrennung der Verpackung einschließlich Energierückgewinnung geht ebenfalls in die Ökobilanz ein.</p> <p>Die Datenbasis GaBi 4 /GaBi 2009/ wurde zur Berechnung der Energieerzeugung und der Transporte verwendet.</p> <p>Dies umfasst im Einzelnen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Rezepturen aller Einsatzstoffe (Vorprodukte)• Herstellaufwendungen (Energie, Abfall, Emissionen)• Vorprodukte und Energiebereitstellung• Transporte und Verpackungen der Rohstoffe und Vorprodukte• Entsorgung der Verpackung, einschließlich Energiegutschriften• Transport des fertigen Produktes zur Baustelle• CO₂-Rückbindung während der Nutzungsphase und die• Entsorgung des Mörtels.



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

**Abschneide-
kriterium**

Es wurden alle Daten aus der Betriebsdatenerhebung, d.h. alle nach Rezeptur eingesetzten Ausgangsstoffe, die eingesetzte thermische Energie, der interne Kraftstoffverbrauch sowie der Stromverbrauch, alle direkten Produktionsabfälle sowie alle zur Verfügung stehenden Emissionsmessungen in der Bilanzierung berücksichtigt. Für alle berücksichtigten In –und Outputs wurden Annahmen zu den Transportaufwendungen getroffen. Damit wurden auch Stoff- und Energieströme mit einem Anteil von kleiner als 1 Prozent berücksichtigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Summe der vernachlässigten Prozesse 5% der Wirkkategorien nicht übersteigt.

In der Herstellung benötigte Anlagen wurden vernachlässigt.

Transporte

Transporte in den Vorketten wurden berücksichtigt und sind in der Tabelle 7-1 abgebildet. Weiterhin wurden die Transporte zur Nutzung der Armiermassen mit 30 km berechnet.

Tabelle 7-1: Transportentfernungen Rohstoffe

Rohstoff	Transport-km (LKW 14-16 t NL)
Zuschläge	
Quarzsand	100
Natursand	100
Leichtzuschläge	
Kesselsand	300
Perlite	300
Blähton	500
Blähglas	500
Bims	100 km LKW/ 500 km Schiff
EPS	500
Bindemittel	
Zement	100
Flugasche	300
Lehmpulver	100
Tonerdezement	300
Kalkhydrat	300
Kalksteinmehl	100
Kalk-Silikat-Hydrat	500
Gips	300
Anhydrit	300
Additive	500

**Betrachtungs-
zeitraum**

Die Daten für die Herstellung der untersuchten Armiermassen beziehen sich auf das Jahr 2008. Die Ökobilanz wurde für den Bezugsraum Deutschland erstellt. Dies hat zur Folge, dass neben den Produktionsprozessen unter diesen Randbedingungen auch die für Deutschland relevanten Vorstufen, wie Strom- oder Energieträgerbereitstellung, verwendet wurden.

**Hintergrund-
daten**

Die Berechnung der Ökobilanz erfolgt auf Basis von Daten aus der Ökobilanz-Datenbank GaBi 2009, die innerhalb des Datenupdates 2006 mit aktuellen Energiedaten aktualisiert wurden /Kreissig 1999/.

Die Produktionsdaten der untersuchten Baustoffe stammen aus dem Jahr 2006. Der überwiegende Teil der Daten für die Vorketten, v.a. die Rohstoffe, stammt aus industriellen Quellen, die unter konsistenten zeitlichen und methodischen Randbedingungen erhoben wurden.



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

Datenqualität Die letzte Revision der verwendeten Daten liegt weniger als 5 Jahre zurück.

Allokation Für die thermische Verwertung der Verpackung wurden Strom und Wärme entsprechend dem aktuellen deutschen Strom-und Wärmemix eingesetzt. Weitere Allokationen (d. h. die Zuordnung von Umweltlasten eines Prozesses auf mehrere Produkte) mussten für die untersuchten Produkte in der vorliegenden Ökobilanz nicht vorgenommen werden.

7.3 Darstellung der Bilanzen und Auswertung

Sachbilanz Im folgenden Kapitel wird die Sachbilanz-Auswertung bezüglich der stofflichen und energetischen Ressourcen sowie der entstehenden Abfälle dargestellt.



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

**Primärenergie-
verbrauch**

Über den Lebenszyklus von 1 kg Armiermasse liegt der Primärenergieverbrauch bei 3,206 MJ/kg für Armatop AKS und bei 4,420 MJ/kg für Armatop L Aero.

**Tabelle 7-2: Einsatz von Primärenergie über den Lebenszyklus von 1 kg
Armiermasse in [MJ/kg]**

Primärenergiebedarf (erneuerbar und nicht erneuerbar) [MJ]	Armatop AKS	Armatop L Aero
Gesamt	3,206	4,420
Rohstoffe	2,783	3,995
Produktion	0,18646	0,18646
Verpackung Sackware	0,01416	0,02017
Verpackung Siloware	0,0009361	0,000507
Transport zur Nutzung	0,0427464	0,0428465
Entsorgung Verpackung	-0,01217	-0,017212
Inertstoffdeponie Bauschutt	0,1857	0,1878

Der Primärenergiebedarf ist hauptsächlich von den verwendeten Rohstoffen beeinflusst, wobei hier die Zementherstellung den größten Anteil beansprucht. Die Rohstoffbereitstellung benötigt für Armatop AKS 87 % und für Armatop L Aero 90 % der Primärenergie. Für die Herstellung des zementhaltigeren Armatop L Aero mit seinen Rohstoffen wird 37% mehr Primärenergie aufgewendet als für Armatop AKS. Der Transport sowie die Verpackung der Sack- und Siloware zur Nutzung beeinflusst das Gesamtergebnis kaum. Nur 4 – 6 % des Bedarfs entstehen durch die Produktion einschließlich Verpackungsherstellung.

Der Energieaufwand für die Produktion (ohne Rohstoffe) ist abhängig von der Art der Auslieferung. Die Anteile der Silo- und Sackwaren sind der Tabelle 0-1 zu entnehmen. In dem Produktionsprozess ist auch die Verpackungsherstellung und -entsorgung enthalten. Die Siloverwendung einschließlich Recycling in der Nachnutzungsphase benötigt umgerechnet auf 1 kg Mörtel 0,01 MJ Primärenergie, ausgehend von einer Silonutzungsdauer von 40 Jahren und 200 t Umsatz pro Jahr. Die Herstellung der Säcke aus Polyethylen und Kraftliner benötigt ebenfalls 0,01 MJ je kg Mörtel. Die Primärenergie für die Entsorgung wird für die Herstellung und Unterhaltung der Inertstoffdeponie sowie die Verdichtung durch einen Kompaktor benötigt. Die Verwertung der Verpackung führt zu einer Energiegut-schrift. Bei Sackware wurde das Gewicht der Verpackung für den Primärenergie-bedarf des LKW-Transports eingerechnet.

Der Anteil der regenerativen Energien am gesamten Primärenergieverbrauch liegt zwischen 5 und 11,5 %. Zum einen haben daran die Verpackungsmaterialien Holz und Papier bei Sackware ihren Anteil. Regenerative Energieträger werden außerdem zur Erzeugung von Strom eingesetzt.



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

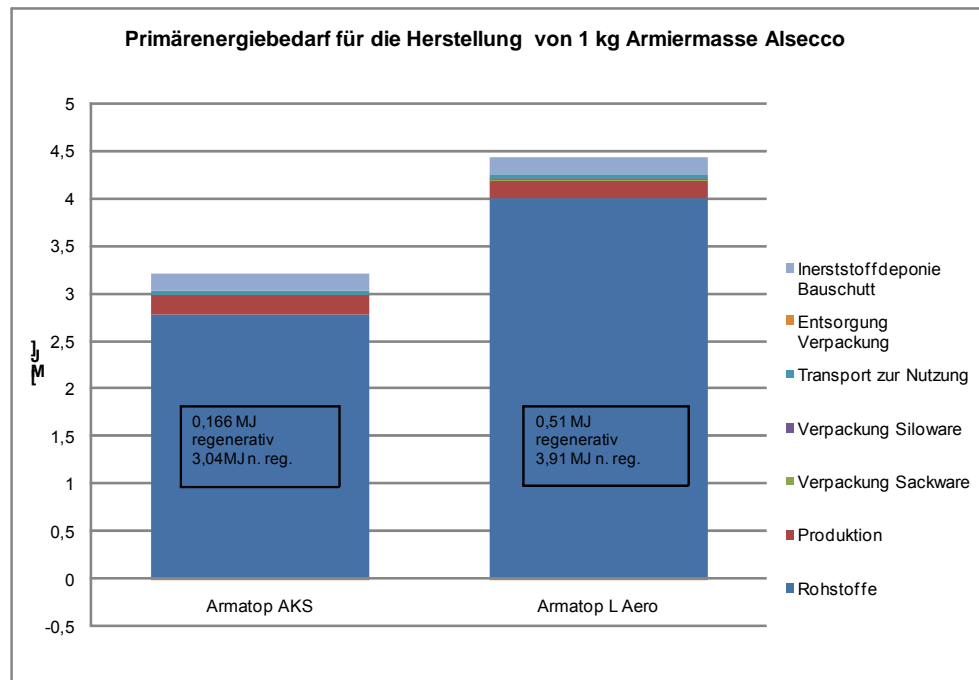


Abbildung 7-1: Primärenergieverbrauch zur Herstellung von 1 kg Armiermasse Armatop in MJ/kg

Abbildung 7-2 zeigt die Art und Aufteilung der nicht regenerativen Energieträger zur Herstellung von 1 kg Armiermasse.

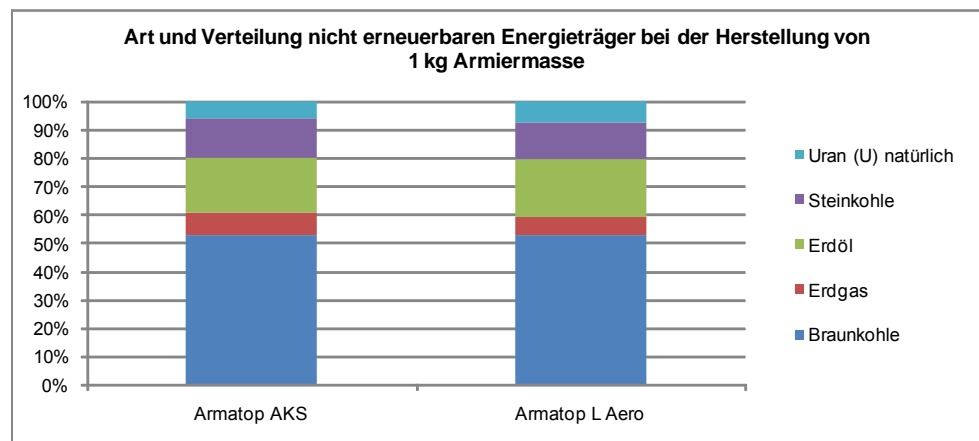


Abbildung 7-2: Verteilung nicht erneuerbarer Energieträger bei der Herstellung von 1 kg Armiermasse Alsecco

Abfälle

Die Auswertung des Abfallaufkommens zur Herstellung von 1 kg Armiermasse wird getrennt für die drei Fraktionen Abraum/Haldengüter (einschließlich Erzaufbereitungsrückstände), ungefährliche Abfälle (Siedlungsabfälle) und gefährliche Abfälle inkl. radioaktive Abfälle dargestellt (Tabelle 7.3).



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

Tabelle 7-3: Abfälle bei der Herstellung von 1 kg Armiermasse Alsecco in kg

Abfallaufkommen	Einheit	Armatop AKS	Armatop L Aero
Abraum/Haldengüter	kg	2,51700	2,09000
Ungefährliche Abfälle	kg	0,00003	0,00014
Gefährliche Abfälle (incl. radioaktive Abfällen)	kg	0,00031	0,00053

Bei Abraum und Haldengütern stellt der Abraum, der vor allem in der Vorkette der Gewinnung von Strom anfällt (Kohleförderung) die größte Abfallmenge dar.

Abfälle der Kategorie ungefährliche Abfälle sind Siedlungsabfälle, hausmüllähnlicher Gewerbemüll, organische Abfälle, interne Chemikalien u. a. Grundsätzlich werden alle Entsorgungsprozesse bis zur endgültigen Deponierung „zu Ende“ modelliert. Daher ist die Menge an ungefährlichen Abfällen gering. Anders verhält es sich mit radioaktiven Abfällen, für die bisher noch kein Szenario für die Endlagerung festgelegt werden konnte. Deshalb erscheinen sie in der Kategorie Gefährliche Abfälle.

Gefährliche Abfälle sind im Wesentlichen Abfälle aus den Vorketten, unter anderem aus der Gewinnung von Strom. Hierunter fallen neben den radioaktiven Abfällen aus der Atomstromgewinnung, Schlacken aus Filteranlagen und Klärschlämme aus der Abwasseraufbereitung.

Wassernutzung

Der Wasserverbrauch über den gesamten Lebenszyklus von 1 kg der Armiermassen beläuft sich bei Armatop AKS auf 1,0053 kg, bei Armatop L Aero auf 2,1582 kg. Der Wasserbedarf wird im Wesentlichen durch die Bereitstellung der Rohstoffe, insbesondere die Zementherstellung beeinflusst.

**Sekundär-
brennstoffe**

Für die betrachteten Armiermassen werden folgende Energiemengen durch Sekundärbrennstoffe (SB) abgedeckt:

Tabelle 7-4: Verbrauch Sekundärbrennstoffe zur Herstellung von 1 kg Armiermasse Alsecco

	SB (nicht regenerativ)	SB (regenerativ)
Armatop AKS	0,23271 MJ	0,082398 MJ
Armatop L Aero	0,23787 MJ	0,084224 MJ

**Wirkungs-
abschätzung**

Die Tabellen 7-4 und 7-5 zeigen die Beiträge der Herstellung von 1 kg Armiermasse zu den Umweltwirkungskategorien abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP), Treibhauspotenzial (GWP) Ozonabbau-potenzial (ODP), Versauerungspotenzial (AP), Eutrophierungspotenzial (EP) und Sommersmogpotenzial (POCP). Die Abbildungen 7-3 und 7-4 zeigen die relativen Beiträge einzelner Prozess-Gruppen gegliedert nach den Gruppen Rohstoffbereitstellung, Produktion und Verpackung (inklusive Entsorgung der Verpackung), Transport zur Nutzung und Entsorgung der Armiermasse auf der Inertstoffdeponie.

Aus den Grafiken 7-3 und 7-4 ist der hohe Einfluss der Rohstoffe auf alle Umweltkategorien deutlich zu erkennen, insbesondere der abiotische Ressourcenbedarf



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

ADP wird signifikant mit durchschnittlich 88-90 % von der Rohstoffbereitstellung, insbesondere von der Zementherstellung, beeinflusst. In der Produktionsphase ist nur der Einfluss auf die Kategorie ODP (Ozonzerstörungspotential) auffällig. Dieser Anteil resultiert aus dem Stromverbrauch während der Produktion. Die Transporte und Verpackung der Materialien spielen insgesamt eine untergeordnete Rolle. Durch das Recyceln der Verpackung ergibt sich eine Stromgutschrift, die sich positiv auf die Kategorie ODP innerhalb der Produktion, auswirkt. Durch die CO₂-Rückbindung in der Nutzenphase ergibt sich eine Gutschrift von 108 g (bei Armatop AKS) und 156 g (bei Armatop L Aero) CO₂-Äquivalenten, diese Gutschrift wird jedoch nicht in die Gesamtbilanz einbezogen. Die Kategorien Versauerungspotential (AP), Eutrophierungspotential (EP) und Ozonbildungspotential in bodennahen Schichten (POCP) werden hauptsächlich wie oben beschrieben von der Rohstoffbereitstellung aber auch von der Entsorgung der Armiermasse in der Nachnutzungsphase beeinflusst, wobei die Rohstoffe ca. 79-83 % und die Entsorgung auf der Inertstoffdeponie ca. 9-16 % der Umweltauswirkungen verursachen.

Tabelle 7-5: Wirkkategorien über gesamten Lebenszyklus – Armatop AKS

Armiermasse Armatop AKS	Rohstoffe	Produktion + Verpackung	Transporte zur Nutzung	Entsorgung	Gesamt
ADP [kg Sb-Äqv.]	1,16E-03	6,28E-05	2,05E-05	8,05E-05	1,32E-03
GWP [kg CO ₂ -Äqv.]	2,50E-01	1,48E-02	3,05E-03	2,10E-02	2,89E-01
ODP [kg R11-Äqv.]	6,63E-09	1,27E-09	5,06E-12	1,80E-10	8,08E-09
AP [kg SO ₂ -Äqv.]	4,80E-04	2,03E-05	1,83E-05	8,98E-05	6,08E-04
EP [kg Phosphat-Äqv.]	8,76E-05	8,22E-06	3,16E-06	1,19E-05	1,11E-04
POCP [kg Ethen-Äqv.]	7,10E-05	2,36E-06	1,50E-06	1,43E-05	8,92E-05

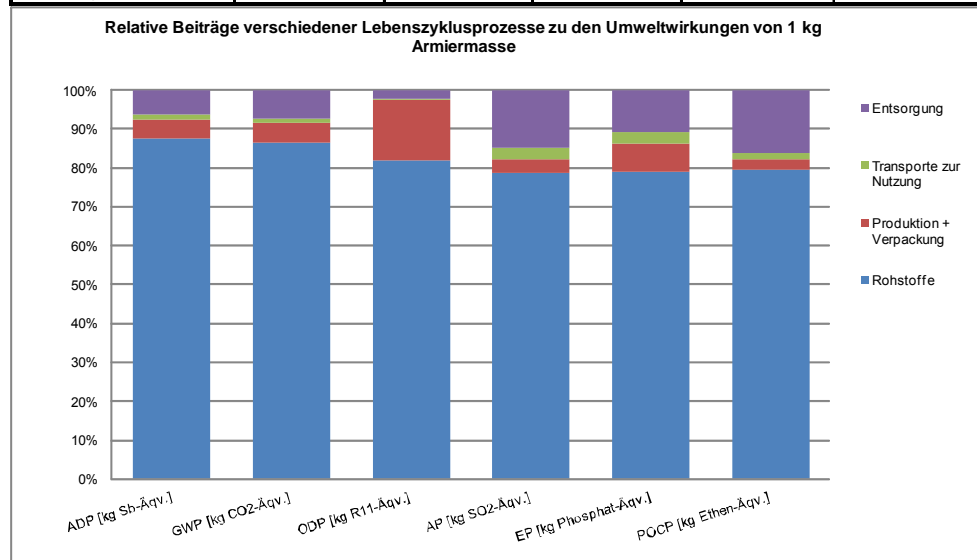


Abbildung 7-3: Relative Beiträge verschiedener Lebenszyklusprozesse zu den Umweltwirkungen von 1 kg Armiermasse Armatop AKS



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

Tabelle 7-6: Wirkkategorien über gesamten Lebenszyklus – Armatop L Aero

Armiermasse Armatop L Aero	Rohstoffe	Produktion + Verpackung	Transporte zur Nutzung	Entsorgung	Gesamt
ADP [kg Sb-Äqv.]	1,54E-03	6,28E-05	2,05E-05	8,14E-05	1,70E-03
GWP [kg CO ₂ -Äqv.]	3,26E-01	1,47E-02	3,05E-03	2,13E-02	3,65E-01
ODP [kg R11-Äqv.]	9,51E-09	1,23E-09	5,06E-12	1,82E-10	1,09E-08
AP [kg SO ₂ -Äqv.]	6,25E-04	2,07E-05	1,83E-05	9,08E-05	7,55E-04
EP [kg Phosphat-Äqv.]	1,16E-04	8,32E-06	3,17E-06	1,20E-05	1,39E-04
POCP [kg Ethen-Äqv.]	8,84E-05	2,42E-06	1,50E-06	1,44E-05	1,07E-04

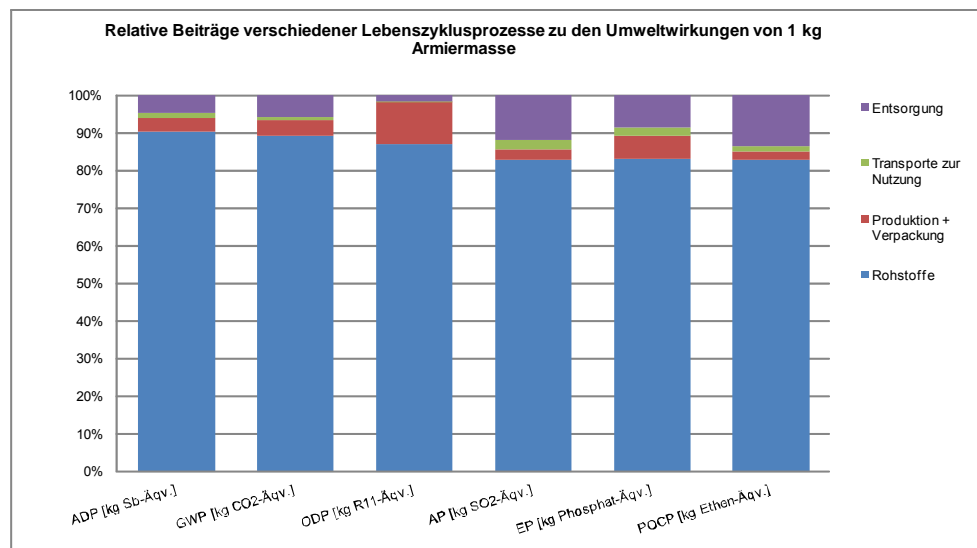


Abbildung 7-4: Relative Beiträge verschiedener Lebenszyklusprozesse zu den Umweltwirkungen von 1 kg Armiermasse Armatop L Aero



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

Nutzung

Mineralische Werkmörtel karbonatisieren während der Nutzungsphase vollständig innerhalb weniger Jahre. Das bei der Entsäuerung von Kalkstein (CaCO_3) während der Kalk- und Zementherstellung freigesetzte CO_2 wird dabei wieder eingebunden und führt zu einer Festigkeitssteigerung. Abbildung 7-5 zeigt die CO_2 -Bilanzen für Armierungsputz, aufgedgliedert in die einzelnen Lebenszyklusphasen.

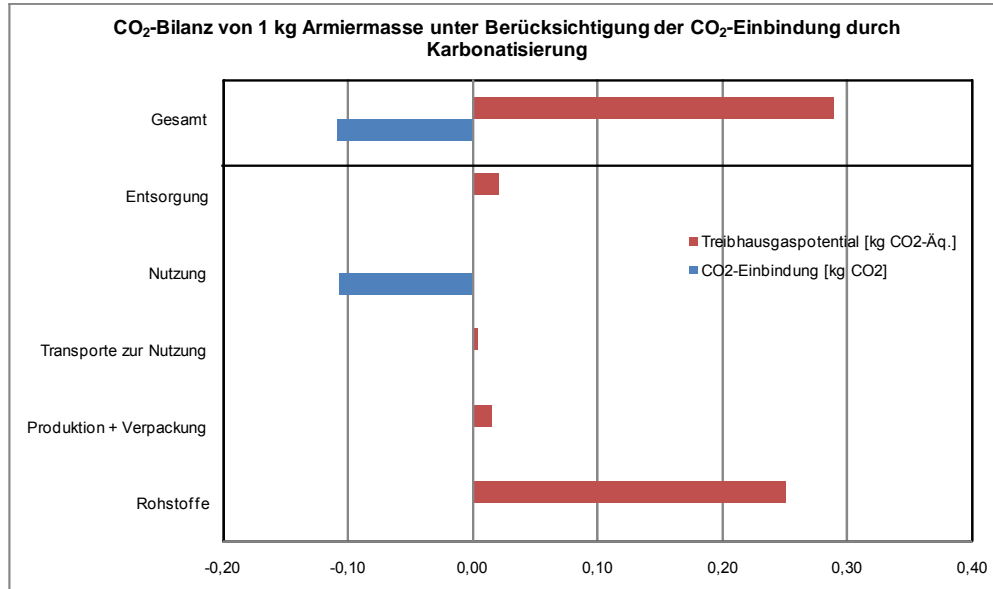


Abbildung 7-5: CO₂-Bilanz von 1 kg Armiermasse Armatop AKS unter Berücksichtigung der CO₂-Rückbindung durch Karbonatisierung

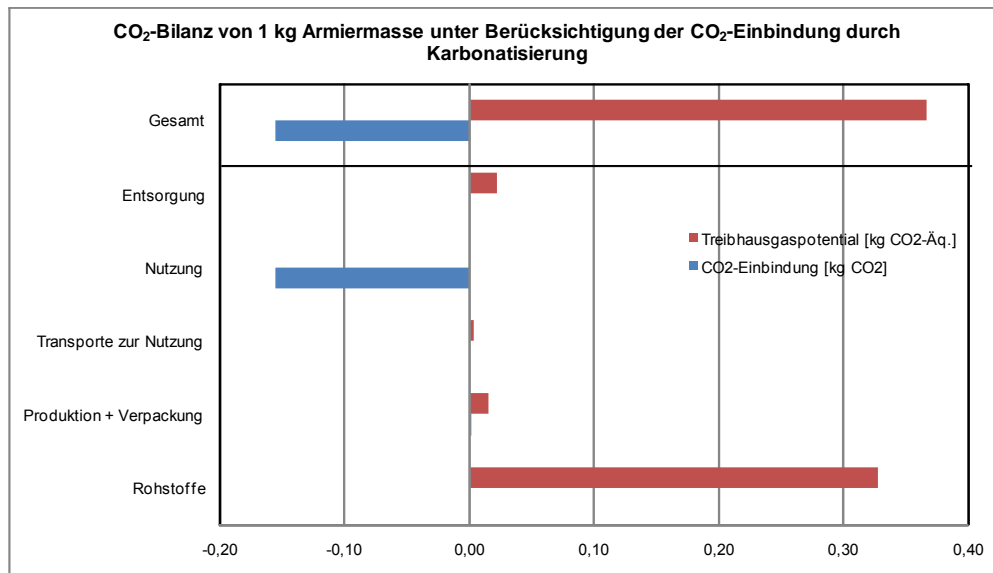


Abbildung 7-6: CO₂-Bilanz von 1 kg Armiermasse Armatop L Aero unter Berücksichtigung der CO₂-Rückbindung durch Karbonatisierung

Da die Lebensdauer von Bauprodukten von der jeweiligen Konstruktion, der Nutzungssituation, dem Nutzer selbst, Unterhalt und Wartung usw. abhängig ist, erfolgt im Rahmen der Produktdeklaration keine Betrachtung dieses Lebenszyklusstadiums über die Karbonatisierung hinaus.



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

8 Nachweise

Alle Nachweise die Innenraumlufte betreffend sind nicht relevant, da die beschriebene Armiermasse nur für die Anwendung im Außenbereich vorgesehen ist.

9 PCR-Dokument und Überprüfung

Diese Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument „Mineralische Werkmörtel“, 2006-07.

Review des PCR-Dokuments durch den Sachverständigenausschuss. Vorsitzender des SVA: Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Universität Stuttgart, IWB)
Unabhängige Prüfung der Deklaration gemäß ISO 14025: <input type="checkbox"/> intern <input checked="" type="checkbox"/> extern
Validierung der Deklaration: Dr. Eva Schmincke



Produktgruppe, PCR
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Mineralische Werkmörtel
Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn Stiftung & Co KG
EPD-DAW-2009121-D

Erstellung
12-10-2009

10 Literatur

- CML 2002** Guinee, J.B. (Hrsg.) : Handbook on Life Cycle Assessment – Operational Guide to the ISO Standards, Boston Kluwer Academic Publishers, 2002
- DAW 2009** Deutschen Amphibolin-Werke, www.alsecco.de, 2009
- DIN 4102-1** DIN 4102-1: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, 1998
- DIN EN 13501** DIN EN 13501: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten; Deutsche Fassung EN 13501-1:2007
- DIN EN 197-1** DIN EN 197-1: Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen, und Konformitätskriterien von Normalzement, Änderung A2 (Zement mit hohem Sulfatwiderstand); Deutsche Fassung EN 197-1:2000/prA2:2006
- DIN EN 459** DIN EN 459: Baukalk - Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 459-1:2001
- DIN EN ISO 16000-1** Innenraumluftverunreinigungen - Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie (ISO 16000-1:2004); Deutsche Fassung EN ISO 16000-1:2006
- DIN EN ISO 16000-11** Innenraumluftverunreinigungen - Teil 11: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen - Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke (ISO 16000-11:2006); Deutsche Fassung EN ISO 16000-11:2006
- DIN EN ISO 9001** DIN EN ISO: Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen, 2008
- DIN V 18550** DIN V 18550: Putz und Putzsysteme – Ausführung, 2005
- Eyerer & Reinhardt 2000** Eyerer, P.; Reinhardt, H.-W (Hrsg.): Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden - Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung. Birkhäuser Verlag Basel, 2000
- GaBi 2009** GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. LBP, Universität Stuttgart und PE INTERNATIONAL GmbH, Leinfelden-Echterdingen, 2009
- IBU 2006** Leitfaden für die Formulierung der produktgruppen-spezifischen Anforderungen der IBU-Umweltproduktdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte, www.bau-umwelt.com; 2006
- ISO 14025 2005** ISO DIN 14025: Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures, 2005
- ISO 14040 2006** ISO DIN 14040 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework, 2006
- ISO 14044 2006** ISO DIN 14044 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines; 2006
- Kreissig 1999** J. Kreißig und J. Kümmel (1999): Baustoff-Ökobilanzen. Wirkungsabschätzung und Auswertung in der Steine-Erden-Industrie. Hrsg. Bundesverband Baustoffe Steine + Erden e.V.
- TASi 1993** Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz) vom 14. Mai 1993
(BAnz. Nr. 99a vom 29.05.1993)
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/tasi_ges.pdf
- VDZ 2004** Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2004 / Verein Deutscher Zementwerke e. V. - Düsseldorf, 2005



Institut Bauen
und Umwelt e.V.

Herausgeber:

Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)

Rheinufer 108

53639 Königswinter

Tel.: 02223 296679-0

Fax: 02223 296679-1

E-Mail: info@bau-umwelt.com

Layout:

PE INTERNATIONAL GmbH

Bildnachweis:

Titelbilder: Deutsche Amphibolin-Werke von Robert Murjahn
Stiftung & Co KG