
Umweltproduktdeklaration offener, warmgewalzter Stahlprofile nach SN EN15804

Projektbericht

Autoren

Franziska Wyss, Rolf Frischknecht

Auftraggeber

Stahlbau Zentrum Schweiz SZS

SZS Stahlbau Zentrum Schweiz
Centre suisse de la construction métallique
Centro svizzero per la costruzione in acciaio

Uster, 13. Juni 2014

Impressum

| | |
|---------------------|--|
| Titel | Umweltproduktdeklaration offener, warmgewalzter Stahlprofile nach SN EN15804 |
| Autoren | Franziska Wyss, Rolf Frischknecht Treeze Ltd., fair life cycle thinking Kanzleistr. 4, CH-8610 Uster www.treeze.ch Phone +41 44 940 61 91, Fax +41 44 940 61 94 info@treeze.ch |
| Kunde | Stahlbau Zentrum Schweiz SZS |
| Copyright | All content provided in this report is copyrighted, except when noted otherwise. Such information must not be copied or distributed, in whole or in part, without prior written consent of treeze Ltd. or the customer. A provision of this report or of files and information from this report on other websites is not permitted. Any other means of distribution, even in altered forms, require the written consent. Any citation naming treeze Ltd. or the authors of this report shall be provided to the authors before publication for verification. |
| Liability Statement | Information contained herein have been compiled or arrived from sources believed to be reliable. Nevertheless, the authors or their organizations do not accept liability for any loss or damage arising from the use thereof. Using the given information is strictly your own responsibility. |
| Version | 485-Hintergrundbericht-EPD-Walzstahl-v8.0.docx, 6/14/2016 12:32:00 PM, this version contains new information and findings and replaces previous versions. |

Abkürzungen und Glossar

| | |
|------|---|
| a | Jahr |
| CED | Kumulierter Energiebedarf, siehe KEA (engl. cumulative energy demand) |
| CH | Schweiz |
| EAF | Lichtbogenofen (engl. electric arc furnace) |
| EPD | Umweltproduktdeklaration (engl. environmental product declaration) |
| GLO | Globaler Durchschnitt |
| GWP | Treibhauspotential (engl. global warming potential) |
| KBOB | Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes |
| KEA | Kumulierter Energiebedarf |
| LCA | Ökobilanz (engl. life cycle assessment) |
| LCI | Sachbilanz (engl. life cycle inventory analysis) |
| LCIA | Wirkungsabschätzung (engl. life cycle impact assessment) |
| MJ | Megajoule |
| RER | Europa |
| tkm | Tonnenkilometer, Einheit für Transport |
| UBP | Umweltbelastungspunkte |

Inhalt

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | EINFÜHRUNG | 1 |
| 1.1 | Zieldefinition | 1 |
| 1.2 | Systemgrenzen | 2 |
| 1.3 | Allokation | 3 |
| 1.4 | Abschneidekriterien | 3 |
| 1.5 | Zeitliche und geographische Gültigkeit | 4 |
| 1.6 | Wirkungskategorien | 4 |
| 1.7 | Datenquellen und Datenqualität | 5 |
| 1.8 | Geltende Normen und Wegleitungen betreffend Stahlbau | 6 |
| 2 | SACHBILANZ | 8 |
| 2.1 | Produktion von Walzstahl | 8 |
| 2.2 | Rohstoffbereitstellung | 8 |
| 2.2.1 | Roh-, Hilfs- und Zusatzstoffe | 8 |
| 2.3 | Transport Zulieferung (Modul A2) | 10 |
| 2.4 | Herstellung (Modul A3) | 10 |
| 2.4.1 | Energiebedarf | 10 |
| 2.4.2 | Wasserbedarf und –verbrauch (Modul A3) | 11 |
| 2.4.3 | Verpackung | 12 |
| 2.4.4 | Landnutzung (Modul A3) | 12 |
| 2.4.5 | Produktionsabfälle und Nebenprodukte (Modul A3) | 13 |
| 2.4.6 | Emissionen (Modul A3) | 14 |
| 2.5 | Transport Auslieferung (Modul A4) | 16 |
| 2.6 | Entsorgungsphase (Module C1 bis C4) | 17 |
| 2.7 | Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenzen (Modul D) | 17 |
| 3 | WIRKUNGSABSCHÄTZUNG | 19 |
| 3.1 | Übersicht | 19 |
| 3.1.1 | Umweltbelastungen | 22 |
| 3.1.2 | Ressourcenverbrauch | 23 |
| 3.2 | Unsicherheitsanalyse | 24 |

| | | |
|-----|---|----|
| 3.3 | Zusätzliche Umweltinformationen: Umweltindikatoren gemäss KBOB 2009/1 | 25 |
| 4 | FOLGERUNGEN | 28 |
| | REFERENZEN | 29 |

1 Einführung

Der vorliegende Bericht dokumentiert als Hintergrundbericht nach ISO EN 14025 (DIN.EN.ISO.14025 2011) die Datengrundlage und die Berechnung der Ökobilanzindikatoren gemäss SN EN 15804:2012-04 (EN 15804 2012) zur Erstellung einer Umweltproduktdeklaration (EPD) für in der Schweiz nachgefragte offene, warmgewalzte Stahlprofile.

Der Hintergrundbericht enthält alle Daten und Informationen, die zur Verifizierung der in der EPD veröffentlichten Angaben notwendig sind und in SN EN 15804 gefordert werden. Er ist Teil der öffentlichen Kommunikation.

Die Umweltproduktdeklaration ist gültig für die offenen, warmgewalzten Stahlprofile der für die Schweiz produzierenden Werke Stahl Gerlafingen AG, Stahlwerk Thüringen GmbH, Peiner Träger GmbH, ArcelorMittal Differdange und ArcelorMittal Esch-Belval.

Die Umweltproduktdeklaration wurde durch das Stahlbau Zentrum Schweiz (SZS) in Auftrag gegeben und durch Treeze Ltd. erarbeitet. Die Produktdeklaration wurde gemäss den Anforderungen der SN EN 15804 (EN 15804 2012) durchgeführt. Die EPD ist in erster Linie für die "business to business" Kommunikation vorgesehen; die EPD kann aber auch an interessierte Konsumenten im Sinne einer „business to consumer“ Kommunikation abgegeben werden.

1.1 Zieldefinition

Das Stahlbau Zentrum Schweiz SZS hat die Ökobilanz über offene Walzstahlprofile als Durchschnittswerte aus fünf verschiedenen europäischen Werken in Auftrag gegeben. Das Ziel dieser Ökobilanz ist es, eine verifizierbare und konsistente Grundlage für die Umweltproduktdeklaration von offenen, warmgewalzten Stahlprofilen gemäss SN EN 15804:2012-04 zu erstellen. Diese Umweltproduktdeklaration schafft die Basis für die Beschreibung und Beurteilung von Gebäuden und anderen Bauwerken und ermöglichen diejenigen zu identifizieren, die geringere Umweltbelastungen verursachen (EN 15804 2012).

Die Daten stammen von fünf Stahl- und Walzwerken in der Schweiz und in Europa und wurden mittels Fragebogen erhoben. Die Datengrundlage für diese Studie stammt aus den Jahren 2008-2012. Fehlende Grössen wurden mit Literaturangaben und Expertenschätzungen ergänzt. Die deklarierte Einheit dieser Studie ist **1 kg offene, warmgewalzte Stahlprofile** d.h. im Sinne dieses Dokumentes warmgewalzte Langstahlprodukte (offene Profile, Stab-, Flach- und Breitflachstähle < 600 mm) für den Stahl- und Anlagenbau aus Elektrostahlerzeugung, verwendet auf dem Schweizer Markt (Durchschnittswert) ab Regionallager. Die Durchschnittsdaten entsprechen dem mit dem Schweizer Absatzvolumen gewichteten Mittelwert von fünf an diesem Projekt beteiligten Produzenten.

Die neu erhobenen Daten über offene, warmgewalzte Stahlprofile werden in die nächste Version der KBOB Liste 2012 einfliessen, welche voraussichtlich im 2. Quartal 2014 publiziert wird.

1.2 Systemgrenzen

Die untersuchten Phasen des Lebenszyklus sind die Bereitstellung der Rohstoffe (Modul A1), die Zuliefertransporte (Modul A2), die Herstellung der offenen, warmgewalzten Stahlprofile (Modul A3) sowie deren Transport zum Regionallager nicht aber derjenige zum Endkunden (Modul A4). Der Einbau (Modul A5) und die Nutzungsphase (Modul B1-B5) werden nicht untersucht. Die Aufwendungen des Abbruchs (Modul C1) werden auf Grund der geringen Bedeutung vernachlässigt. Der beim Rückbau und Abbruch wiedergewonnene Stahl wird weitestgehend recycelt oder wiederverwendet und wird als Sekundärmaterial zur Herstellung neuer Stahlprodukte eingesetzt. Für Stahlschrott wird angenommen, dass er in Modul C1 das Ende des Abfallstatus erreicht. Die Aufwendungen der Module C2 bis C4 der Entsorgungsphase werden deshalb nicht betrachtet.

Gemäss SN EN 15804 werden Sammlung und Aufbereitung des Netto-Outputflusses an Sekundärstahl nach Ablauf der Nutzungsdauer der offenen, warmgewalzten Stahlprofile wie auch die mit dem Recycling erzielbaren Gutschriften im Modul D bilanziert.

Das Modul D (Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenze) wird wie folgt berücksichtigt: die Materialverluste, welche bei Produktion und Entsorgung des offenen, warmgewalzten Stahlprofils entstehen, werden mit Primärstahl kompensiert (Lastschrift). Ein Teil der offenen, warmgewalzten Stahlprofile wird nach dem Rückbau als Stahlprofile wiederverwendet. Diese Stahlprofile werden also nicht erst wieder eingeschmolzen und aufgearbeitet. Für diesen Anteil wird ebenfalls eine Gutschrift in der Höhe der Produktionsaufwendungen von offenen, warmgewalzten Stahlprofilen aus Stahlschrott erstellt (siehe auch Unterkapitel 2.7).

Es handelt sich also um eine Umweltproduktdeklaration „von der „Wiege“ bis zum Werkstor mit Optionen“. Tab. 1–1 zeigt die untersuchten und die nicht berücksichtigten Lebensphasen auf.

Gemäss den Anforderungen der Norm SN EN 15804 wird der Transport innerhalb der verschiedenen Produktlebensphasen einzeln ausgewiesen. Innerhalb der Produktionsphase können die Prozesse Rohmaterialinput, Transport und Aufwendungen für die Produkteherstellung ebenfalls einzeln ausgewiesen werden.

Zusammengefasst bedarf die Herstellung von Walzstahlprodukten Rohmaterial (Primär- oder Sekundärmaterial, Modul A1), Transport dieser Materialien zum Werk (Modul A2), die Herstellung (Modul A3) sowie Transport zum Regionallager (hier dem Modul A4 zugeordnet).

1. Einführung

Tab. 1–1 Systemgrenzen der Umweltproduktdeklaration (EPD) gemäss SN EN 15804. ‚x‘ bezeichnet die in der EPD einbezogenen Phasen, ‚-‘ die nicht berücksichtigten Phasen.

| Herstellungsphase | | | Errichtungsphase | | Nutzungsphase | | | | | | Entsorgungsphase | | | | Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenze |
|------------------------|-----------|-------------|------------------|------------|---------------|----------------|-----------|--------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------|---|--|
| Rohstoffbereitstellung | Transport | Herstellung | Transport | Bau/Einbau | Nutzung | Instandhaltung | Reparatur | Ersatz | Umbau/Erneuerung | Abbruch | Transport | Abfallbewirtschaftung | Deponierung | | |
| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | C1 | C2 | C3 | C4 | D | |
| x | x | x | x* | - | - | - | - | - | - | x | - | - | - | x | |

* zum Regionallager

1.3 Allokation

Allokation definiert die Zuordnung von Inputs und Outputs eines Prozesses innerhalb des untersuchten Systems oder zu anderen Produktesystemen. Allokation tritt auf, wenn ein Produkt oder ein Prozess mehrere Outputs liefert (Multi-Output Prozess) und in der Entsorgungsphase (zum Beispiel Recycling, Abfallverbrennung etc.). Die verwendeten Hintergrunddaten (ecoinvent Datenbestand Version 2.2) wenden ökonomische oder physikalische Eigenschaften für die Allokation an.

Der Energie- und Materialbedarf sowie die Infrastruktur werden gemäss dem Produktionsvolumen offener Stahlprofile alloziert. Sämtliche Aufwendungen der Herstellung werden auf Basis der Produktionsmengen (Tonnen) von Walzstahl (warmgewalzte, offene Walzstahlprofile, andere) zugeordnet. Es entstehen keine weiteren Koppelprodukte. Es muss daher keine weitere Produkt-Allokation vorgenommen werden.

1.4 Abschneidekriterien

Sämtliche relevanten und verfügbaren Daten werden in die Studie miteinbezogen und sämtliche bekannten Inputs und Outputs werden berücksichtigt.

Gemäss der Norm SN EN 15804 müssen die Summen der vernachlässigten oder nicht berücksichtigten Daten die Abschneidekriterien von 1 % des nicht erneuerbaren Einsatzes von Primärenergie und 1 % der Gesamtmasse des jeweiligen Einheitsprozesses einhalten. Die Gesamtsumme aller vernachlässigten Inputs darf 5 % des Energie- und Masseinsatzes nicht übersteigen. Diese Bedingungen sind hier eingehalten.

Die folgenden Grössen werden auf Grund ihres geringen Beitrages nicht berücksichtigt:

- Abbruchaufwendungen am Ende der Nutzungsdauer (Modul C1)
- Produktionsmaschinen in den Werken
- Lagerung in den Regionallagern
- Abfälle bei der Errichtung der Werksgebäude

1.5 Zeitliche und geographische Gültigkeit

Dieser Hintergrundbericht zur EPD beschreibt die Umweltauswirkungen der Herstellung warmgewalzter, offener Stahlprofile, welche in Europa produziert und in der Schweiz verwendet werden. Der geographische Raum bezieht sich somit auf die Schweiz. Die Daten sind aktuell und umfassen die Produktion und die Distribution zum Schweizer Regionallager von 2008-2012.

1.6 Wirkungskategorien

Entsprechend den Vorgaben der SN EN 15804 werden die folgenden Indikatoren zur Beurteilung der Umweltbelastung herangezogen:

- Globale Erwärmung
- Ozonabbau
- Versauerung von Boden und Wasser
- Eutrophierung (Anreicherung von Nährstoffen / Überdüngung) ohne Berücksichtigung der Langzeitemissionen
- Photochemische Ozonbildung
- Verknappung von abiotischen Ressourcen (Stoffe)
- Verknappung von abiotischen Ressourcen (fossile Energieträger).

Die Charakterisierungsfaktoren für die vorgenannten Indikatoren entsprechen den Vorgaben der SN EN 15804 und basieren auf den von CML (Institute of Environmental Sciences Faculty of Science Universität Leiden, Niederlande) publizierten Faktoren. Der Charakterisierungsfaktor für die Verknappung von abiotischen Ressourcen (fossile Energieträger) ist der jeweilige untere Heizwert am Ort der Gewinnung des fossilen Brennstoffs (EN 15804 2012). Langzeitemissionen werden nicht berücksichtigt (beispielsweise Stickstoff-Emissionen von Berghalden des Braunkohleabbaus).

Weiter werden die von der SN EN 15804 geforderten Parameter zur Beschreibung des Ressourcenverbrauchs, sowie Umweltinformationen, die verschiedene Abfallkategorien und Output-Flüsse beschreiben, dargestellt.

Zusätzlich werden die Indikatoren gemäss KBOB-Empfehlung 2012 (KBOB et al. 2012) analysiert und ausgewiesen:

- Treibhauspotential (kg CO₂ eq, IPCC 2013)
- Gesamtumweltbelastung (UBP, Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Frischknecht & Büsler Knöpfel 2013))
- Kumulierter Energieaufwand, unterschieden in erneuerbare und nicht erneuerbare Energien (MJ Öl eq, Frischknecht et al. 2007)

Der kumulierte Energieaufwand wird anhand des oberen Heizwerts ermittelt. Dies unterscheidet sich zu den entsprechenden Indikatoren gemäss SN EN 15804, in welchen der untere Heizwert verwendet wird.

Die überarbeitete, aktualisierte Methode der ökologischen Knappheit 2013 ist der sich laufend ändernden Emissionssituation, neuen gesetzlichen und politischen Rahmenbedingungen sowie neuen Erkenntnissen angepasst. Es wurden die Datengrundlagen der bestehenden Ökofaktoren aktualisiert, neue Ökofaktoren für Verkehrslärm, für persistente organische Schadstoffe und für metallische und mineralische Ressourcen eingeführt, die Herleitung der Ökofaktoren für Landnutzung und radioaktive Abfälle an neue wissenschaftliche Erkenntnisse angepasst sowie die Methode entsprechend der Ausweisung von themenorientierten Zwischenergebnissen weiterentwickelt (Frischknecht & Büsler Knöpfel 2013). Es sind daher Unterschiede in den Resultate der Methode der ökologischen Knappheit 2006 und 2013 zu erwarten.

1.7 Datenquellen und Datenqualität

Die Daten wurden von fünf europäischen Stahlproduzenten, welche die Schweiz mit warmgewalzten, offenen Stahlprofilen beliefern, zu Verfügung gestellt. Die Firmen decken ca. 90 % des Marktanteils von offenen Walzstahlprofilen in der Schweiz ab¹.

In dieser Studie werden horizontal aggregierte Daten aller Produzenten verwendet. Die Daten wurden von den Produzenten in den Jahren 2008-2012 erhoben und entsprechen dem aktuellen Stand der Produktion von warmgewalzten, offenen Stahlprofilen. Für die Datenaggregation wurden nach Produktionsvolumina gewichtete Mittelwerte derjenigen Werke gebildet, welche Daten ausgewiesen haben. Die Daten werden als zutreffend und vollständig erachtet.

Sämtliche Daten zur Produktion, zu Mengenangaben, zu Abfall- und Emissionswerten, zu den Transportdistanzen, zu den Energieverbräuchen und zu den Arealgrössen stammen von den Stahlwerken. Die Transportleistungen (Auslastung Verkehrsmittel, Dieselverbrauch und Emissionen) und die Energieträgerbereitstellung (Brennstoffe und Strom) wurden mit Hintergrunddaten (ecoinvent Datenbestand Version 2.2) modelliert.

¹ Angabe Stahlbauzentrum Schweiz SZS, Basis 2012, 1.8.2013

1.8 Geltende Normen und Wegleitungen betreffend Stahlbau

Betreffend Stahlbauten sind in der Schweiz die folgenden Normen (Swisscodes) massgebend für die Projektierung und Berechnung von Stahlbauten:

- Norm SIA 260 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- Norm SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke
- Norm SIA 263 Stahlbau
- Norm SIA 263/1 Stahlbau - Ergänzende Festlegungen
- Norm SIA 264 Stahl-Beton-Verbundbau
- Norm SIA 264/1 Stahl-Beton-Verbundbau - Ergänzende Festlegungen
- Norm SIA 118/263 Allgemeine Bedingungen für Stahlbau

In den Normen SIA 263 und SIA 263/1 wird auf weitere, speziell relevante Normen insbesondere Produktnormen, Qualitätsanforderungen, Masstoleranzen, Ausführungsnormen wie Eurocodes (für Stahlbau speziell Eurocode 3) und zugehörige Normen hingewiesen.

Spezielle Europäische Normen (Produktion und Lieferung):

- SN EN 10021 Allgemeine technische Lieferbedingungen für Stahlerzeugnisse
- SN EN 10025 Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Technische Lieferbedingungen, (Teile 1 bis 6)
- SN EN 10024 I - Profile mit geneigten inneren Flanschflächen - Grenzabmasse und Formtoleranzen
- SN EN 10034 I- und H-Profile aus Baustahl - Grenzabmasse und Formtoleranzen
- SN EN 10055 Warmgewalzter gleichschenkliger T-Stahl mit gerundeten Kanten und Übergängen – Masse, Grenzabmasse und Formtoleranzen
- SN EN 10056 Gleichschenklige und ungleichschenklige Winkel aus Stahl – Masse, Grenzabmasse und Formtoleranzen, (Teile 1 und 2)
- SN EN 10163 Lieferbedingungen für die Oberflächenbeschaffenheit von warmgewalzten Stahlerzeugnissen, (Teile 1 bis 3)
- SN EN 10279 Warmgewalzter U-Profilstahl - Grenzabmasse, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse

1. Einführung

- SN EN 10058 Warmgewalzte Flachstähle aus Stahl für allgemeine Verwendung - Masse, Formtoleranzen und Grenzabmasse
- DIN 59200 Flacherzeugnisse aus Stahl - Warmgewalzter Breitflachstahl - Maße, Masse, Grenzabmasse, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse
- DIN 1025 Warmgewalzte I-Träger - Maße, Masse, statische Werte, Teile 1-5
- DIN 1026 Warmgewalzter U-Profilstahl - Maße, Masse und statische Werte, Teile 1 und 2

Fallweise sind auch die Normen der American Society for Testing and Materials (ASTM) sowie die Normen EN 1090 -1 und 1090 - 2 anwendbar.

2 Sachbilanz

2.1 Produktion von Walzstahl

Zur Produktion von Walzstahlprofilen wird das Rohmaterial (Sekundärmaterial in Form von 100 % Stahl- und Eisenschrott) im Schmelzwerk und der Stranggussanlage sortiert, eingeschmolzen, legiert und zu Halbzeug geformt. Dieses dient als Vormaterial für Profile, Walzbleche und Bänder. In der Walzstrasse wird der Walzstahl erhitzt, gewalzt, geschnitten und als Profile fertig gestellt.

Neben den warmgewalzten, offenen Stahlprofilen werden in einzelnen Stahlwerken auch Betonstahl und kalt gewalzte Produkte hergestellt. Die Gesamtproduktion der untersuchten Werke für den Schweizer Markt beträgt total 121'336 t offene Walzstahlprofile. Die verwendeten Prozesse sind in den Kapiteln 2.2 bis 2.6 detailliert aufgeführt.

2.2 Rohstoffbereitstellung

2.2.1 Roh-, Hilfs- und Zusatzstoffe

Die folgende Tab. 2-1 gibt Auskunft über die Mengen an Rohstoffen und Materialien sowie benötigte Hilfs- und Zusatzstoffe zur Fertigung von 1 kg warmgewalzten, offenen Stahlprofilen (Module A1 und A3). Es handelt sich um Durchschnittswerte, die aus den Herstellerdaten, gewichtet mit dem Marktanteil der Hersteller, ermittelt werden. Als Metallinput wird ausschliesslich Sekundärstahl (Schrott) verwendet. Im Durchschnitt werden 1.1 kg externer Stahlschrott eingesetzt, um 1 kg warmgewalzte offene Stahlprofile herzustellen.

2. Sachbilanz

Tab. 2–1 Durchschnittlicher Materialbedarf für die Produktion von 1 kg warmgewalztem, offenem Stahlprofil

| Material | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Menge |
|------------------------------------|---------|--|----------|
| Rohstoffe | | | |
| Sekundärstahl und Brammen (extern) | kg | iron scrap, at plant, RER | 1.10 |
| Zusatzstoffe | | | |
| Aluminium | g | aluminium, production mix, at plant, RER | 0.198 |
| Aluminiumsulfat | g | aluminium sulphate, powder, at plant, RER | 1.24E-06 |
| Anthrazit | g | hard coal mix, at regional storage, UCTE | 5.232 |
| Calciumcarbid CaC ₂ | g | calcium carbide, technical grade, at plant, RER | 0.047 |
| Deckpulver | g | chemicals inorganic, at plant, GLO | 0.239 |
| Elektrode | g | anode, aluminium electrolysis, RER | 1.379 |
| Ferro-Chrom | g | ferrochromium, high-carbon, 68% Cr, at regional storage, RER | 0.099 |
| Ferro-Mangan | g | ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn, at regional storage, RER | 4.036 |
| Ferro-Niobium | g | rare earth concentrate, 70% REO, from bastnasite, at beneficiation, CN | 0.069 |
| Ferro-Silicium | g | ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn, at regional storage, RER | 3.450 |
| Ferro-Titan | g | ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn, at regional storage, RER | 0.017 |
| Ferro-Vanadium | g | ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn, at regional storage, RER | 0.050 |
| Feuerfestes Material | g | refractory, fireclay, packed, at plant, DE | 2.009 |
| Giesspulver | g | chemicals inorganic, at plant, GLO | 0.156 |
| Kalk | g | lime, hydrated, loose, at plant, CH | 32.935 |
| Kalziniertes Dolomit | g | dolomite, at plant, RER | 6.379 |
| Kies/Sand | g | silica sand, at plant, DE | 3.600 |
| Natriumchlorid | g | sodium chloride, powder, at plant, RER | 0.045 |
| Salzsäure | g | hydrochloric acid, 30% in H ₂ O, at plant, RER | 0.024 |
| Schwefelsäure 70%ig | g | sulphuric acid, liquid, at plant, RER | 0.016 |
| Silicium Mangan | g | ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn, at regional storage, RER | 7.697 |

Tab. 2–1 Durchschnittlicher Materialbedarf für die Produktion von 1 kg warmgewalztem, offenem Stahlprofil (Fortsetzung)

| Material | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Menge |
|--------------------|----------------|--|---------|
| Hilfsstoffe | | | |
| Argon | g | argon, liquid, at plant, RER | 0.275 |
| Druckluft | m ³ | - (nicht separat bilanziert, weil der Strombedarf für Druckluft bereits in der Gesamtstrommenge enthalten ist) | 0.037 |
| Flockungsmittel | g | chemicals inorganic, at plant, GLO | 1.24E-8 |
| Sauerstoff | g | oxygen, liquid, at plant, RER | 98.760 |
| Schmiermittel | g | lubricating oil, at plant, RER | 0.050 |
| Stickstoff | g | nitrogen, liquid, at plant, RER | 1.403 |

2.3 Transport Zulieferung (Modul A2)

Die Zulieferung der Rohmaterialien zu den Werken erfolgt mittels Bahn- oder Strassen-transport und in einem Fall mit dem Binnenschiff. Die Materialien stammen grösstenteils aus Europa. Legierungselemente und Hilfsstoffe werden teilweise per Schiff eingeführt. In Tab. 2–2 sind die durchschnittlichen Transportleistungen und die jeweiligen Transportmittel aufgeführt.

Tab. 2–2 Transportleistung und -mittel der Zulieferung in die Walzstahlwerke, Angaben pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil

| Transportmittel | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Transportleistung |
|-----------------|---------|--|-------------------|
| LKW | tkm | transport, lorry >16t, fleet average, RER | 0.076 |
| Güterzug | tkm | transport, freight, rail, RER | 0.122 |
| Schiff | tkm | transport, barge, RER | 0.002 |

2.4 Herstellung (Modul A3)

2.4.1 Energiebedarf

Zur Produktion von 1 kg Walzstahl werden in den Werken unterschiedliche Energieträger eingesetzt. Tab. 2–3 zeigt die aggregierten Werte des Energieverbrauchs für die Produktion der warmgewalzten, offenen Stahlprofile. Sämtliche Werke beziehen Elektrizität als Produktionsmix ENTSO-E des Jahres 2008. Die Energieträger wurden anhand des Marktanteils gewichtet.

Tab. 2–3 Durchschnittlicher Energiebedarf für die Produktion von 1 kg warmgewalztem, offenem Stahlprofil

| Energieträger | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Menge |
|--|---------|---|--------|
| Strom (Mittelspannung, ohne Eigenproduktion) | kWh | electricity, medium voltage, production ENTSO, at grid, ENTSO | 0.568 |
| Strom, aus eigenen Kraftwerken (pro Memoria) | kWh | - | 0.001 |
| Erdgas | MJ | natural gas, high pressure, at consumer, RER | 2.644 |
| Heizöl (leicht) | MJ | light fuel oil, at regional storage, RER | 0.0005 |
| Schweröl | MJ | heavy fuel oil, at regional storage, RER | 0.001 |
| Steinkohle | MJ | hard coal mix, at regional storage, UCTE | 0.126 |
| Koks | MJ | hard coal coke, at plant, RER | 0.051 |
| Diesel (inkl. Diesel für interne Transporte) | MJ | diesel, at regional storage, RER diesel, burned in building machine, GLO | 0.008 |

2.4.2 Wasserbedarf und –verbrauch (Modul A3)

Im gewichteten Durchschnitt der untersuchten Stahlproduzenten wird pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil 1.6 Liter Wasser genutzt (ohne Niederschlag). Dabei handelt es sich hauptsächlich um Grund- oder Flusswasser. Die Wasserentnahme wurde detailliert erfasst und im Modell regionalisiert (auf Ebene Kontinente) berücksichtigt. Vom entnommenen Wasser wird ein Grossteil als Kühlwasser genutzt und wieder in einen Fluss abgegeben. Ein weiterer Teil wird einem Kühlkreislauf zugeführt und mehrmals wiederverwendet. Nach dieser sogenannten „Eindickung“ wird das Wasser der betriebseigenen Kläranlage zugeführt und anschliessend in den Vorfluter eingeleitet. Je nach Anlage und Prozessführung verdunstet bis zu 57 % des Wassers. Im gewichteten Durchschnitt verdunstet 20 % des Wassers. Dieser Anteil wird als Wasserverbrauch betrachtet und in der Bilanz dementsprechend berücksichtigt. Tab. 2–4 führt die durchschnittlichen Wasserverbräuche und die Wassernutzung auf.

Tab. 2–4 Durchschnittlicher Wasserzufluss und -abfluss (exklusive Niederschlag) und daraus abgeleiteter Wasserbedarf für die Produktion von 1 kg offenem Walzstahlprofil. Modelliert ist die dissipative Nutzung.

| Wasser | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Menge | Prozentualer Anteil |
|------------------------------------|---------|--|-------|---------------------|
| Wasser total (ohne Niederschlag) | l | - | 1.554 | 100 % |
| Zuflüsse | | | | |
| Wasser (Ressource) | l | Water, unspecified, Europe | 1.554 | 100 % |
| Abflüsse | | | | |
| Kühlwasser | l | - | 0.823 | 53 % |
| Wasser zur Aufbereitung in die ARA | l | - | 0.421 | 27 % |
| Evaporation | l | Water, Europe | 0.310 | 20 % |
| Abfluss total | l | - | 1.554 | 100 % |

2.4.3 Verpackung

Die fertigen Stahlprodukte werden weitertransportiert, in dem Holzbalken als Zwischenschicht zwischen den Stahlprofilen verwendet wird. Pro kg Walzstahl werden ca. 0.15 Gramm Holzbalken benötigt (zugehöriger Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 ist sawn timber, hardwood, planed, kiln dried, u=10%, at plant, RER).

2.4.4 Landnutzung (Modul A3)

Die durchschnittliche Arealfläche der Stahlwerke beträgt bei einer Jahresproduktionskapazität von 1'000'000 Tonnen knapp 90 ha. Davon sind 21 % durch Gebäudeflächen und weitere 12 % durch Strassen und ähnliches versiegelt. 67 % sind unversiegelt und unbebaut. In der Modellierung wurde der Gebäudeinfrastruktur, der Areal-Nutzung sowie der versiegelten und der unversiegelten Fläche Rechnung getragen.

Die Landnutzung wurde als Transformationsprozess von unbekannter Landschaftsart zur Industriezone modelliert. Es wurde eine Lebensdauer der Werke von 80 Jahren angenommen. Weiter wird angenommen, dass die Grundstücke nach Ende der Lebensdauer weiterhin als Industrieareale genutzt werden. Tab. 2–5 fasst die Werte zusammen.

Tab. 2–5 Durchschnittliche Landnutzung und Landumwandlung für die Produktion von 1 kg warmgewalztem, offenem Stahlprofil

| Landnutzung / -umwandlung | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Grösse |
|------------------------------------|------------------|--|-----------|
| Landnutzung, Gebäude | m ² a | Occupation, industrial area, built up | 1.90 E-04 |
| Landnutzung, versiegelte Fläche | m ² a | Occupation, industrial area | 1.09E-04 |
| Landnutzung, unversiegelte Fläche | m ² a | Occupation, industrial area, vegetation | 5.97E-04 |
| Grundfläche Gebäude | m ² | building, hall, CH | 2.38E-06 |
| Landumwandlung zu Industriegebiet | m ² | Transformation, from unknown | 1.12E-05 |
| Landumwandlung von Industriegebiet | m ² | Transformation, to industrial area | 1.12E-05 |

2.4.5 Produktionsabfälle und Nebenprodukte (Modul A3)

Die Produktion von warmgewalzten, offenen Stahlprofilen führt zu diversen Abfällen, welche in Tab. 2–6 festgehalten sind. Der in der Produktion anfallende Stahlschrott wird intern wieder verwendet und ist in der Tabelle nicht aufgeführt. Die verbrauchte Elektrode sowie Zunder, Staub und mineralische Abfälle (inkl. Schlacke) aus dem Lichtbogenofen können in anderen Industriezweigen weiterverwendet werden. Aufgrund des geringen Marktwerts (verglichen mit demjenigen der warmgewalzten, offenen Stahlprofilen), wird keine Allokation vorgenommen, sondern die Annahme getroffen, dass diese Materialien den Abfallstatus bei ihrem Entstehen erreichen.

Tab. 2–6 Anfallender Abfall bei der Produktion von 1 kg warmgewalztem, offenem Stahlprofil

| Abfall | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Menge |
|--|----------------|--|--------------|
| EAF Staub (rezykliert) | g | - | 12.301 |
| EAF mineralische Abfälle (inkl. Schlacke) (rezykliert) | g | - | 124.820 |
| EAF mineralische Abfälle (inkl. Schlacke) (Deponie) | g | disposal, slag, unalloyed electr. steel, 0% water, to residual material landfill, CH | 6.745 |
| Elektrode (rezykliert) | g | - | 0.849 |
| Sonderabfall | g | disposal, used mineral oil, 10% water, to hazardous waste incineration, CH | 0.043 |
| Siedlungsabfall | g | disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration, CH | 0.435 |
| Elektronikabfall | g | disposal, electronics for control units, RER | 0.003 |
| Mineralische Abfälle (inkl. Schlacke) | g | disposal, sludge from steel rolling, 20% water, to residual material landfill, CH | 38.591 |
| Schlamm aus Abwasseraufbereitung | g | disposal, separator sludge, 90% water, to hazardous waste incineration, CH | 0.609 |
| Zunder (rezykliert) | g | - | 21.889 |

2.4.6 Emissionen (Modul A3)

Die Produktion von warmgewalzten, offenen Stahlprofilen führt zu Luftschadstoffemissionen und zu Emissionen ins Wasser. Tab. 2–7 zeigt die durchschnittlichen Luftschadstoffemissionen der untersuchten Werke. In einem Werk wurden die CO₂-Emissionen auf Basis der verwendeten fossilen Energieträger berechnet.

2. Sachbilanz

Tab. 2–7 Luftschadstoff-Emissionen pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil

| Schadstoff | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Menge |
|---|---------|---|----------|
| Abwärme | MJ | Heat, waste | 2.046 |
| Aromatische Kohlenwasserstoffe | mg | Benzene | 0.319 |
| Blei (Pb) | mg | Lead | 0.374 |
| Cadmium (Cd) | mg | Cadmium | 0.008 |
| Chlorwasserstoff (HCl) | mg | Hydrogen chloride | 0.659 |
| Chrom (Cr) | mg | Chromium | 0.030 |
| Dioxin (2,3,7,8,tetrachlorodibenzo-p-dioxin) | mg | Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin | 1.47E-07 |
| Feinstaub PM _{2.5-10} | mg | Particulates, > 2.5 um, and < 10um | 5.266 |
| Feinstaub PM ₁₀ | mg | Particulates, > 10 um | 4.619 |
| Feinstaub PM _{2.5} | mg | Particulates, < 2.5 um | 5.266 |
| Kohlendioxid (CO ₂) | g | Carbon dioxide, fossil | 189.659 |
| Kohlenstoffmonoxid (CO) | g | Carbon monoxide, fossil | 1.405 |
| Kupfer (Cu) | mg | Copper | 0.049 |
| Mangan (Mn) | mg | Manganese | 0.153 |
| Methan | mg | Methane, fossil | 8.173 |
| Nickel (Ni) | mg | Nickel | 0.020 |
| NMVOC | mg | NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin | 46.336 |
| Polychlorinierte Biphenyle (PCB) | mg | Polychlorinated biphenyls | 0.001 |
| Polyzyklische, aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) | mg | PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons | 0.183 |
| Quecksilber (Hg) | mg | Mercury | 0.051 |
| Schwefeldioxid (SO ₂) | mg | Sulfur dioxide | 136.764 |
| Stickoxide (NOx) | mg | Nitrogen oxides | 338.038 |
| Zink (Zn) | mg | Zinc | 3.376 |

Abwasser, welches die Werke verlässt, ist schwach mit Schwermetallen belastet. Tab. 2–8 fasst die Schadstoffemissionen in Oberflächengewässer zusammen.

Tab. 2–8 Schadstoff-Emissionen ins Wasser pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil

| Schadstoff | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Menge |
|-----------------------------------|---------|--|----------|
| AOX | mg | AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl | 0.019 |
| Arsen | mg | Arsenic, ion | 0.004 |
| Blei | mg | Lead | 0.021 |
| Cadmium | mg | Cadmium, ion | 1.74E-04 |
| Chemischer Sauerstoffbedarf (COD) | mg | COD, Chemical Oxygen Demand | 12.553 |
| Chrom | mg | Chromium, ion | 0.025 |
| Eisen | mg | Iron, ion | 0.793 |
| Fluorid | mg | Fluoride | 0.185 |
| Kupfer | mg | Copper, ion | 0.085 |
| Nickel | mg | Nickel, ion | 0.026 |
| Phosphat | mg | Phosphate | 17.939 |
| Quecksilber | mg | Mercury | 3.48E-04 |
| Schwebstoffe (TSS) | mg | Suspended solids, unspecified | 513.859 |
| Stickstoff | mg | Nitrogen | 2.972 |
| Sulfat | mg | Sulfate | 268.662 |
| Zink | mg | Zinc, ion | 0.190 |

2.5 Transport Auslieferung (Modul A4)

Die Auslieferung zu den Regionallagern in der Schweiz erfolgt mittels Bahn und/oder LKW. Die folgende Tab. 2–9 zeigt die mittleren Transportleistungen, um die warmgewalzten, offenen Stahlprofile in die Regionallager der Schweiz zu transportieren.

Tab. 2–9 Transportleistung und -mittel der Distribution in die Regionallager, pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil

| Transportmittel | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Transportleistung |
|-----------------|---------|--|-------------------|
| LKW | tkm | transport, lorry >16t, fleet average, RER | 0.366 |
| Güterzug | tkm | transport, freight, rail, RER | 0.504 |

2.6 Entsorgungsphase (Module C1 bis C4)

Die Aufwendungen für den Rückbau von Gebäuden, in denen offene Walzstahlprofile eingesetzt werden, variieren stark und sind von der Bauweise und den verwendeten Materialien und Verbindungstechniken abhängig. Die Rückbauaufwendungen reiner Stahlkonstruktionen sind gering. Unter Beachtung der Abschneideregeln werden deshalb hier die Abbruchaufwendungen vernachlässigt.

Die weiteren Entsorgungsaufwendungen (Module C2 bis C4) werden in der vorliegenden Umweltproduktdeklaration nicht quantifiziert. Warmgewalzte, offene Stahlprofile werden zu 99 % recycelt.

2.7 Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenzen (Modul D)

Gemäss SN EN 15804, Ziffer 6.4.3.3 (EN 15804 2012) werden Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenze auf Basis der Netto-Outputflüsse berechnet. Tab. 2-10 zeigt die benötigte Inputmenge und die Lebenszykluswege des Materials auf.

Tab. 2-10 Recyclingpotential und Entsorgungsmengen von warmgewalzten, offenen Stahlprofilen (Sansom & Meijer 2002)

| Prozess | Anteile |
|------------------|---------|
| Sammelrate | 99 % |
| Recycling | 88 % |
| Wiederverwendung | 11 % |
| Deponierung | 1 % |

Von 1 kg offenem warmgewalztem Stahlprofil werden 11 % direkt (ohne Einschmelzen) wieder als offene, warmgewalzte Stahlprofile verwendet (siehe Abb. 2-1). 1 % der Profile wird deponiert und 88 % gelangt ins Recycling (Sansom & Meijer 2002). Für die Nutzung von 1 kg offenem warmgewalztem Stahlprofil werden somit 110 Gramm direkt wiederverwendete und weitere 890 Gramm Stahlprofile eingesetzt. Die 890 Gramm neue Stahlprofile werden aus 979 Gramm Stahlschrott hergestellt. 880 Gramm davon

2. Sachbilanz

entstammen dem Recycling, welches wieder in die Herstellung fließt. Deshalb werden 99 Gramm Primärstahl benötigt. Aus der Herstellung der offenen warmgewalzten Stahlprofile entstehen 89 Gramm mineralische Abfälle (inkl. Schlacke), welche als Abfall entsorgt wird.

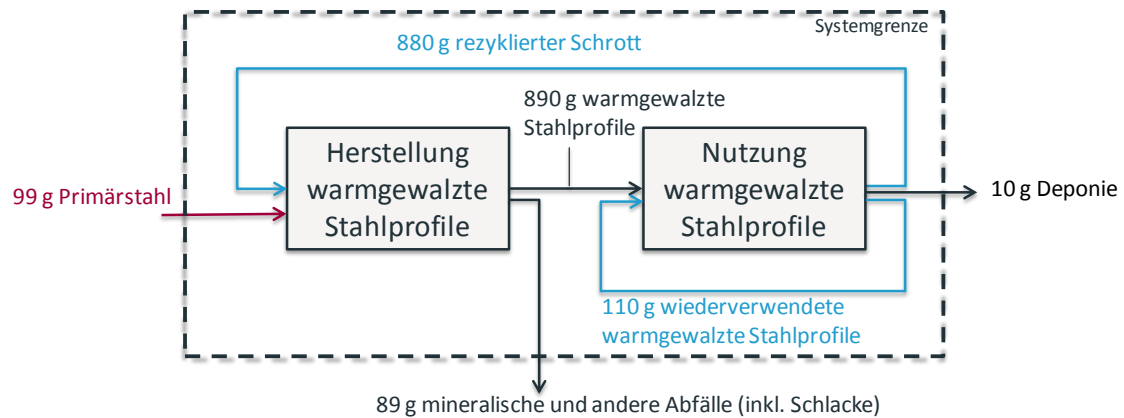


Abb. 2-1 Schematische Darstellung der Materialflüsse der Herstellung offener, warmgewalzter Stahlprofile als Grundlage zur Bestimmung der Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenzen

De facto wurde im Modul D eine Gutschrift gewährt für die Wiederverwendung von 110 g Walzstahlprofilen und für das Einsammeln von 99 g Eisenschrott. Das Bereitstellen der 99 g Primärstahl wird im Modul D als Belastung verbucht.

Der für das Modul D verwendete Primärstahl wurde um die Menge Eisenschrott korrigiert, so dass ausschliesslich Primärmaterial zum Einsatz kommt. Tab. 2–11 zeigt die Modellierung des Primärmaterials für die Belastungen im Modul D.

Tab. 2–11 Modellierung des Primärstahls im Modul D, pro kg Primärstahl

| Material | Einheit | Verwendeter Datensatz des Datenbestands ecoinvent v2.2 | Menge |
|-----------------------------|---------|--|--------|
| Einsatz Primärmaterial | kg | steel, converter, unalloyed, at plant, RER | 1.00 |
| Korrektur Recyclingmaterial | kg | iron scrap, at plant, RER | -0.213 |
| Korrektur Recyclingmaterial | kg | pig iron, at plant, GLO | 0.213 |

3 Wirkungsabschätzung

3.1 Übersicht

Die folgende Wirkungsabschätzung enthält relative Werte und stellt keine absoluten Endgrößen dar. Die Überprüfung der Einhaltung von gesetzlichen Grenzwerten oder Empfehlungen von Sicherheitswerten sind nicht Teil dieser Studie.

Gesamthaft betrachtet verursacht die Herstellungsphase (Module A1-A3), sowie darin die Herstellung (Modul A3) die grössten Umweltbelastungen, nämlich 80-93 % der Belastungen pro Indikator.

Pro Kilogramm Walzstahl werden 93 % nicht-erneuerbare Energie und 7 % erneuerbare Energie verbraucht. Total werden 12.5 MJ Primärenergie benötigt (berechnet anhand des unteren Heizwerts der Energieträger). Der Hauptteil des Energiebedarfs, nämlich ca. 71 %, wird durch die Herstellung, resp. durch die Schmelzwerke/Stranggussanlagen und Walzwerke verbraucht. Dabei handelt es sich grösstenteils um Strom und thermische Energie aus Erdgas. Der Transport (Zulieferung resp. Distribution zum Regionallager) verursacht ca. 2.0 %, resp. 9.0 % des Energieverbrauchs. Die restlichen 18.5 % des Energieverbrauchs sind der Roh- und Hilfsstoff-Bereitstellung zuzuschreiben. Der kumulierte Energie- und Ressourcenverbrauch unterscheidet in Primärenergieträger, die als Energieträger genutzt, und Primärenergieträger, die als Rohstoffe verwendet werden. Da es sich bei Walzstahlprofilen um Produkte ohne Energieinhalt handelt, sind die Indikatoren, die eine rohstoffliche Nutzung repräsentieren, Null.

Das Ozonschicht abbauende Potential wird zu vier Fünfteln durch die Herstellungsphase, nämlich den Stromverbrauch sowie die Emissionen durch die Erdgasverbrennung dominiert. Ca. 13 % des Ozonschicht abbauenden Potentials werden durch die Rohstoffbereitstellung verursacht.

Die Versauerung von Boden und Gewässern, sowie die Eutrophierung werden durch den Energieverbrauch der Herstellung (insb. Strom), die Aufbereitung des Stahlschrotts, die Emissionen der Herstellung sowie der Transporte bestimmt.

Das photochemische Oxidationspotential wird hauptsächlich durch den Stromverbrauch und die Luftschadstoff-Emissionen der Herstellung dominiert. Die Rohstoffbereitstellung trägt ca. 20 % zu dem photochemischen Oxidationspotential bei.

Recycling und Wiederverwendung von offenen, warmgewalzten Stahlprofilen führt abgesehen vom Ozonabbaupotential und der Verknappung abiotischer Ressourcen zu zusätzlichen Belastungen. Belastungen tragen ein positives Vorzeichen, Gutschriften ein negatives. Da in der Produktion, Nutzung und Entsorgung der Stahlprofile Materialverluste entstehen, muss dieser mit Primärstahl kompensiert werden. Die Nettogutschrift beim Ozonabbaupotential ist durch die unterschiedliche Herstellungsweise von Primärstahl (Hochofenroute) zum Sekundärstahl (Elektrolichtbogenofen) zu begründen.

3. Wirkungsabschätzung

Die Umweltauswirkungen sowie der Ressourcenverbrauch von 1 kg warmgewalzten, offenen Stahlprofilen, welche in Europa produziert und in der Schweiz eingesetzt wird, sind in Tab. 3–1 bis Tab. 3–4 zusammengefasst.

Sämtliche getroffenen Annahmen sind in diesem Bericht dokumentiert. Diese beeinflussen die Datengültigkeit, das Resultat oder die Interpretation nur unwesentlich. Der Einfluss der unterschiedlichen Performance der einzelnen Werke ist im Unterkapitel 3.2 aufgezeigt.

Tab. 3–1 Umweltauswirkungen von 1 kg warmgewalztem, offenem Stahlprofil

| Deklarierte Einheit: 1 kg offenes, warmgewalztes Stahlprofil | | Herstellungsphase | | | Errichtungsphase | Entsorgungsphase | Ergänzende Informationen |
|--|-------------------------------------|----------------------------|--------------|----------------|------------------|------------------|---|
| | | Rohstoff-Bereitstellung A1 | Transport A2 | Herstellung A3 | | | |
| Einheit | | | | | | | Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenzen D |
| Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen | | | | | | | |
| Globale Erwärmung | kg CO ₂ eq | 1.33E-01 | 1.48E-02 | 5.13E-01 | 6.80E-02 | 0 | 1.05E-01 |
| Ozonabbau | kg CFC-11 eq | 4.85E-09 | 5.74E-10 | 3.06E-08 | 2.67E-09 | 0 | -2.48E-09 |
| Photochemische Ozonbildung | kg C ₂ H ₄ eq | 2.77E-05 | 2.61E-06 | 9.85E-05 | 1.19E-05 | 0 | 1.11E-04 |
| Versauerung von Boden und Wasser | kg SO ₂ eq | 6.38E-04 | 7.80E-05 | 1.52E-03 | 3.59E-04 | 0 | 3.61E-04 |
| Eutrophierung ohne Langzeitemissionen | kg PO ₄ eq | 1.16E-04 | 1.61E-05 | 2.17E-04 | 7.45E-05 | 0 | 2.41E-04 |
| Verknappung von abiotischen Ressourcen - Stoffe | kg Sb eq | 9.81E-07 | 6.41E-08 | 1.84E-07 | 3.04E-07 | 0 | -4.37E-08 |
| Verknappung von abiotischen Ressourcen - fossile Energieträger | MJ | 1.57E+00 | 2.05E-01 | 6.23E+00 | 9.51E-01 | 0 | 1.25E+00 |

3. Wirkungsabschätzung

Tab. 3–2 Parameter zur Beschreibung des Ressourcenverbrauchs pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil

| Deklarierte Einheit: 1 kg offenes, warmgewalztes Stahlprofil | Herstellungsphase | | | Errichtungsphase | Entsorgungsphase | Ergänzende Informationen | |
|--|----------------------------|--------------|----------------|------------------|------------------|---|-----------|
| | Rohstoff-Bereitstellung A1 | Transport A2 | Herstellung A3 | | | | |
| Einheit | | | | Transport A4 | Abbruch C1 | Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenzen D | |
| Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes | | | | | | | |
| Einsatz erneuerbarer Primärenergie – ohne die erneuerbaren Primärenergieträger, die als Rohstoffe verwendet werden | MJ u.H. | 2.37E-01 | 7.57E-03 | 5.95E-01 | 3.30E-02 | 0 | -4.64E-02 |
| Einsatz der als Rohstoffe verwendeten, erneuerbaren Primärenergieträger (stoffliche Nutzung) | MJ u.H. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| Gesamteinsatz erneuerbarer Primärenergie (Primärenergie und die als Rohstoff verwendeten erneuerbaren Primärenergieträger) (energetische und stoffliche Nutzung) | MJ u.H. | 2.37E-01 | 7.57E-03 | 5.95E-01 | 3.30E-02 | 0 | -4.64E-02 |
| Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie ohne die als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger | MJ u.H. | 2.08E+00 | 2.37E-01 | 8.25E+00 | 1.09E+00 | 0 | 1.08E+00 |
| Einsatz der als Rohstoffe verwendeten, nicht erneuerbaren Primärenergieträger (stoffliche Nutzung) | MJ u.H. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| Gesamteinsatz nicht erneuerbarer Primärenergie (Primärenergie und die als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger) (energetische und stoffliche Nutzung) | MJ u.H. | 2.08E+00 | 2.37E-01 | 8.25E+00 | 1.09E+00 | 0 | 1.08E+00 |
| Einsatz von Sekundärstoffen | kg | 1.10E+00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| Einsatz von erneuerbaren Sekundärbrennstoffen | MJ u.H. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| Einsatz von nicht erneuerbaren Sekundärbrennstoffen | MJ u.H. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| Nettoeinsatz von Süswasserressourcen | m³ | 3.30E-04 | 1.93E-05 | 1.97E-03 | 8.52E-05 | 0 | -5.24E-05 |

Im gesamten untersuchten Lebenszyklus der Walzstahlprofile werden ca. 2.4 l Wasser verbrauchend genutzt; zwei Drittel davon werden durch den Stromverbrauch verursacht. Insgesamt stammen 82 % der verbrauchenden Wassernutzung aus der Walzstahlverarbeitung und -herstellung und weitere 14 % indirekt aus dem Bezug der Roh- und Hilfsstoffe.

Durch den Prozess des Stahlschmelzens fallen Elektroofenschlacke (EOF) und Filterstaub an. Diese werden deponiert oder auf den üblichen Wegen entsorgt oder recycelt (siehe Tab. 3–4, „Stoffe für Recycling“). Tab. 3–3 beschreibt die kumulierte Menge an anfallendem, deponiertem Abfall. Der anfallende Klärschlamm wird in Kehrichtverbrennungsanlagen verbrannt. Der Hauptteil der entstehenden Abfallprodukte während der Herstellungsphase A3 kann wiederverwendet werden.

Der grösste Teil des total anfallenden Abfalls während allen bilanzierten primären und sekundären Prozessen wird der kommunalen Abfallentsorgung zugeführt. In der Abfallverbrennung wird Wärme und Energie gewonnen. Diese sind in der Tab. 3–4 unter „Exportierte Energie – Strom/Wärme“ aufgeführt.

3. Wirkungsabschätzung

Tab. 3–3 Parameter zur Beschreibung sonstiger Umweltinformationen zu Abfallkategorien

| Deklarierte Einheit: 1 kg offenes, warmgewalztes Stahlprofil | | Herstellungsphase | | | Errichtungsphase | Entsorgungsphase | Ergänzende Informationen |
|--|----|----------------------------|--------------|----------------|------------------|------------------|---|
| | | Rohstoff-Bereitstellung A1 | Transport A2 | Herstellung A3 | | | |
| Einheit | | | | | | | Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenzen D |
| Umweltinformationen, die Abfallkategorien beschreiben | | | | | | | |
| Gefährlicher Abfall zur Deponierung | kg | 5.22E-06 | 2.93E-07 | 7.32E-06 | 1.32E-06 | 0 | 1.88E-05 |
| Entsorgter nicht gefährlicher Abfall | kg | 2.72E-02 | 1.82E-03 | 9.44E-02 | 8.34E-03 | 0 | 4.20E-03 |
| Entsorgter radioaktiver Abfall | kg | 1.33E-05 | 8.21E-07 | 5.31E-05 | 3.56E-06 | 0 | -4.62E-06 |

Tab. 3–4 Parameter zur Beschreibung sonstiger Umweltinformationen zu Output-Stoffflüssen

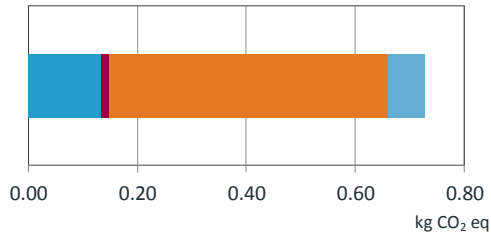
| Deklarierte Einheit: 1 kg offenes, warmgewalztes Stahlprofil | | Herstellungsphase | | | Errichtungsphase | Entsorgungsphase | Ergänzende Informationen |
|---|----|----------------------------|--------------|----------------|------------------|------------------|---|
| | | Rohstoff-Bereitstellung A1 | Transport A2 | Herstellung A3 | | | |
| Einheit | | | | | | | Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenzen D |
| Sonstige Umweltinformationen, die Output-Stoffflüsse beschreiben | | | | | | | |
| Komponenten zur Weiterverarbeitung | kg | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| Stoffe zum Recycling | kg | 0 | 0 | 1.38E-01 | 0 | 9.90E-01 | 0 |
| Stoffe für die Energierückgewinnung | kg | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| Exportierte Energie - Strom | MJ | 0 | 0 | 1.20E-02 | 0 | 0 | 0 |
| Exportierte Energie - Wärme | MJ | 0 | 0 | 1.82E-03 | 0 | 0 | 0 |

3.1.1 Umweltbelastungen

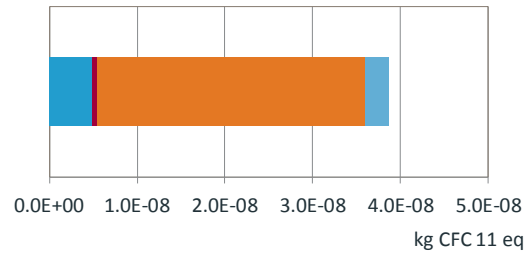
Die folgende Fig. 3–1 zeigt graphisch die Beiträge von Rohmaterialinput, Transport und Energiebedarf zu den Umweltindikatoren globale Erwärmung, Ozonabbau, photochemische Ozonbildung, Versauerung sowie Eutrophierung (ohne Langzeitemissionen).

3. Wirkungsabschätzung

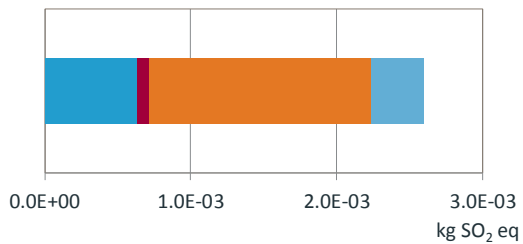
Globale Erwärmung



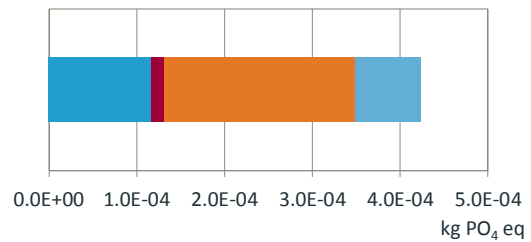
Ozonabbau



Versauerung von Boden und Wasser



Eutrophierung



Photochemische Ozonbildung

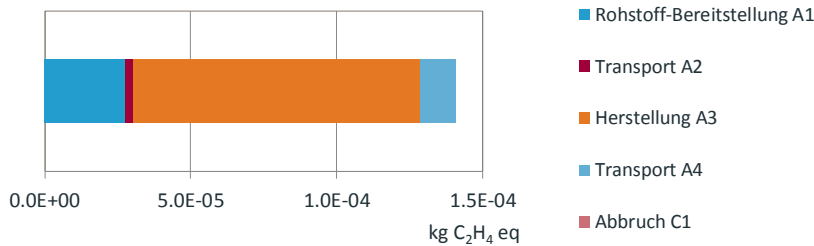


Fig. 3–1 Globale Erwärmung, Ozonabbau, Versauerung von Boden und Wasser, Eutrophierung (ohne Langzeitemissionen) und photochemische Ozonbildung pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil

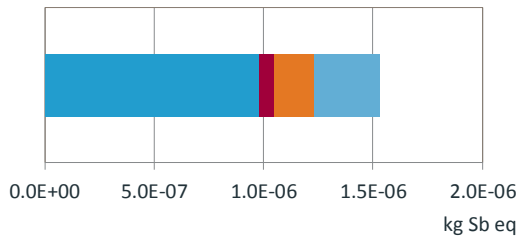
Die Hauptbelastung, nämlich mehr als 80 % bei allen Indikatoren, wird durch die Herstellung (Module A1 bis A3) verursacht.

3.1.2 Ressourcenverbrauch

Die folgende Fig. 3–2 zeigt graphisch die Beiträge von Rohmaterialinput, Transport und Herstellung zu den Umweltindikatoren Verknappung abiotischer Ressourcen (Stoffe und fossile Energieträger).

3. Wirkungsabschätzung

Verknappung abiotischer Ressourcen, Stoffe



Verknappung abiotischer Ressourcen, fossile Energieträger

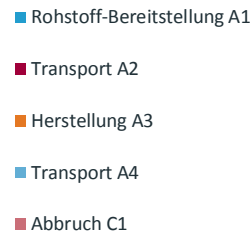
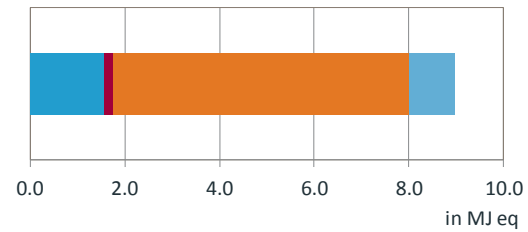


Fig. 3–2 Abiotischer Ressourcenverbrauch (Stoffe und fossile Energieträger) pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil

3.2 Unsicherheitsanalyse

Um die Zuverlässigkeit der Ergebnisse sowie den Einfluss der Performance der einzelnen Werke auf das Resultat zu überprüfen, wurde eine Unsicherheitsanalyse der Treibhausgasemissionen durchgeführt. Auf Basis der Energie- und Stoffflüsse der einzelnen Werke wurde für jeden einzelnen Input und Output ein Vertrauensintervall und eine Wahrscheinlichkeitsverteilung (Lognormal-Verteilung) definiert. Das 95 % Vertrauensintervall wurde durch den Minimal- und den Maximalwert der beteiligten Werke definiert. In einer Monte Carlo-Simulation wird pro Rechengang ein zufälliger Wert innerhalb einer bestimmten Bandbreite gewählt und damit die Ökobilanz neu gerechnet. Es wurden 1'000 Rechengänge durchgeführt.

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegen die Treibhausgasemissionen zwischen 590 und 890 Gramm pro kg offenes, warmgewalztes Stahlprofil bei einem Mittelwert von knapp 730 Gramm pro kg offenes, warmgewalztes Stahlprofil. Die folgende Abb. 3-1 illustriert dies.

3. Wirkungsabschätzung

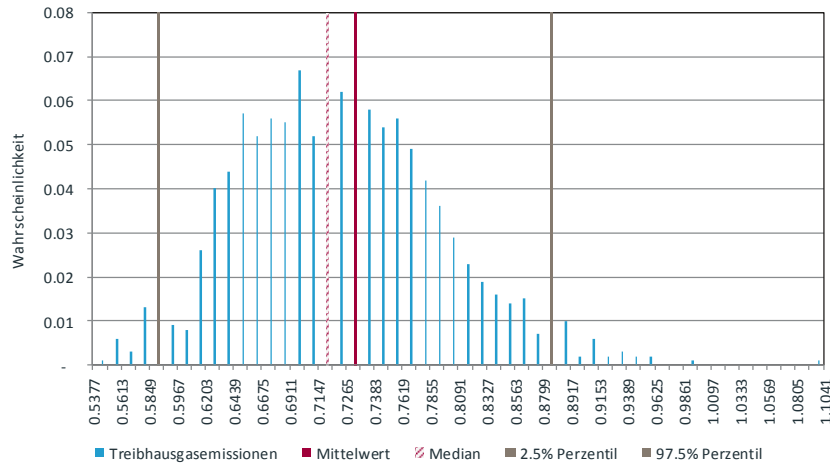


Abb. 3-1 Monte Carlo Simulation zu den Treibhausgasemissionen

3.3 Zusätzliche Umweltinformationen: Umweltindikatoren gemäss KBOB 2009/1

In Ergänzung zu den nach SN EN 15804 geforderten Indikatoren zu den Umweltauswirkungen von warmgewalzten, offenen Stahlprofilen werden die in der Schweiz für Bauprodukte üblichen Umweltindikatoren als zusätzliche Umweltinformationen ausgewiesen. Dabei handelt es sich um die in der KBOB-Empfehlung 2012 (KBOB et al. 2012) verwendeten Umweltkenngrössen:

- Treibhausgas-Emissionen (IPCC 2013)
- Gesamtumweltbelastung (UBP, Methode der ökologischen Knappheit 2013, Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013)
- kumulierter Energieaufwand, erneuerbar und nicht erneuerbar (Frischknecht et al. 2007)

Die Berechnung des kumulierten Energieaufwands gemäss SN EN 15804 verwendet den unteren Heizwert. Der kumulierte Energieaufwand für die KBOB-Liste bezieht sich auf den oberen Heizwert der Energieressourcen. Daher weisen die Ergebnisse dieser beiden Wirkungskategorien Unterschiede auf. Tab. 3–5 zeigt zusammenfassend die Resultate der untersuchten Indikatoren bezogen auf 1 kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil.

3. Wirkungsabschätzung

Tab. 3–5 Gesamtumweltbelastung, kumulierter Energieaufwand (erneuerbar und nicht erneuerbar) und Treibhauspotential von 1 kg warmgewalztem, offenem Stahlprofil, Indikatoren gemäss KBOB-Empfehlung 2012

| | Primärenergie total | Primärenergie nicht erneuerbar | Primärenergie nicht erneuerbar - fossil | Primärenergie nicht erneuerbar - nuklear | Primärenergie erneuerbar | Primärenergie Abfall/Abwärme | Kohlendioxid - fossil | Treibhauspotential | Gesamtumweltbelastung 2013 |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------|---|--|--------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| Einheit | MJ o. H. | MJ o. H. | MJ o. H. | MJ o. H. | MJ o. H. | MJ o. H. | kg CO ₂ | kg CO ₂ -eq | UBP |
| Total | 13.34 | 12.43 | 9.66 | 2.77 | 0.91 | 0.00 | 0.69 | 0.73 | 999 |
| Herstellung A1 - A3 und Errichtung A4 | 13.34 | 12.43 | 9.66 | 2.77 | 0.91 | 0.00 | 0.69 | 0.73 | 999 |
| Entsorgung C1 - C4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Die Treibhausgasemissionen belaufen sich auf 0.73 kg CO₂eq/kg und werden durch die Herstellungsphase bestimmt (Anteil 91 %). Die Rohstoffbereitstellung bewirkt 18 % der Belastung und die Herstellung der Profile 71 %. Fig. 3–3 illustriert dies.

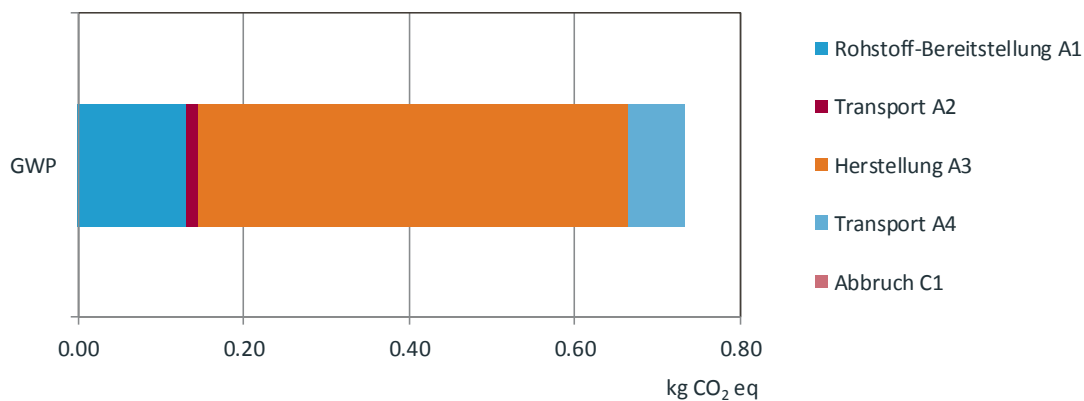


Fig. 3–3 Treibhauspotential pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil

Die Gesamtumweltbelastung wird durch die Herstellungsphase dominiert. Diese trägt 90 % zu der Gesamtumweltbelastung bei. Die Herstellung (ohne Rohstoffe und Transporte) bestimmt die Gesamtumweltbelastung zu 65 %. Die Rohstoffbereitstellung verursacht 23 % der Gesamtumweltbelastung. Fig. 3–4 illustriert die Gesamtumweltbelastungen pro Modul Herstellungsphase, Errichtungsphase und Entsorgungsphase für beide Berechnungsmethoden.

3. Wirkungsabschätzung

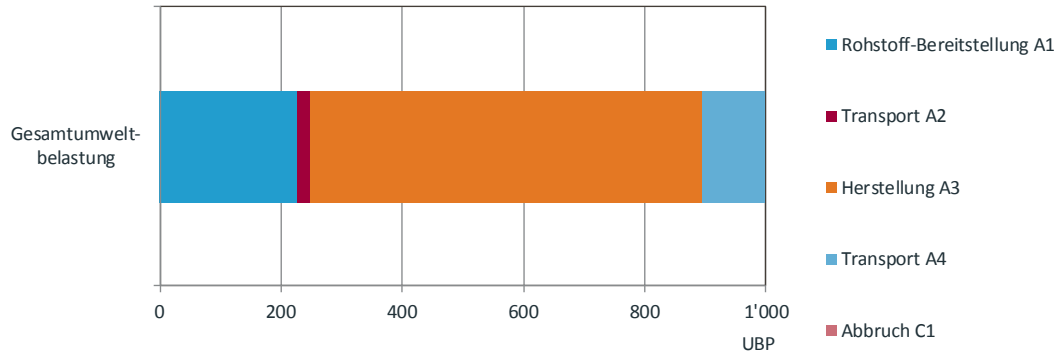


Fig. 3-4 Gesamtumweltbelastung pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil, ermittelt mit der Methode der ökologischen Knappheit 2013

Der Primärenergieverbrauch wird dominiert durch den Verbrauch an Strom und Erdgas. Fig. 3-5 zeigt den kumulierten Energieaufwand pro Modul unterschieden in erneuerbare und nicht erneuerbare Energieträger.

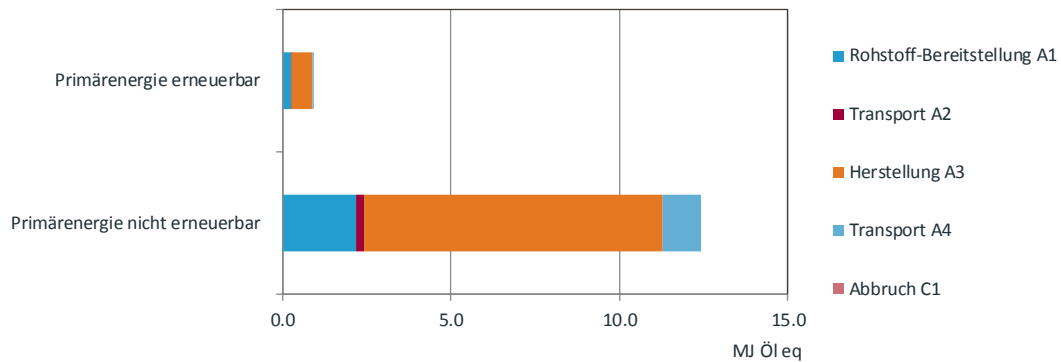


Fig. 3-5 Primärenergieverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar) pro kg warmgewalztes, offenes Stahlprofil

Die Herstellungsphase (Module A1 bis A3) verursacht in allen Wirkungskategorien über 91 % der Umweltauswirkungen.

4 Folgerungen

Die Ökobilanz von warmgewalzten, offenen Stahlprofilen zeigt, dass die Herstellung, die Bereitstellung der Rohmaterialien und die Auslieferung der offenen, warmgewalzten Stahlprofile einen entscheidenden Einfluss auf die Umweltbelastungen haben. Insbesondere der Stromverbrauch in der Herstellung dominiert die Resultate. Hilfs- und Zusatzstoffe, sowie der Verbrauch von Kühl- und Prozesswasser sind nicht zu vernachlässigen, haben jedoch deutlich geringere Umweltauswirkungen.

Die Umweltauswirkungen der Zulieferung machen nur wenige Prozent der jeweiligen Umweltindikatoren aus.

In der Entsorgungsphase fallen kaum Abfälle an, da praktisch sämtliche Stahlprofile als Sekundärmaterial wiederverwendet werden.

Referenzen

- DIN.EN.ISO.14025 2011 DIN.EN.ISO.14025 (2011) Environmental Labels and Declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures. ISO/WD 14025. ISO.
- EN 15804 2012 EN 15804 (2012) EN 15804:2012 - Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products. European Committee for Standardisation (CEN), Brussels.
- Frischknecht et al. 2007 Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Bauer C., Doka G., Dones R., Hellweg S., Hirschler R., Humbert S., Margni M. and Nemecek T. (2007) Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods.ecoinvent report No. 3, v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- Frischknecht & Büsler Knöpfel 2013 Frischknecht R. and Büsler Knöpfel S. (2013) Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 1330. Bundesamt für Umwelt, Bern, retrieved from: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01750/index.html?lang=de>.
- IPCC 2013 IPCC (2013) The IPCC fifth Assessment Report - Climate Change 2013: the Physical Science Basis. Working Group I, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland.
- KBOB et al. 2012 KBOB, eco-bau and IPB (2012) Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand Juli 2012. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=de>.
- Sansom & Meijer 2002 Sansom M. and Meijer J. (2002) Life-cycle assessment (LCA) for steel construction. In: (EUR 20570 EN), pp. 165.