



Netzwerk Lebenszyklusdaten

Arbeitskreis WERKSTOFF IM BAUWESEN



„Natürliche Zuschläge“ im Netzwerk Lebenszyklusdaten

Projektbericht

im Rahmen des Forschungsvorhabens FKZ 01 RN 0401 im Auftrag
des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Universität Stuttgart

Leinfelden-Echterdingen Karlsruhe – Oktober 2007

Hrsg.: Forschungszentrum Karlsruhe
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse –
Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Vorwort

Der vorliegende Projektbericht wird herausgegeben vom Netzwerk Lebenszyklusdaten (www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de).

Das Netzwerk Lebenszyklusdaten ist die gemeinsame Informations- und Koordinationsplattform aller in die Bereitstellung und Nutzung von Lebenszyklusdaten in Deutschland involvierten Gruppen – von Wissenschaft und Wirtschaft über Politik und Behörden hin zu Verbraucherberatung und allgemeiner interessierter Öffentlichkeit. Ziel des Netzwerks Lebenszyklusdaten ist es, das umfangreiche Knowhow auf dem Gebiet der Lebenszyklusdaten innerhalb Deutschlands zusammenzuführen und als Basis zukünftiger wissenschaftlicher Weiterentwicklung und praktischer Arbeiten für Nutzer in allen Anwendungsgebieten von Lebenszyklusanalysen bereitzustellen.

Das Netzwerk Lebenszyklusdaten wird getragen vom Forschungszentrum Karlsruhe. Die vorliegende Studie wurde im Rahmen der Projektförderung (2004 – 2008) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Förderung der Wissenskooperation zum Aufbau und Umsetzung des deutschen Netzwerks Lebenszyklusdaten“ erstellt. Weitere im Rahmen dieser Projektförderung erstellte Studien sind erhältlich unter <http://www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de/cms/content/Projektberichte>.

Kontakt Netzwerk Lebenszyklusdaten:

E-Mail: info@netzwerk-lebenszyklusdaten.de

Anschrift: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse,
Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme (ITAS-ZTS)
Postfach 3640
76021 Karlsruhe
www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de



Das Netzwerk Lebenszyklusdaten wird gefördert durch das
Bundesministerium für Bildung und Forschung



„Natürliche Zuschläge“ im Netzwerk Lebenszyklusdaten

Autoren:

Dipl.-Ing. Bastian Wittstock
Universität Stuttgart

Dipl.-Ing. Anna Braune
Universität Stuttgart

Kontakt:

Universität Stuttgart
Lehrstuhl für Bauphysik (LBP)
Abt. Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi)
Hauptstr. 113
70771 Leinfelden-Echterdingen
Germany
Tel: 0711 / 48 99 99 – 0
E-mail : bastian.wittstock@LBP.uni-stuttgart.de
E-mail : anna.braune@LBP.uni-stuttgart.de
Internet: <http://www.lbpgabi.uni-stuttgart.de>

Zusammenfassung

Im Rahmen des Netzwerks Lebenszyklusdaten der Forschungsinitiative „Forschung für Nachhaltigkeit“ (FONA) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wurden in der Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung am Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart „cradle-to-gate“- Lebenszyklusinventare für Naturwerksteine, sowie für Natursteine als natürliche Zuschläge im Bauwesen erstellt. Diese Lebenszyklusinventare beschreiben die Produktion von Sand 0/2, Kies 2/32, Brechsand 0/2, Splitt 2/15 und Schotter 16/32 (Natursteine, natürliche Zuschläge).

Dieser Bericht beschreibt die methodischen Grundlagen der Lebenszyklus-Modellierung, die Vorgehensweise, die eingesetzten Daten und den Aufbau des Modells, und stellt die Sachbilanz der erstellten Inventare und eine Wirkungsabschätzung bereit.

1 Einleitung

Ziel des Projekts war die Erstellung von Lebenszyklusinventaren zu Natursteinen, die als natürliche Zuschläge Eingang in Produkte der Bauindustrie, insbesondere in Betonprodukte finden oder unmittelbar als Baustoffe eingesetzt werden.

Das Projekt wurde von Mitarbeitern der Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung des Lehrstuhls für Bauphysik, Universität Stuttgart durchgeführt. Aufbauend auf bestehenden Informationen aus Datenerhebungen wurden mittels einer Literaturrecherche die relevanten Prozessschritte, sowie relevante Prozess-, Eingangs- und Ausgangsparameter ermittelt. Das Vorgehen zur Erstellung der Inventare wird im Folgenden im Detail dargestellt.

2 Systembeschreibung und Untersuchungsrahmen

2.1 Produktdefinition und Funktionelle Einheit

Natursteine, die als natürliche Zuschläge Verwendung in der Bauindustrie finden, stammen grundsätzlich aus zwei unterschiedlichen Quellen: Kies- und Sandlagerstätten, aus denen überwiegend Gesteinskörnungen der für die technische Verwendung relevanten Größenklassen bis 32 mm Durchmesser im Trockenabbau oder im Nassabbau gewonnen werden, und Dolomit- oder Kalksteinbrüche, aus denen mittels Sprengung unterschiedliche Gesteinskörnungen abgebaut werden, die dann in Brechern u.a. zu Schotter, Splitt und Brechsand zerkleinert werden.

Im Rahmen dieser Studie werden folgende Datensätze erstellt und beschrieben:

- Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies-Nassabbau
- Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies-Nassabbau
- Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies-Nassabbau
- Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies-Trockenabbau
- Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies-Trockenabbau
- Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies-Trockenabbau
- Brechsand 0/2 (getrocknet) aus Tagebau
- Brechsand 0/2 (ungetrocknet) aus Tagebau
- Splitt 2/15 (ungetrocknet) aus Tagebau
- Schotter 16/32 (ungetrocknet) aus Tagebau.

Die hier aufgeführten Natursteine finden teilweise Verwendung als Unterfütterung im Teif- und im Straßenbau, sowie als Zuschläge in Mörtel- und Betonprodukten.

Typische Preise für Zuschläge belaufen sich auf 18 €/t frei Werk für Kies, Splitt und Schotter und auf 19 €/t frei Werk für Sand und Brechsand (Holcim 2007).

2.1.1 Kies und Sand

Kies und Sand wird entweder im Nassabbau aus wasserüberdeckten Lagerstätten, oder im Trockenabbau aus Kies/Sand-Lagerstätten gewonnen.

Wasserüberdeckte Lagerstätten sind hierbei entweder größere Kiesvorkommen in Flussbetten oder Kiesvorkommen in grundwasserführenden Gesteinsschichten. Diese werden nach Abtragung der Deckschichten abgebaut.

Der Nassabbau erfolgt typischerweise mit an Land aufgestellten Baggersystemen oder mit Schwimmbaggern unterschiedlicher Bauweise. Über Förderbänder oder Leichter wird das Fördergut zur Aufbereitung befördert. Die Aufbereitung trennt organische Inhaltsstoffe, Wasser und Lehmfraktionen vom Sand und Kies ab, bevor das Produkt entwässert und ggf. (z.B. in Drehrohröfen) getrocknet wird.

Da die vorgesehene Nutzung des Sand über eine thermische Trocknung entscheidet, wird hier Sand sowohl getrocknet (Restfeuchte 0,2 M.-%, Gänßmantel 2000), als auch ungetrocknet, aber mechanisch, z.B. mittels eines Schwingsiebs, entwässert beschrieben.

Aufgrund der üblichen Verwendung von Kies, sowie dessen physikalischen Eigenschaften (geringere Kapillarwirkung im Vergleich mit Sand) wird für Kies grundsätzlich von einer mechanischen Entwässerung, nicht jedoch von einer thermischen Trocknung ausgegangen.

Im Trockenabbau werden über dem Grundwasserspiegel liegende Sand-Kies-Schichten mittels Bagger oder Radlader abgebaut. Die Aufbereitung des so gewonnenen Sand-Kies-Gemisches erfolgt prinzipiell analog zur Aufbereitung von aus Nassabbau gewonnenen Fraktionen.

2.1.2 Schotter, Splitt und Brechsand

Schotter 16/32, Splitt 2/15 und Brechsand 0/2 fallen als Produkte aus Steinbrüchen an. Dort wird der Fels mit ANFO- (Ammonium Nitrate Fuel Oil) Sprengstoff abgesprengt, in transportfähige Bruchstücke zerkleinert und von Radladern und Schwerlastkraftwagen oder Förderbändern zur weiteren Aufbereitung transportiert. Dort wird das Rohmaterial gewaschen, getrocknet und anschließend in die gewünschten Korngrößenfraktionen zerkleinert.

Die Prozessschritte ‚Wäsche‘ erfolgt nur, wenn der Rohstoff und der spätere Verwendungszweck eine hohe Güte des Produkts (z.B. keine organischen Inhaltsstoffe in Zuschlägen für Beton) dies erfordern.

Entsprechend den Produkten aus Sand-Kies-Lagerstätten wird Brechsand getrocknet, wenn die vorgesehene Verwendung dies erfordert. Z.B. eine Abfüllung in Säcke, das Einsprühen in Silos oder die Verwendung als Zuschlag in Werk trockenmörteln erfordert eine sehr geringe Restfeuchte. Für Splitt und Schotter wird, wie bei Kies, lediglich von einer mechanischen Entwässerung, z.B. mittels Schwingsieb ausgegangen.

Die Trocknung, die prinzipiell der Trocknung von Sand aus Sand-Kies-Lagerstätten entspricht, kann zweistufig aufgebaut sein oder aus einem Prozessschritt bestehen: in einer ersten Stufe wird das Material mittels Schwingsieben mechanisch entwässert (2000), in der zweiten Stufe wird das Material z.B. in durch Erdgas oder Heizöl beheizten Trommeltrocknern auf eine Restfeuchte von 0,2 M.-% getrocknet, während von einer durchschnittlichen Feuchte des Materials vor Trocknung von 5 M.-% ausgegangen wird (Gänßmantel 2000).

Im Anschluss an die Trocknung des Materials wird es auf die gewünschten Korngrößenfraktionen gebrochen. Je nach Gesteinsart und zu erzielender Korngrößenverteilung gelangen unterschiedliche Mühlen zum Einsatz (Gänßmantel 2000).

Teilweise wird der Trockenprozess mit dem Brechen als Mahltrocknung kombiniert. Die Produkte werden auf Halden oder in Silos zur weiteren Verwendung gelagert.

2.2 Systemgrenzen und Produktsystem

Die betrachteten Systeme gliedern sich in die Prozessketten-Abschnitte „Rohkiesgewinnung“ bzw. „Steinbruch“ und „Kieswerk“. Zur Darstellung der Umweltwirkungen der teilweise erfolgenden thermischen Trocknung wird dieser Prozessschritt separat dargestellt.

Im Abschnitt „Rohkiesgewinnung“ werden der Abbau mittels Löffelbagger (Nassabbau) bzw. Radlader (Trockenabbau), sowie der Einsatz von Schmierstoffen in den Abbau-Systemen dargestellt.

Für den Abbau im Schotter / Splitt / Brechsand-Tagebau („Steinbruch“) werden ergänzend die Aufwendungen und Lasten für Sprengungen des Fels berücksichtigt.

Das „Kieswerk“ beinhaltet den Transport des Rohprodukts mittels Schwerlastkraftwagen und Förderband, sowie die Wäsche des Rohkies, sowie das Brechen von „Überkorn“, also von Fraktionen mit einem Durchmesser von mehr als 32 mm in die gewünschten Korngrößenfraktionen abgebildet.

Der Abschnitt „Trocknung“ enthält die mechanische Entwässerung und die thermische Trocknung mittels Erdgas. Hierbei wird von einer durchschnittlichen Anfangsfeuchte von 5 M.-% und einer End-Restfeuchte von 0,2 M.-% ausgegangen (Gänßmantel 2000).

Hierbei ist anzumerken, dass der Prozessschritt der Trocknung üblicherweise zwischen der Wäsche und dem Brechen angeordnet ist.

Für jeden Prozessschritt werden die Vorketten der jeweiligen Energieaufwendungen, also die Bereitstellung von Diesel als Kraftstoff für Radlader und Schwerlastkraftwagen, von elektrischer Energie (Strom Mix Deutschland) für den Betrieb der Förderbänder, der Waschanlage, der mechanischen Entwässerung und von thermischer Energie für die Trocknung berücksichtigt.

Keine Berücksichtigung finden die Herstellung und Entsorgung der Infrastruktur des Kieswerks und der Grube/ des Steinbruchs, inkl. der beweglichen Maschinen. Auch indirekte und verwaltungstechnische Aufwendungen werden nicht berücksichtigt.

Die Abbildungen Abb. 2-1 bis Abb. 2-3 stellen den jeweiligen Aufbau der Modellierung für das System *Schotter Tagebau*, *Sand-Kies-Trockenabbau* und *Sand-Kies-Nassabbau* dar.

Aus umweltlicher Sicht relevante Parameter stellen die Parameter für den Energieverbrauch dar, insbesondere der Einsatz thermischer Energie zur Trocknung, wobei nicht jedes Produkt getrocknet wird. Dieser Faktor des Einsatzes thermischer Energie zur Trocknung variiert zwischen 271 MJ / t Produkt (Brechsand) und 445 MJ / t Produkt (Sand aus Sand-Kies-Abbau) (Gänßmantel 2000).

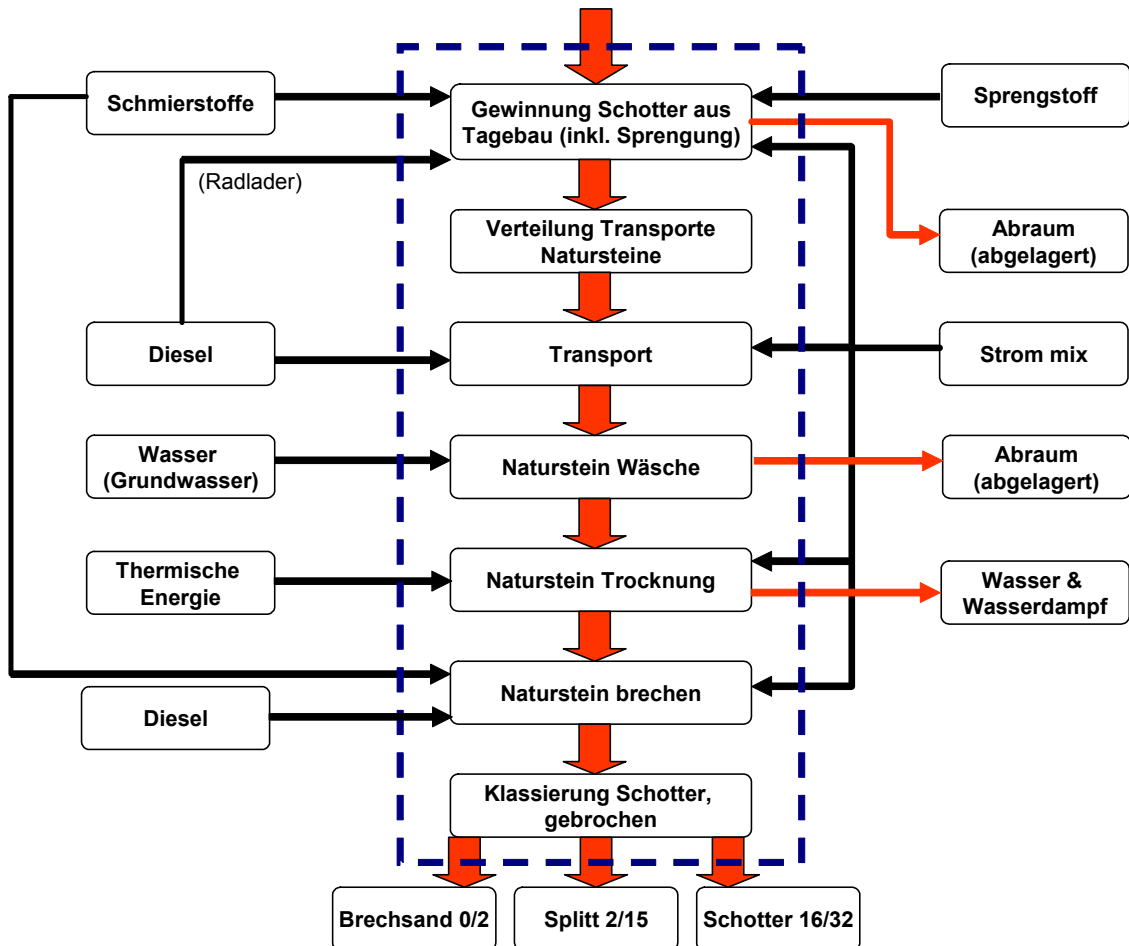


Abb. 2-1 Schematische Darstellung des Modellaufbaus der Produktion von Brechsand, Splitt und Schotter im Schotter Tagebau.

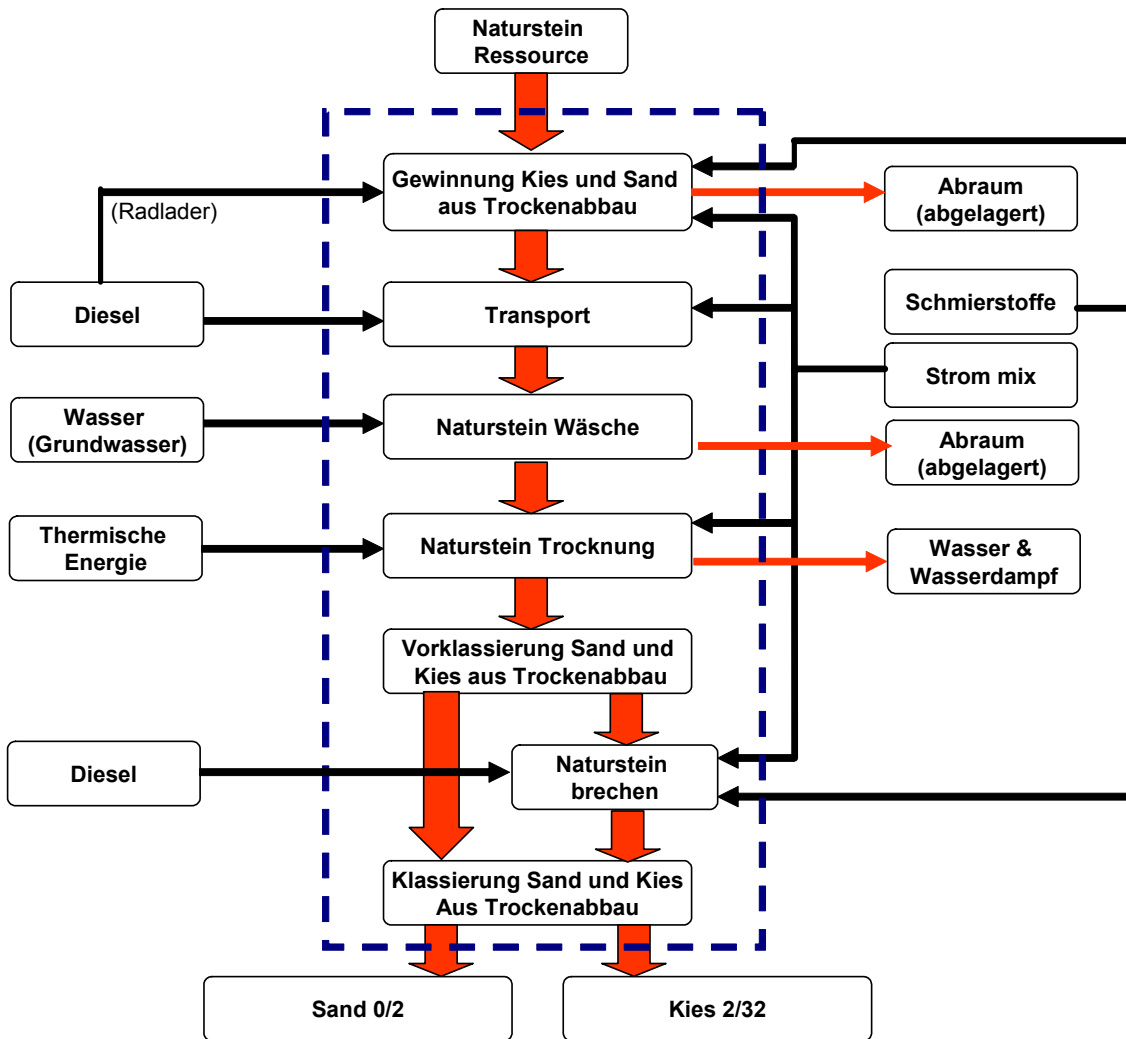


Abb. 2-2 Schematische Darstellung des Modellaufbaus der Produktion von Sand und Kies im Trockenabbau

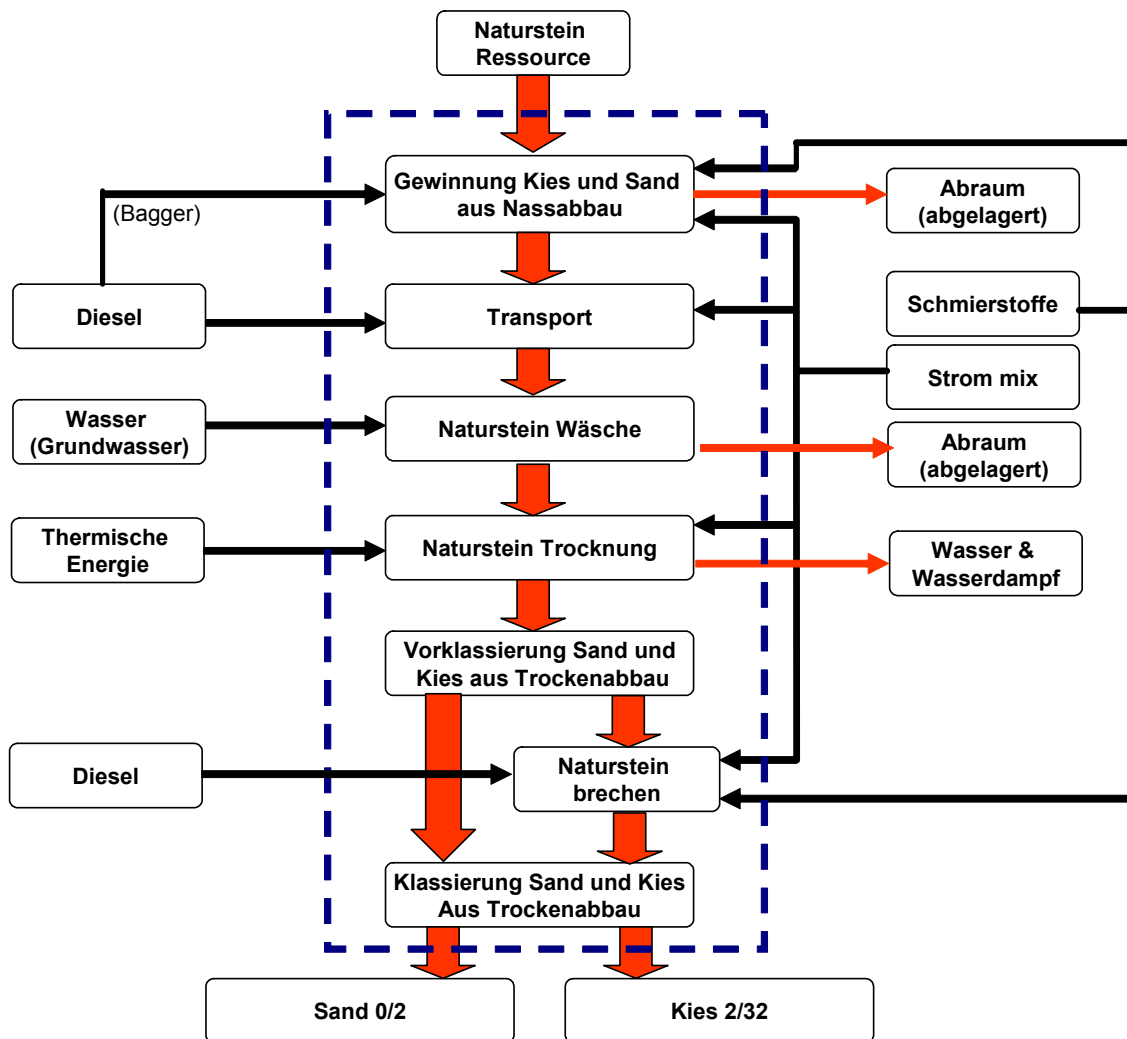


Abb. 2-3 Schematische Darstellung des Modellaufbaus der Produktion von Sand und Kies im Nassabbau.

2.3 Abschneidekriterien

Die Abschneidekriterien orientieren sich an den Massen- und Energiebilanzen der einzelnen Stufen der betrachteten Systeme. Somit wurden aus verfahrenstechnischer Sicht keine ergebnisrelevanten Massen- oder Energieströme abgeschnitten. Infrastrukturaufwendungen wurden, wie in Abschnitt 2.2 bereits aufgeführt, generell nicht betrachtet.

Die Abschneidekriterien der genutzten Hintergrund-Datensätze (siehe Abschnitt 2.6) orientieren sich ebenfalls an der Massen- und Energieerhaltung. Besonderes Augenmerk wird dem Kriterium der ökologischen Relevanz in Bezug auf die betrachteten Indikatoren (siehe Abschnitt 3.2) beigemessen. Daher kann davon ausgegangen werden, dass in diesen öffentlich verfügbaren Datensätzen lediglich diejenigen Inputs und Outputs unberücksichtigt bleiben, die vernachlässigbare Beiträge zum Gesamtergebnis leisten. Somit sind alle relevanten Prozesse vollständig erfasst. Nicht zu erwarten ist, dass wichtige Umweltwirkungen aufgrund der Vernachlässigung eines Prozessschrittes unerkannt bleiben. Alle relevanten Transporte wurden berücksichtigt und die Entfernungen dokumentiert und variiert um deren Einfluss einschätzen zu können.

2.4 Datenqualität

Die in der Modellierung eingesetzten Daten stammen einerseits aus Fragebögen und Befragungen von Herstellern von Zuschlägen und Anlagenbetreibern, andererseits wurden Daten im Rahmen einer Literaturrecherche erhoben.

Daten aus unterschiedlichen Quellen wurden zum Einen zur Datenvalidierung herangezogen, zum Anderen wurden im Falle mehrerer konkurrierender Angaben arithmetische Mittelwerte gebildet. Hierbei ist anzumerken, dass in den vorliegenden Quellen die den Daten zugrundeliegenden Annahmen nur teilweise hinreichend detailliert dargestellt sind.

Die herangezogenen Daten beziehen sich i.A. auf Deutschland, bzw. den deutschsprachigen Raum, wobei unter der generellen Annahme, dass der Abbau von Natursteinen und Naturwerksteinen in anderen Regionen und Ländern nicht grundsätzlich anders erfolgt, die Daten mit Angaben verglichen wurden, deren Bezugsraum außerhalb von Deutschland liegt. Die Hintergrunddaten, insbesondere die Energiebereitstellungsketten stellen Durchschnittswerte für Deutschland dar (z.B. „Strom Mix DE“).

Die genutzten Daten stammen aus dem Zeitraum 1994 – 2007. Generell kann bei der Produktion von Natursteinen und Naturwerksteinen von lediglich geringfügigen Änderungen in der eingesetzten Technik ausgegangen werden. Eine Steigerung der Energieeffizienz der beteiligten Systeme kann angenommen werden. Soweit verfügbar, wurden Angaben zu energieeffizienten, modernen Systemen genutzt.

Aufgrund der hohen Investitionskosten der eingesetzten Maschinen und der Beständigkeit dieser Maschinen zum Einen und einem zunehmenden generellen Bewusstsein bei Anlagenbetreibern für Fragen der Energieeffizienz zum Anderen, kann von einer Gültigkeit der Daten von ca. 5 Jahren ausgegangen werden.

Für Natursteine waren mehrere Angaben nicht verfügbar und wurden abgeschätzt:

- Mittlere Aufteilung der Transportmengen innerhalb der Rohkiesgewinnung / des Steinbruchs auf Förderband und SKW. Aufteilung wird mit einem Verhältnis von 1:1 abgeschätzt.
- Anteil der zu trocknenden Sand-Produkte an der Gesamtproduktion. Da die Energieaufwendung für die thermische Trocknung einen dominierenden Parameter in der Wirkungsanalyse (siehe Abschnitt 3.2) darstellt, werden Lebenszyklusinventare sowohl für getrockneten, als auch für nicht getrockneten Sand erstellt.
- Anteil des in der Rohkiesgewinnung anfallenden Überkorns. Dieser Anteil wird mit 10 % abgeschätzt.

2.5 Allokationen

Die Produkte Sand 0/2 und Kies 2/32, sowie Brechsand 0/2, Splitt 2/15 und Schotter 16/32 werden jeweils als Koppelprodukte in einer kombinierten Produktion hergestellt und vor Lagerung auf Halde oder in Silos in die jeweiligen Fraktionen getrennt. Die Allokation erfolgt über den Marktpreis des jeweiligen Produkts, da die Herstellung von Zuschlägen und die Fraktionierung ökonomisch motiviert ist. Grundlage für die Allokation sind Hersteller-Preisangaben (Holcim 2007).

2.6 Prozessdaten

Die Hintergrunddaten für die Modellierung entstammen der GaBi 4 Datenbank [Der Titel kann nicht dargestellt werden – Die Vorlage "Kurznachweis im Text - - (Standardvorlage)" enthält keine Informationen.] entnommen.

Hintergrunddaten wurden für Transport-Prozesse im Kieswerk, für die Bereitstellung von Energie (z.B. Diesel, Elektrische Energie oder Thermische Energie), sowie für Betriebsmittel verwendet. Die Hintergrunddaten haben jeweils den Bezugsraum Deutschland.

Die Modellierung des Vordergrundsystems erfolgte entsprechend der für Hintergrunddatensätze in der GaBi 4 Datenbank verwendeten Methodik, insbesondere in Bezug auf Hintergrunddaten, Systemgrenzen und Allokation. Somit ist auch die Konsistenz zwischen Vorder- und Hintergrundsystem sichergestellt.

3 Ergebnisse der Sachbilanz

3.1 Sachbilanz

Im Folgenden sind für die in Abschnitt 2.1 aufgeführten Produkte die relevanten In- und Outputs tabellarisch dargestellt. Mittels einer Schwachstellenanalyse wurden die Elementarflüsse mit einem Beitrag von mehr als 0,1 % der kumulierten Wirkung in mindestens einer der betrachteten Wirkungskategorien oder einer der betrachteten Sachbilanzgrößen identifiziert.

Die Sachbilanzdaten gliedern sich in Eingangsgrößen („INPUTS“) und Ausgangsgrößen („OUTPUTS“) und sind weiter in Kategorien gegliedert.

In aufeinander folgenden Tabellen werden die Sachbilanzergebnisse für Produkte aus der Brechsand / Splitt / Schotter- Produktion dargestellt, anschließend die Sachbilanzdaten für Produkte aus dem Sand / Kies- Nassabbau und schließlich die Sachbilanzdaten der Produkte aus dem Sand / Kies- Trockenabbau.

	Brechsand 0/2 (getrocknet)	Brechsand 0/2 (ungetrocknet)	Splitt 2/15 (ungetrocknet)	Schotter 16/32 (ungetrocknet)
INPUTS				
Ressourcen				
Energetische Ressourcen				
Nicht regenerierbare energetische Ressourcen				
Braunkohle (Ressource)				
Braunkohle Deutschland (Lausitz)	1,97E-03	1,95E-03	1,85E-03	1,85E-03
Braunkohle Deutschland (Mitteldeutschland)	6,70E-04	6,60E-04	6,25E-04	6,25E-04
Braunkohle Deutschland (Rheinisch)	3,41E-03	3,38E-03	3,20E-03	3,20E-03
Braunkohle Tschechien	8,46E-05	8,46E-05	8,01E-05	8,01E-05
Erdgas (Ressource)				
Erdgas Algerien	7,21E-06	7,10E-06	6,73E-06	6,73E-06
Erdgas Dänemark	1,40E-04	1,09E-05	1,03E-05	1,03E-05
Erdgas Deutschland	1,48E-03	1,05E-04	9,96E-05	9,96E-05
Erdgas Großbritannien	1,48E-04	1,88E-05	1,78E-05	1,78E-05
Erdgas GUS	2,35E-03	1,71E-04	1,62E-04	1,62E-04
Erdgas Libyen	3,65E-06	3,60E-06	3,41E-06	3,41E-06
Erdgas Niederlande	1,34E-03	9,63E-05	9,12E-05	9,12E-05
Erdgas Nigeria	4,33E-06	4,19E-06	3,97E-06	3,97E-06
Erdgas Norwegen	1,54E-03	1,07E-04	1,01E-04	1,01E-04
Erdgas USA	5,20E-06	5,15E-06	4,88E-06	4,88E-06
Grubenmethan	2,64E-05	2,61E-05	2,47E-05	2,47E-05
Erdöl (Ressource)				
Erdöl Algerien	3,19E-05	3,11E-05	2,95E-05	2,95E-05
Erdöl Angola	9,24E-06	8,95E-06	8,48E-06	8,48E-06
Erdöl Dänemark	1,65E-05	1,55E-05	1,47E-05	1,47E-05
Erdöl Deutschland	2,41E-05	2,29E-05	2,17E-05	2,17E-05
Erdöl Großbritannien	1,06E-04	1,00E-04	9,49E-05	9,49E-05
Erdöl GUS	2,89E-04	2,81E-04	2,66E-04	2,66E-04
Erdöl Kuwait	2,90E-06	2,46E-06	2,33E-06	2,33E-06
Erdöl Libyen	6,61E-05	6,43E-05	6,09E-05	6,09E-05
Erdöl Niederlande	4,55E-06	3,99E-06	3,78E-06	3,78E-06
Erdöl Nigeria	2,29E-05	2,21E-05	2,10E-05	2,10E-05
Erdöl Norwegen	1,74E-04	1,69E-04	1,60E-04	1,60E-04
Erdöl Saudi Arabien	3,40E-05	3,17E-05	3,01E-05	3,01E-05
Erdöl Tunesien	2,16E-06	2,10E-06	1,99E-06	1,99E-06

	Brechsand 0/2 (getrocknet)	Brechsand 0/2 (ungetrocknet)	Splitt 2/15 (ungetrocknet)	Schotter 16/32 (ungetrocknet)
INPUTS				
Ressourcen				
Energetische Ressourcen				
Nicht regenerierbare energetische Ressourcen				
Steinkohle (Ressource)				
Steinkohle Australien	1,36E-04	1,34E-04	1,27E-04	1,27E-04
Steinkohle China	1,82E-05	1,79E-05	1,70E-05	1,70E-05
Steinkohle Deutschland	8,74E-04	8,64E-04	8,19E-04	8,19E-04
Steinkohle GUS	8,18E-05	8,04E-05	7,62E-05	7,62E-05
Steinkohle Indonesien	1,55E-05	1,52E-05	1,44E-05	1,44E-05
Steinkohle Kanada	4,67E-05	4,38E-05	4,15E-05	4,15E-05
Steinkohle Kolumbien	1,12E-04	1,10E-04	1,04E-04	1,04E-04
Steinkohle Polen	2,77E-04	2,74E-04	2,60E-04	2,60E-04
Steinkohle Südafrika	2,75E-04	2,71E-04	2,56E-04	2,56E-04
Steinkohle Tschechien	4,24E-05	4,19E-05	3,97E-05	3,97E-05
Steinkohle USA	4,11E-05	3,89E-05	3,69E-05	3,69E-05
Uran (Ressource)				
Uran natürlich	1,63E-07	1,61E-07	1,53E-07	1,53E-07
Stoffliche Ressourcen				
Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen				
Boden	2,59E-01	2,59E-01	2,45E-01	2,45E-01
Rohkies	1,16E+00	1,16E+00	1,10E+00	1,10E+00
Taubes Gestein	8,16E-02	7,99E-02	7,57E-02	7,57E-02
Regenerierbare stoffliche Ressourcen				
Wasser				
Wasser (Grundwasser)	1,08E+00	1,08E+00	1,02E+00	1,02E+00
Wasser (Oberflächenwasser)	1,15E-01	1,13E-01	1,07E-01	1,07E-01
Kohlendioxid	3,41E-05	3,33E-05	3,15E-05	3,15E-05
Luft	1,87E-01	7,02E-02	6,65E-02	6,65E-02
Wertgüter				
Wertstoffe				
Mineralische Werkstoffe				
Rohkies	-	-	-	-

	Brechsand 0/2 (getrocknet)	Brechsand 0/2 (ungetrocknet)	Splitt 2/15 (ungetrocknet)	Schotter 16/32 (ungetrocknet)
OUTPUTS				
Ablagerungsgüter				
Haldengüter				
Abraum (abgelagert)	4,17E-01	4,15E-01	3,93E-01	3,93E-01
Aufbereitungsrückstände (mineralisch, abgelagert)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Bodenaushub (abgelagert)	4,34E-05	1,45E-05	1,37E-05	1,37E-05
Schlamm (abgelagert)	5,18E-02	5,18E-02	4,91E-02	4,91E-02
Emissionen in Frischwasser				
Analysewerte Emissionen in Frischwasser				
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	4,35E-06	3,78E-06	3,58E-06	3,58E-06
Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)	6,76E-08	1,70E-08	1,61E-08	1,61E-08
Anorganische Emissionen in Frischwasser				
Ammonium / Ammoniak	3,67E-07	3,36E-07	3,19E-07	3,19E-07
Barium	1,50E-09	1,44E-09	1,37E-09	1,37E-09
Beryllium	4,19E-12	4,15E-12	3,93E-12	3,93E-12
Nitrat	7,55E-07	7,53E-07	7,13E-07	7,13E-07
Phosphor	2,83E-09	4,73E-10	4,48E-10	4,48E-10
Organische Emissionen in Frischwasser				
Kohlenwasserstoffe in Frischwasser				
Anthracen	3,62E-13	3,16E-13	2,99E-13	2,99E-13
Benzofluoranthen	2,05E-14	1,82E-14	1,72E-14	1,72E-14
Benzol	8,27E-10	4,48E-10	4,24E-10	4,24E-10
Phenol (Hydroxybenzol)	5,11E-10	4,83E-10	4,58E-10	4,58E-10

	Brechsand 0/2 (getrocknet)	Brechsand 0/2 (ungetrocknet)	Splitt 2/15 (ungetrocknet)	Schotter 16/32 (ungetrocknet)
OUTPUTS				
Emissionen in Frischwasser				
Schwermetalle in Frischwasser				
Arsen	1,10E-09	8,45E-10	8,01E-10	8,01E-10
Blei	3,82E-09	3,17E-09	3,01E-09	3,01E-09
Cadmium	5,83E-10	4,21E-10	3,99E-10	3,99E-10
Kupfer	3,65E-09	9,44E-10	8,94E-10	8,94E-10
Molybdän	3,46E-09	3,42E-09	3,24E-09	3,24E-09
Nickel	1,50E-09	7,78E-10	7,37E-10	7,37E-10
Quecksilber	5,19E-11	3,71E-11	3,51E-11	3,51E-11
Selen	5,99E-10	5,92E-10	5,61E-10	5,61E-10
Vanadium	1,05E-09	1,04E-09	9,86E-10	9,86E-10
Zink	1,83E-09	1,22E-09	1,16E-09	1,16E-09
Emissionen in Industrieboden				
Anorganische Emissionen in Industrieboden				
Ammoniak	5,73E-07	9,58E-08	9,07E-08	9,07E-08
Phosphor	5,89E-08	9,83E-09	9,32E-09	9,32E-09
Schwermetalle in Industrieboden				
Chrom (unspezifisch)	1,10E-09	1,89E-10	1,79E-10	1,79E-10
Kobalt	1,97E-11	3,30E-12	3,13E-12	3,13E-12
Nickel	3,34E-10	7,16E-11	6,78E-11	6,78E-11

	Brechsand 0/2 (getrocknet)	Brechsand 0/2 (ungetrocknet)	Splitt 2/15 (ungetrocknet)	Schotter 16/32 (ungetrocknet)
OUTPUTS				
Emissionen in Luft				
Anorganische Emissionen in Luft				
Ammoniak	6,70E-07	6,14E-07	5,82E-07	5,82E-07
Barium	3,17E-08	6,26E-09	5,93E-09	5,93E-09
Beryllium	9,23E-12	8,95E-12	8,47E-12	8,47E-12
Chlorwasserstoff	1,27E-07	1,25E-07	1,18E-07	1,18E-07
Fluorwasserstoff	2,98E-08	2,93E-08	2,78E-08	2,78E-08
Kohlendioxid	3,27E-02	1,62E-02	1,53E-02	1,53E-02
Kohlenmonoxid	1,87E-05	1,67E-05	1,58E-05	1,58E-05
Lachgas (Distickstoffmonoxid)	1,46E-06	1,24E-06	1,17E-06	1,17E-06
Schwefeldioxid	2,53E-05	1,91E-05	1,81E-05	1,81E-05
Schwefelwasserstoff	4,13E-08	1,62E-08	1,54E-08	1,54E-08
Stickoxide	5,71E-05	4,47E-05	4,24E-05	4,24E-05
Wasserdampf	1,09E+00	1,07E+00	1,02E+00	1,02E+00
Organische Emissionen in Luft (Gruppe VOC)				
Gruppe NMVOC in Luft				
Gruppe PAH in Luft				
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)	1,72E-09	1,66E-09	1,57E-09	1,57E-09
Halogenhaltige organische Emissionen in Luft				
Polychlorierte Dibenzop-dioxine (2,3,7,8 - TCDD)	9,33E-16	8,83E-16	8,37E-16	8,37E-16
R 11 (Trichlorfluormethan)	1,19E-09	1,18E-09	1,12E-09	1,12E-09
R 114 (Dichlortetrafluorethan)	1,22E-09	1,21E-09	1,14E-09	1,14E-09
R 12 (Dichlordifluormethan)	2,56E-10	2,54E-10	2,40E-10	2,40E-10
R 22 (Chlordifluormethan)	2,80E-10	2,77E-10	2,63E-10	2,63E-10
Alkane (unspezifisch)	3,18E-08	3,14E-08	2,98E-08	2,98E-08
Alkene (unspezifisch)	2,95E-08	2,91E-08	2,76E-08	2,76E-08
Benzol	3,83E-08	4,06E-09	3,85E-09	3,85E-09
Butan	5,70E-07	8,57E-08	8,12E-08	8,12E-08
Butan (n-Butan)	1,08E-07	1,11E-08	1,05E-08	1,05E-08
Ethan	2,08E-06	2,83E-07	2,68E-07	2,68E-07
Ethylbenzol	2,95E-08	2,90E-08	2,75E-08	2,75E-08
Formaldehyd (Methanal)	1,06E-07	1,74E-08	1,65E-08	1,65E-08
NMVOC (unspezifisch)	3,47E-06	3,29E-06	3,12E-06	3,12E-06
Pentan (n-Pentan)	4,27E-07	6,39E-08	6,05E-08	6,05E-08

	Brechsand 0/2 (getrocknet)	Brechsand 0/2 (ungetrocknet)	Splitt 2/15 (ungetrocknet)	Schotter 16/32 (ungetrocknet)
OUTPUTS				
Emissionen in Luft				
Partikel in Luft				
Staub (> PM10)	5,37E-03	5,37E-03	5,09E-03	5,09E-03
Staub (PM10)	3,03E-07	2,90E-07	2,75E-07	2,75E-07
Staub (PM2,5)	1,70E-06	1,58E-06	1,50E-06	1,50E-06
Staub (unspezifisch)	1,83E-06	1,76E-06	1,67E-06	1,67E-06
Schwermetalle in Luft				
Antimon	7,77E-11	7,65E-11	7,25E-11	7,25E-11
Arsen	4,48E-10	4,41E-10	4,18E-10	4,18E-10
Blei	1,66E-09	1,51E-09	1,43E-09	1,43E-09
Cadmium	4,29E-11	4,18E-11	3,96E-11	3,96E-11
Chrom (unspezifisch)	2,08E-10	2,02E-10	1,91E-10	1,91E-10
Kobalt	7,05E-11	6,71E-11	6,36E-11	6,36E-11
Kupfer	3,49E-10	3,37E-10	3,19E-10	3,19E-10
Nickel	3,71E-10	3,57E-10	3,38E-10	3,38E-10
Quecksilber	2,74E-10	2,70E-10	2,56E-10	2,56E-10
Selen	1,52E-09	1,50E-09	1,42E-09	1,42E-09
Thallium	8,78E-13	2,96E-13	2,81E-13	2,81E-13
Vanadium	1,72E-09	1,65E-09	1,56E-09	1,56E-09
Zink	4,55E-09	4,48E-09	4,25E-09	4,25E-09
Sonstige Emissionen in Luft				
Abgas	1,54E-01	5,95E-02	5,63E-02	5,63E-02

	Brechsand 0/2 (getrocknet)	Brechsand 0/2 (ungetrocknet)	Splitt 2/15 (ungetrocknet)	Schotter 16/32 (ungetrocknet)
OUTPUTS				
Emissionen in Salzwasser				
Anorganische Emissionen in Salzwasser				
Barium	5,80E-09	5,07E-09	4,81E-09	4,81E-09
Beryllium	8,97E-12	7,79E-12	7,38E-12	7,38E-12
Organische Emissionen in Salzwasser				
Kohlenwasserstoffe in Salzwasser				
Benzol	1,96E-09	1,14E-09	1,08E-09	1,08E-09
Schwermetalle in Salzwasser				
Kobalt	1,57E-10	1,36E-10	1,29E-10	1,29E-10
Kupfer	2,50E-10	1,10E-10	1,04E-10	1,04E-10
Nickel	1,37E-10	9,22E-11	8,73E-11	8,73E-11
Quecksilber	1,82E-12	9,86E-13	9,34E-13	9,34E-13
Vanadium	1,08E-10	9,35E-11	8,86E-11	8,86E-11
Ressourcen				
Stoffliche Ressourcen				
Regenerierbare stoffliche Ressourcen				
Wasser				
Wasser (Flußwasser)	1,21E-01	1,19E-01	1,13E-01	1,13E-01
Wertgüter				
Wertstoffe				
Mineralische Werkstoffe				
Kies 2/32	-	-	-	-
Sand 0/2	1,00	1,00	-	-
Splitt 2/15	-	-	1,00	-
Schotter 16/32	-	-	-	1,00

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau
INPUTS			
Ressourcen			
Energetische Ressourcen			
Nicht regenerierbare energetische Ressourcen			
Braunkohle (Ressource)			
Braunkohle Deutschland (Lausitz)	3,22E-04	3,52E-04	3,05E-04
Braunkohle Deutschland (Mitteldeutschland)	1,09E-04	1,23E-04	1,03E-04
Braunkohle Deutschland (Rheinisch)	5,57E-04	6,09E-04	5,28E-04
Braunkohle Tschechien	1,39E-05	1,39E-05	1,31E-05
Erdgas (Ressource)			
Erdgas Algerien	1,84E-06	2,01E-06	1,75E-06
Erdgas Dänemark	1,83E-06	1,85E-04	1,73E-06
Erdgas Deutschland	1,69E-05	1,97E-03	1,60E-05
Erdgas Großbritannien	2,89E-06	1,86E-04	2,74E-06
Erdgas GUS	3,11E-05	3,13E-03	2,95E-05
Erdgas Libyen	1,82E-06	1,89E-06	1,73E-06
Erdgas Niederlande	1,45E-05	1,79E-03	1,37E-05
Erdgas Nigeria	1,80E-06	2,01E-06	1,71E-06
Erdgas Norwegen	1,73E-05	2,06E-03	1,64E-05
Erdgas USA	8,48E-07	9,24E-07	8,04E-07
Grubenmethan	4,30E-06	4,77E-06	4,08E-06
Erdöl (Ressource)			
Erdöl Algerien	1,49E-05	1,61E-05	1,42E-05
Erdöl Angola	4,19E-06	4,60E-06	3,97E-06
Erdöl Dänemark	6,06E-06	7,45E-06	5,74E-06
Erdöl Deutschland	1,14E-05	1,31E-05	1,08E-05
Erdöl Großbritannien	4,19E-05	5,03E-05	3,97E-05
Erdöl GUS	1,36E-04	1,47E-04	1,28E-04
Erdöl Kuwait	9,15E-07	1,54E-06	8,67E-07
Erdöl Libyen	3,08E-05	3,34E-05	2,92E-05
Erdöl Niederlande	1,82E-06	2,63E-06	1,72E-06
Erdöl Nigeria	1,01E-05	1,12E-05	9,53E-06
Erdöl Norwegen	7,88E-05	8,63E-05	7,47E-05
Erdöl Saudi Arabien	1,33E-05	1,65E-05	1,26E-05
Erdöl Tunesien	9,92E-07	1,09E-06	9,39E-07

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau
INPUTS			
Ressourcen			
Energetische Ressourcen			
Nicht regenerierbare energetische Ressourcen			
Steinkohle (Ressource)			
Steinkohle Australien	2,21E-05	2,47E-05	2,09E-05
Steinkohle China	2,96E-06	3,36E-06	2,80E-06
Steinkohle Deutschland	1,43E-04	1,57E-04	1,35E-04
Steinkohle GUS	1,34E-05	1,54E-05	1,27E-05
Steinkohle Indonesien	2,49E-06	2,94E-06	2,36E-06
Steinkohle Kanada	7,26E-06	1,14E-05	6,88E-06
Steinkohle Kolumbien	1,82E-05	2,07E-05	1,72E-05
Steinkohle Polen	4,52E-05	4,96E-05	4,28E-05
Steinkohle Südafrika	4,46E-05	5,11E-05	4,23E-05
Steinkohle Tschechien	6,91E-06	7,52E-06	6,55E-06
Steinkohle USA	6,42E-06	9,52E-06	6,08E-06
Uran (Ressource)			
Uran natürlich	2,65E-08	2,91E-08	2,51E-08
Stoffliche Ressourcen			
Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen			
Boden	3,85E-01	3,85E-01	3,65E-01
Rohkies	2,14E+00	2,14E+00	9,68E-06
Taubes Gestein	1,32E-02	1,56E-02	1,25E-02
Regenerierbare stoffliche Ressourcen			
Wasser			
Wasser (Grundwasser)	6,59E-03	7,16E-03	6,24E-03
Wasser (Oberflächenwasser)	1,88E-02	2,15E-02	1,78E-02
Kohlendioxid	5,45E-06	6,67E-06	5,16E-06
Luft	1,15E-02	1,78E-01	1,09E-02
Wertgüter			
Wertstoffe			
Mineralische Werkstoffe			
Rohkies	-	-	2,03

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau
OUTPUTS			
Ablagerungsgüter			
Haldengüter			
Abraum (abgelagert)	1,32E-02	1,53E-02	1,25E-02
Aufbereitungsrückstände (mineralisch, abgelagert)	4,27E-02	4,27E-02	4,05E-02
Bodenaushub (abgelagert)	3,85E-01	3,85E-01	3,65E-01
Schlamm (abgelagert)	1,15E-06	1,26E-06	1,09E-06
Emissionen in Frischwasser			
Analysewerte Emissionen in Frischwasser			
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	6,38E-07	1,45E-06	6,05E-07
Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)	5,42E-09	7,76E-08	5,14E-09
Anorganische Emissionen in Frischwasser			
Ammonium / Ammoniak	1,29E-08	5,69E-08	1,22E-08
Barium	5,89E-10	6,71E-10	5,58E-10
Beryllium	6,83E-13	7,50E-13	6,48E-13
Nitrat	9,91E-08	1,02E-07	9,39E-08
Phosphor	1,73E-10	3,54E-09	1,64E-10
Organische Emissionen in Frischwasser			
Kohlenwasserstoffe in Frischwasser			
Anthracen	1,47E-13	2,13E-13	1,39E-13
Benzofluoranthen	8,90E-15	1,21E-14	8,43E-15
Benzol	1,97E-10	7,38E-10	1,87E-10
Phenol (Hydroxybenzol)	2,13E-10	2,53E-10	2,02E-10
Schwermetalle in Frischwasser			
Arsen	2,05E-10	5,69E-10	1,94E-10
Blei	5,45E-10	1,46E-09	5,17E-10
Cadmium	9,68E-11	3,28E-10	9,17E-11
Kupfer	2,58E-10	4,11E-09	2,45E-10
Molybdän	5,68E-10	6,19E-10	5,38E-10
Nickel	1,64E-10	1,19E-09	1,56E-10
Quecksilber	6,49E-12	2,76E-11	6,15E-12
Selen	1,01E-10	1,10E-10	9,55E-11
Vanadium	1,75E-10	1,92E-10	1,66E-10
Zink	2,15E-10	1,08E-09	2,04E-10

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau
OUTPUTS			
Emissionen in Industrieboden			
Anorganische Emissionen in Industrieboden			
Ammoniak	3,51E-08	7,15E-07	3,32E-08
Phosphor	3,60E-09	7,35E-08	3,41E-09
Schwermetalle in Industrieboden			
Chrom (unspezifisch)	6,87E-11	1,37E-09	6,51E-11
Kobalt	1,22E-12	2,45E-11	1,15E-12
Nickel	2,26E-11	3,97E-10	2,14E-11

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau
OUTPUTS			
Emissionen in Luft			
Anorganische Emissionen in Luft			
Ammoniak	1,70E-08	9,72E-08	1,61E-08
Barium	1,53E-09	3,78E-08	1,45E-09
Beryllium	1,48E-12	1,90E-12	1,41E-12
Chlorwasserstoff	2,10E-08	2,41E-08	1,99E-08
Fluorwasserstoff	4,87E-09	5,56E-09	4,62E-09
Kohlendioxid	3,34E-03	2,70E-02	3,17E-03
Kohlenmonoxid	5,23E-06	8,07E-06	4,95E-06
Lachgas (Distickstoffmonoxid)	8,49E-08	3,99E-07	8,05E-08
Schwefeldioxid	4,32E-06	1,32E-05	4,09E-06
Schwefelwasserstoff	3,87E-09	3,95E-08	3,67E-09
Stickoxide	1,77E-05	3,53E-05	1,67E-05
Wasserdampf	1,08E+00	1,09E+00	1,02E+00
Organische Emissionen in Luft (Gruppe VOC)			
Gruppe NMVOC in Luft			
Gruppe PAH in Luft			
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)	8,01E-10	8,82E-10	7,59E-10
Halogenhaltige organische Emissionen in Luft			
Polychlorierte Dibenzo-p- dioxine (2,3,7,8 - TCDD)	1,49E-16	2,19E-16	1,41E-16
R 11 (Trichlorfluormethan)	1,94E-10	2,12E-10	1,84E-10
R 114 (Dichlortetrafluorethan)	1,99E-10	2,17E-10	1,89E-10
R 12 (Dichlordifluormethan)	4,18E-11	4,56E-11	3,96E-11
R 22 (Chlordifluormethan)	4,57E-11	4,98E-11	4,33E-11
Alkane (unspezifisch)	5,02E-09	5,55E-09	4,75E-09
Alkene (unspezifisch)	4,80E-09	5,28E-09	4,54E-09
Benzol	9,03E-10	4,96E-08	8,55E-10
Butan	2,88E-08	7,18E-07	2,73E-08
Butan (n-Butan)	1,81E-09	1,40E-07	1,72E-09
Ethan	8,50E-08	2,65E-06	8,05E-08
Ethylbenzol	4,79E-09	5,41E-09	4,54E-09
Formaldehyd (Methanal)	2,74E-09	1,29E-07	2,59E-09
NMVOC (unspezifisch)	1,66E-06	1,92E-06	1,58E-06
Pentan (n-Pentan)	1,54E-08	5,33E-07	1,46E-08

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau
OUTPUTS			
Emissionen in Luft			
Partikel in Luft			
Staub (> PM10)	5,14E-07	5,14E-07	4,87E-07
Staub (PM10)	1,53E-07	1,71E-07	1,45E-07
Staub (PM2,5)	7,88E-07	9,61E-07	7,47E-07
Staub (unspezifisch)	3,70E-07	4,61E-07	3,51E-07
Schwermetalle in Luft			
Antimon	1,26E-11	1,43E-11	1,20E-11
Arsen	7,34E-11	8,32E-11	6,96E-11
Blei	2,55E-10	4,67E-10	2,41E-10
Cadmium	7,25E-12	8,82E-12	6,87E-12
Chrom (unspezifisch)	3,62E-11	4,47E-11	3,43E-11
Kobalt	1,52E-11	1,99E-11	1,44E-11
Kupfer	5,85E-11	7,64E-11	5,54E-11
Nickel	8,81E-11	1,09E-10	8,35E-11
Quecksilber	4,49E-11	5,06E-11	4,25E-11
Selen	2,49E-10	2,75E-10	2,36E-10
Thallium	5,77E-14	8,86E-13	5,47E-14
Vanadium	5,61E-10	6,63E-10	5,31E-10
Zink	7,45E-10	8,38E-10	7,06E-10
Sonstige Emissionen in Luft			
Abgas	9,86E-03	1,45E-01	9,35E-03

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Nassabbau
OUTPUTS			
Emissionen in Salzwasser			
Anorganische Emissionen in Salzwasser			
Barium	2,19E-09	3,22E-09	2,08E-09
Beryllium	3,41E-12	5,09E-12	3,23E-12
Organische Emissionen in Salzwasser			
Kohlenwasserstoffe in Salzwasser			
Benzol	4,83E-10	1,65E-09	4,57E-10
Schwermetalle in Salzwasser			
Kobalt	5,97E-11	8,91E-11	5,66E-11
Kupfer	4,00E-11	2,39E-10	3,79E-11
Nickel	3,77E-11	1,01E-10	3,57E-11
Quecksilber	4,07E-13	1,60E-12	3,85E-13
Vanadium	4,10E-11	6,11E-11	3,88E-11
Ressourcen			
Stoffliche Ressourcen			
Regenerierbare stoffliche Ressourcen			
Wasser			
Wasser (Flußwasser)	1,97E-02	2,23E-02	1,87E-02
Wertgüter			
Wertstoffe			
Mineralische Werkstoffe			
Kies 2/32	-	-	1,00
Sand 0/2	1,00	1,00	-
Splitt 2/15	-	-	-
Schotter 16/32	-	-	-

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau
INPUTS			
Ressourcen			
Energetische Ressourcen			
Nicht regenerierbare energetische Ressourcen			
Braunkohle (Ressource)			
Braunkohle Deutschland (Lausitz)	4,93E-04	5,20E-04	5,20E-04
Braunkohle Deutschland (Mitteldeutschland)	1,67E-04	1,79E-04	1,76E-04
Braunkohle Deutschland (Rheinisch)	8,52E-04	8,99E-04	8,99E-04
Braunkohle Tschechien	2,13E-05	2,13E-05	2,24E-05
Erdgas (Ressource)			
Erdgas Algerien	1,22E-06	1,37E-06	1,28E-06
Erdgas Dänemark	2,59E-06	1,69E-04	2,73E-06
Erdgas Deutschland	2,50E-05	1,80E-03	2,64E-05
Erdgas Großbritannien	3,42E-06	1,70E-04	3,61E-06
Erdgas GUS	4,08E-05	2,86E-03	4,31E-05
Erdgas Libyen	1,03E-06	1,09E-06	1,09E-06
Erdgas Niederlande	2,16E-05	1,64E-03	2,28E-05
Erdgas Nigeria	1,06E-06	1,25E-06	1,12E-06
Erdgas Norwegen	2,47E-05	1,88E-03	2,61E-05
Erdgas USA	1,30E-06	1,37E-06	1,37E-06
Grubenmethan	6,57E-06	7,00E-06	6,94E-06
Erdöl (Ressource)			
Erdöl Algerien	8,69E-06	9,70E-06	9,17E-06
Erdöl Angola	2,46E-06	2,83E-06	2,59E-06
Erdöl Dänemark	3,71E-06	4,98E-06	3,91E-06
Erdöl Deutschland	6,54E-06	8,09E-06	6,90E-06
Erdöl Großbritannien	2,53E-05	3,29E-05	2,67E-05
Erdöl GUS	7,85E-05	8,87E-05	8,28E-05
Erdöl Kuwait	5,78E-07	1,15E-06	6,10E-07
Erdöl Libyen	1,79E-05	2,03E-05	1,89E-05
Erdöl Niederlande	1,07E-06	1,80E-06	1,13E-06
Erdöl Nigeria	5,92E-06	6,95E-06	6,25E-06
Erdöl Norwegen	4,60E-05	5,28E-05	4,85E-05
Erdöl Saudi Arabien	8,10E-06	1,10E-05	8,55E-06
Erdöl Tunesien	5,78E-07	6,67E-07	6,10E-07

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau
INPUTS			
Ressourcen			
Energetische Ressourcen			
Nicht regenerierbare energetische Ressourcen			
Steinkohle (Ressource)			
Steinkohle Australien	3,37E-05	3,61E-05	3,56E-05
Steinkohle China	4,51E-06	4,87E-06	4,76E-06
Steinkohle Deutschland	2,18E-04	2,31E-04	2,30E-04
Steinkohle GUS	2,03E-05	2,20E-05	2,14E-05
Steinkohle Indonesien	3,80E-06	4,22E-06	4,02E-06
Steinkohle Kanada	1,10E-05	1,48E-05	1,16E-05
Steinkohle Kolumbien	2,77E-05	3,00E-05	2,93E-05
Steinkohle Polen	6,91E-05	7,30E-05	7,29E-05
Steinkohle Südafrika	6,81E-05	7,40E-05	7,19E-05
Steinkohle Tschechien	1,06E-05	1,11E-05	1,12E-05
Steinkohle USA	9,76E-06	1,26E-05	1,03E-05
Uran (Ressource)			
Uran natürlich	4,06E-08	4,29E-08	4,28E-08
Stoffliche Ressourcen			
Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen			
Boden	2,43E-01	2,43E-01	2,57E-01
Rohkies	1,09E+00	1,09E+00	1,15E+00
Taubes Gestein	2,02E-02	2,23E-02	2,13E-02
Regenerierbare stoffliche Ressourcen			
Wasser			
Wasser (Grundwasser)	9,83E-01	9,84E-01	1,04E+00
Wasser (Oberflächenwasser)	2,86E-02	3,10E-02	3,02E-02
Kohlendioxid	8,31E-06	9,42E-06	8,77E-06
Luft	1,73E-02	1,69E-01	1,82E-02
Wertgüter			
Wertstoffe			
Mineralische Werkstoffe			
Rohkies	-	-	-

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau
OUTPUTS			
Ablagerungsgüter			
Haldengüter			
Abraum (abgelagert)	3,35E-01	3,37E-01	3,53E-01
Aufbereitungsrückstände (mineralisch, abgelagert)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Bodenaushub (abgelagert)	3,65E-06	4,11E-05	3,86E-06
Schlamm (abgelagert)	4,87E-02	4,87E-02	5,14E-02
Emissionen in Frischwasser			
Analysewerte Emissionen in Frischwasser			
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	9,51E-07	1,69E-06	1,00E-06
Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)	4,31E-09	6,99E-08	4,55E-09
Anorganische Emissionen in Frischwasser			
Ammonium / Ammoniak	1,83E-08	5,83E-08	1,93E-08
Barium	3,93E-10	4,69E-10	4,15E-10
Beryllium	1,04E-12	1,10E-12	1,10E-12
Nitrat	1,52E-07	1,54E-07	1,60E-07
Phosphor	1,24E-10	3,18E-09	1,31E-10
Organische Emissionen in Frischwasser			
Kohlenwasserstoffe in Frischwasser			
Anthracen	8,69E-14	1,47E-13	9,17E-14
Benzofluoranthen	5,16E-15	8,10E-15	5,44E-15
Benzol	1,23E-10	6,14E-10	1,29E-10
Phenol (Hydroxybenzol)	1,31E-10	1,67E-10	1,38E-10
Schwermetalle in Frischwasser			
Arsen	2,19E-10	5,49E-10	2,31E-10
Blei	8,00E-10	1,63E-09	8,45E-10
Cadmium	1,04E-10	3,14E-10	1,10E-10
Kupfer	2,43E-10	3,75E-09	2,56E-10
Molybdän	8,63E-10	9,10E-10	9,11E-10
Nickel	1,98E-10	1,13E-09	2,09E-10
Quecksilber	9,36E-12	2,85E-11	9,88E-12
Selen	1,49E-10	1,58E-10	1,58E-10
Vanadium	2,62E-10	2,78E-10	2,77E-10
Zink	3,08E-10	1,10E-09	3,25E-10

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau
OUTPUTS			
Emissionen in Industrieboden			
Anorganische Emissionen in Industrieboden			
Ammoniak	2,52E-08	6,43E-07	2,66E-08
Phosphor	2,58E-09	6,62E-08	2,73E-09
Schwermetalle in Industrieboden			
Chrom (unspezifisch)	4,96E-11	1,24E-09	5,24E-11
Kobalt	8,69E-13	2,20E-11	9,17E-13
Nickel	1,86E-11	3,59E-10	1,96E-11
Emissionen in Luft			
Anorganische Emissionen in Luft			
Ammoniak	2,44E-08	9,73E-08	2,58E-08
Barium	1,59E-09	3,46E-08	1,67E-09
Beryllium	2,25E-12	2,62E-12	2,37E-12
Chlorwasserstoff	3,11E-08	3,40E-08	3,28E-08
Fluorwasserstoff	7,37E-09	8,00E-09	7,78E-09
Kohlendioxid	4,07E-03	2,55E-02	4,30E-03
Kohlenmonoxid	2,86E-06	5,44E-06	3,02E-06
Lachgas (Distickstoffmonoxid)	1,27E-07	4,12E-07	1,34E-07
Schwefeldioxid	4,88E-06	1,29E-05	5,15E-06
Schwefelwasserstoff	3,99E-09	3,64E-08	4,21E-09
Stickoxide	1,17E-05	2,77E-05	1,23E-05
Wasserdampf	9,83E-01	9,99E-01	1,04E+00

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau
OUTPUTS			
Emissionen in Luft			
Organische Emissionen in Luft (Gruppe VOC)			
Gruppe NMVOC in Luft			
Gruppe PAH in Luft			
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)	4,70E-10	5,44E-10	4,96E-10
Halogenhaltige organische Emissionen in Luft			
Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (2,3,7,8 - TCDD)	2,23E-16	2,87E-16	2,35E-16
R 11 (Trichlorfluormethan)	2,97E-10	3,13E-10	3,14E-10
R 114 (Dichlortetrafluorethan)	3,04E-10	3,21E-10	3,21E-10
R 12 (Dichlordifluormethan)	6,39E-11	6,73E-11	6,74E-11
R 22 (Chlordifluormethan)	6,98E-11	7,36E-11	7,37E-11
Alkane (unspezifisch)	7,65E-09	8,13E-09	8,08E-09
Alkene (unspezifisch)	7,33E-09	7,76E-09	7,73E-09
Benzol	9,96E-10	4,53E-08	1,05E-09
Butan	2,19E-08	6,49E-07	2,31E-08
Butan (n-Butan)	2,73E-09	1,28E-07	2,88E-09
Ethan	7,10E-08	2,40E-06	7,49E-08
Ethylbenzol	7,31E-09	7,88E-09	7,72E-09
Formaldehyd (Methanal)	4,13E-09	1,19E-07	4,36E-09
NMVOC (unspezifisch)	9,21E-07	1,15E-06	9,72E-07
Pentan (n-Pentan)	1,60E-08	4,87E-07	1,69E-08
Propan	9,14E-08	1,45E-06	9,64E-08
Toluol (Methylbenzol)	3,34E-09	3,85E-09	3,52E-09
Xylol (Dimethylbenzol)	3,06E-08	3,26E-08	3,23E-08
Methan	6,95E-06	6,03E-05	7,33E-06

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau
OUTPUTS			
Emissionen in Luft			
Partikel in Luft			
Staub (> PM10)	4,67E-07	4,67E-07	4,93E-07
Staub (PM10)	5,76E-08	7,40E-08	6,08E-08
Staub (PM2,5)	3,21E-07	4,78E-07	3,39E-07
Staub (unspezifisch)	6,75E-07	7,57E-07	7,12E-07
Schwermetalle in Luft			
Antimon	1,93E-11	2,08E-11	2,03E-11
Arsen	1,11E-10	1,20E-10	1,17E-10
Blei	3,79E-10	5,72E-10	4,00E-10
Cadmium	1,05E-11	1,19E-11	1,11E-11
Chrom (unspezifisch)	5,08E-11	5,85E-11	5,36E-11
Kobalt	1,72E-11	2,15E-11	1,81E-11
Kupfer	8,49E-11	1,01E-10	8,96E-11
Nickel	8,99E-11	1,09E-10	9,49E-11
Quecksilber	6,81E-11	7,33E-11	7,19E-11
Selen	3,78E-10	4,01E-10	3,99E-10
Thallium	7,45E-14	8,28E-13	7,86E-14
Vanadium	4,31E-10	5,24E-10	4,55E-10
Zink	1,13E-09	1,21E-09	1,19E-09
Sonstige Emissionen in Luft			
Abgas	1,48E-02	1,38E-01	1,57E-02

	Sand 0/2 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Sand 0/2 (getrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau	Kies 2/32 (ungetrocknet) aus Sand-Kies- Trockenabbau
OUTPUTS			
Emissionen in Salzwasser			
Anorganische Emissionen in Salzwasser			
Barium	1,31E-09	2,25E-09	1,39E-09
Beryllium	2,03E-12	3,55E-12	2,14E-12
Organische Emissionen in Salzwasser			
Kohlenwasserstoffe in Salzwasser			
Benzol	2,96E-10	1,36E-09	3,12E-10
Schwermetalle in Salzwasser			
Kobalt	3,55E-11	6,22E-11	3,75E-11
Kupfer	2,68E-11	2,08E-10	2,83E-11
Nickel	2,34E-11	8,11E-11	2,47E-11
Quecksilber	2,52E-13	1,33E-12	2,66E-13
Vanadium	2,44E-11	4,27E-11	2,57E-11
Ressourcen			
Stoffliche Ressourcen			
Regenerierbare stoffliche Ressourcen			
Wasser			
Wasser (Flußwasser)	3,00E-02	3,24E-02	3,17E-02
Wertgüter			
Wertstoffe			
Mineralische Werkstoffe			
Kies 2/32	-	-	1,00
Sand 0/2	1,00	1,00	-
Splitt 2/15	-	-	-
Schotter 16/32	-	-	-

3.2 Wirkungsanalyse und Plausibilitätsbetrachtungen

Die Wirkungsanalyse wird mittels des Charakterisierungsmodells *CML2001* (CML 2001) durchgeführt. Dabei werden folgende Wirkungskategorien betrachtet:

- Treibhauspotenzial (GWP₁₀₀) [kg CO₂-Äquiv.]
- Versauerungspotenzial (AP) [kg AP-Äquiv.]
- Eutrophierungspotenzial (EP) [kg Phosphat-Äquiv.]
- Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (POCP) [kg Ethen-Äquiv.]
- Ozonabbaupotenzial (ODP) [kg R11-Äquiv.]
- Humantoxizitätspotenzial (HTP) [kg DCB-Äquiv.]
- Aquatisches Frischwasser Ökotoxpotenzial (FAETP) [kg DCB-Äquiv.]
- Aquatisches Salzwasser Ökotoxpotenzial (MAETP) [kg DCB-Äquiv.]
- Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial (TETP) [kg DCB-Äquiv.]
- Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) [kg Sb-Äquiv.]

Ergänzend werden die Sachbilanzgrößen

- Primärenergie aus Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ] und
- Primärenergie aus erneuerbaren Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]

dargestellt.

Tab. 3-1 stellt die aggregierten Umweltwirkungen der betrachteten Produkte je kg Produkt dar. Abb. 3-1 stellt für die Indikatoren „Primärenergie aus Ressourcen(H_u)“ und „Primärenergie aus erneuerbaren Ressourcen (H_u)“ die aggregierten Umweltwirkungen je kg Produkt für alle Produkte grafisch dar. Abb. 3-2 und Abb. 3-3 stellen beispielhaft die aggregierten Umweltwirkungen in den Wirkungskategorien „Treibhauspotenzial (GWP₁₀₀)“ und „Versauerungspotenzial (AP)“ dar.

Tab. 3-1 Aggregierte Umweltwirkungen für alle Produkte, in allen Indikatoren. Angabe je kg Produkt.

	Brechsand 0/2 (getr.)	Brechsand 0/2 (ungeotr.)	Kies 2/32 (ungeotr.) aus Sand-Kies-Nassabbau	Kies 2/32 (ungeotr.) aus Sand-Kies-Trockenabbau	Sand 0/2 (getr.) aus Sand-Kies-Nassabbau	Sand 0/2 (getr.) aus Sand-Kies-Trockenabbau	Sand 0/2 (ungeotr.) aus Sand-Kies-Nassabbau	Sand 0/2 (ungeotr.) aus Sand-Kies-Trockenabbau	Schotter 16/32 (ungeotr.)	Splitt 2/15 (ungeotr.)
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen [MJ]	0,5582	0,2616	0,0503	0,0697	0,4755	0,4501	0,0531	0,0660	0,2478	0,2478
Primärenergiebedarf aus Ressourcen [MJ]	0,0116	0,0115	0,0018	0,0031	0,0021	0,0031	0,0019	0,0029	0,0109	0,0109
Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	2,25E-04	8,25E-05	1,74E-05	2,20E-05	2,21E-04	2,05E-04	1,84E-05	2,08E-05	7,82E-05	7,82E-05
Aquat. Frischwasser Ökotoxpot. (FAETP) [kg DCB-Äqv.]	3,22E-05	2,37E-05	4,81E-06	6,37E-06	1,72E-05	1,71E-05	5,08E-06	6,04E-06	2,25E-05	2,25E-05
Aquat. Salzwasser Ökotoxpot. (MAETP) [kg DCB-Äqv.]	1,3576	1,3109	0,2141	0,3481	0,2925	0,3902	0,2260	0,3298	1,2419	1,2419
Eutrophierungspotential (EP) [kg Phosphat-Äqv.]	8,27E-06	6,36E-06	2,23E-06	1,67E-06	5,07E-06	4,06E-06	2,35E-06	1,59E-06	6,03E-06	6,03E-06
Humantoxizitätspotential (HTP) [kg DCB-Äqv.]	5,91E-04	4,81E-04	9,36E-05	1,28E-04	2,55E-04	2,64E-04	9,89E-05	1,22E-04	4,56E-04	4,56E-04
Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	2,45E-09	2,42E-09	3,79E-10	6,44E-10	4,36E-10	6,44E-10	4,00E-10	6,11E-10	2,30E-09	2,30E-09
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	6,18E-06	4,36E-06	1,49E-06	1,17E-06	4,16E-06	3,47E-06	1,57E-06	1,11E-06	4,13E-06	4,13E-06
Terrestrisches Ökotoxizitätspot. (TETP) [kg DCB-Äqv.]	1,79E-05	1,16E-05	2,26E-06	3,12E-06	1,13E-05	1,11E-05	2,38E-06	2,95E-06	1,10E-05	1,10E-05
Treibhauspotential (GWP 100 Jahre) [kg CO ₂ -Äqv.]	0,0347	0,0171	0,0033	0,0045	0,0286	0,0271	0,0035	0,0043	0,0162	0,0162
Versauerungspotential (AP) [kg SO ₂ -Äqv.]	6,68E-05	5,17E-05	1,59E-05	1,39E-05	3,82E-05	3,26E-05	1,68E-05	1,32E-05	4,90E-05	4,90E-05

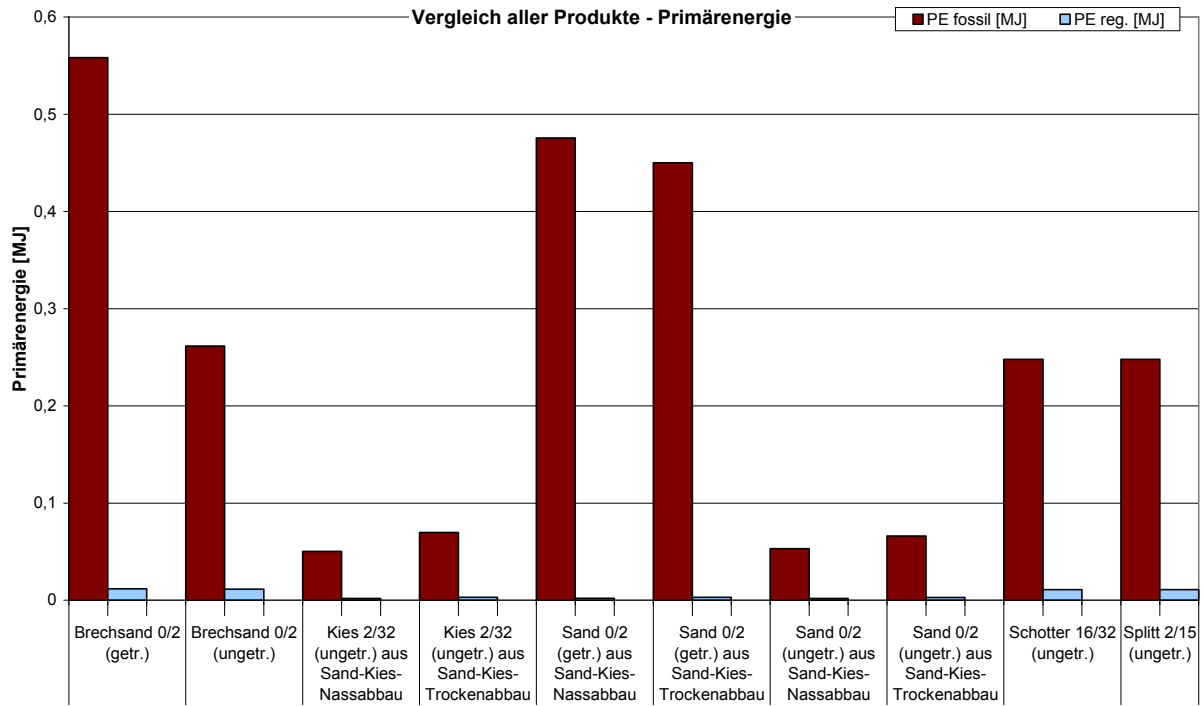


Abb. 3-1 Aggregierte Primärenergienutzung in MJ je kg Produkt.

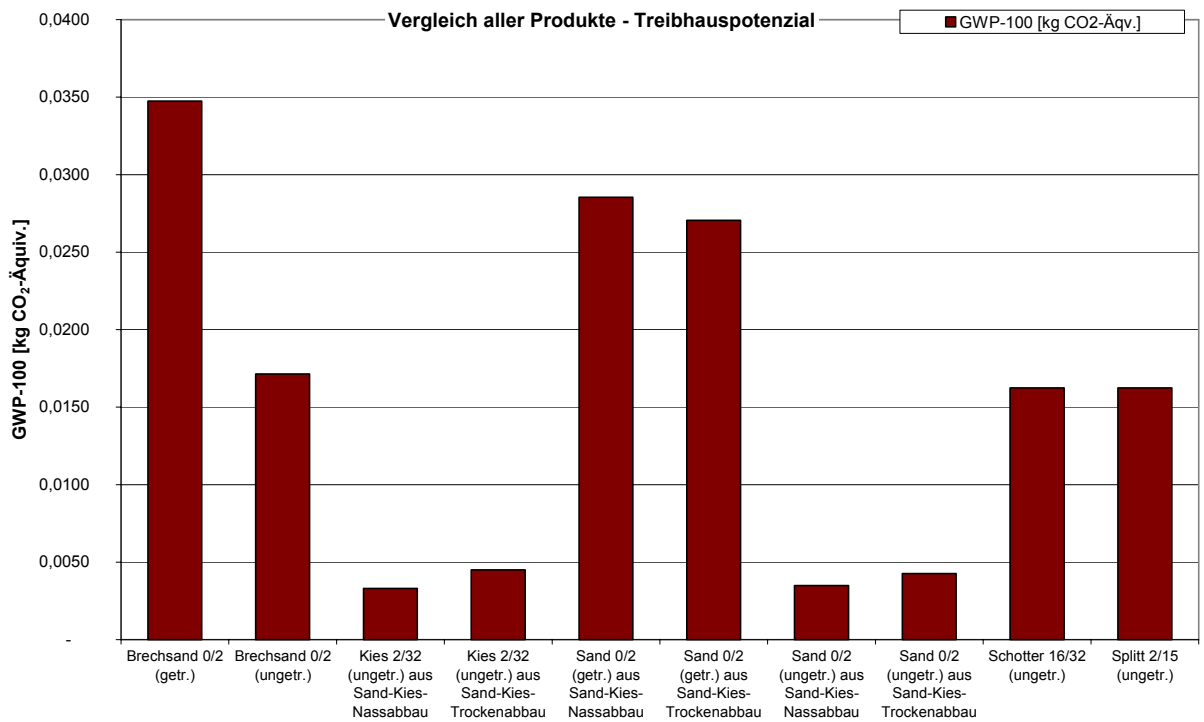


Abb. 3-2 Aggregierte Umweltwirkungen in der Wirkungskategorie „Treibhauspotenzial (GWP₁₀₀) je kg Produkt.

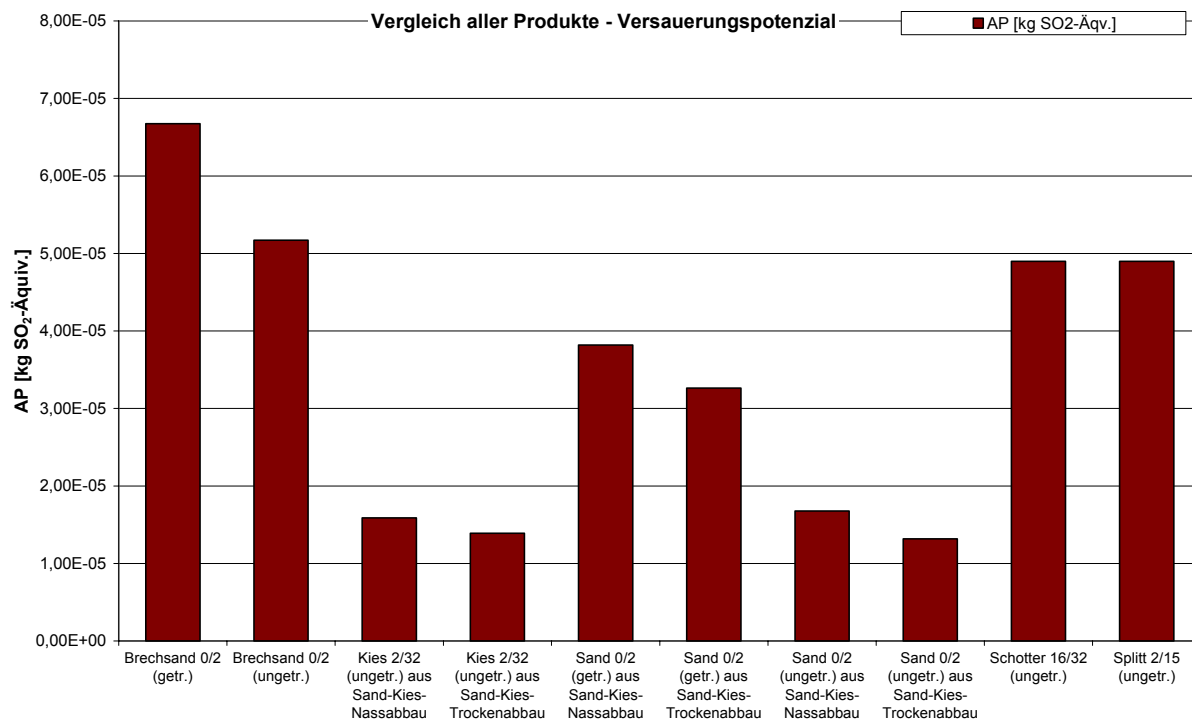


Abb. 3-3 Aggregierte Umweltwirkungen in der Wirkungskategorie „Versauerungspotenzial (AP) je kg Produkt.

Am Produkt „Brechsand 0/2 (getrocknet)“ werden in Abb. 3-4 beispielhaft die Beiträge der Prozessschritte *Rohkiesgewinnung* bzw. *Steinbruch*, *Kieswerk* und (separat ausgewiesen) *Trocknung* zu den einzelnen Indikatoren dargestellt. Dabei kann festgestellt werden, dass der Prozessschritt *Trocknung*, in dem Thermische Energie aus Erdgas genutzt wird, um den Feuchtegehalt des Produkts von ca. 5 M.-% auf 0,2 M.-% zu reduzieren, mit mehr als 50 % des gesamten Primärenergieeinsatzes des Systems einen signifikanten Beitrag zu den gesamten Umweltwirkungen darstellt. Dieser Beitrag ist in den verschiedenen Wirkungskategorien unterschiedlich stark ausgeprägt. Der Unterschied zwischen Produkten mit *Trocknung* und solchen ohne *Trocknung* im Primärenergieverbrauch, ebenso wie im jeweiligen Treibhauspotenzial ist in Abb. 3-1 und in Abb. 3-2 zu erkennen.

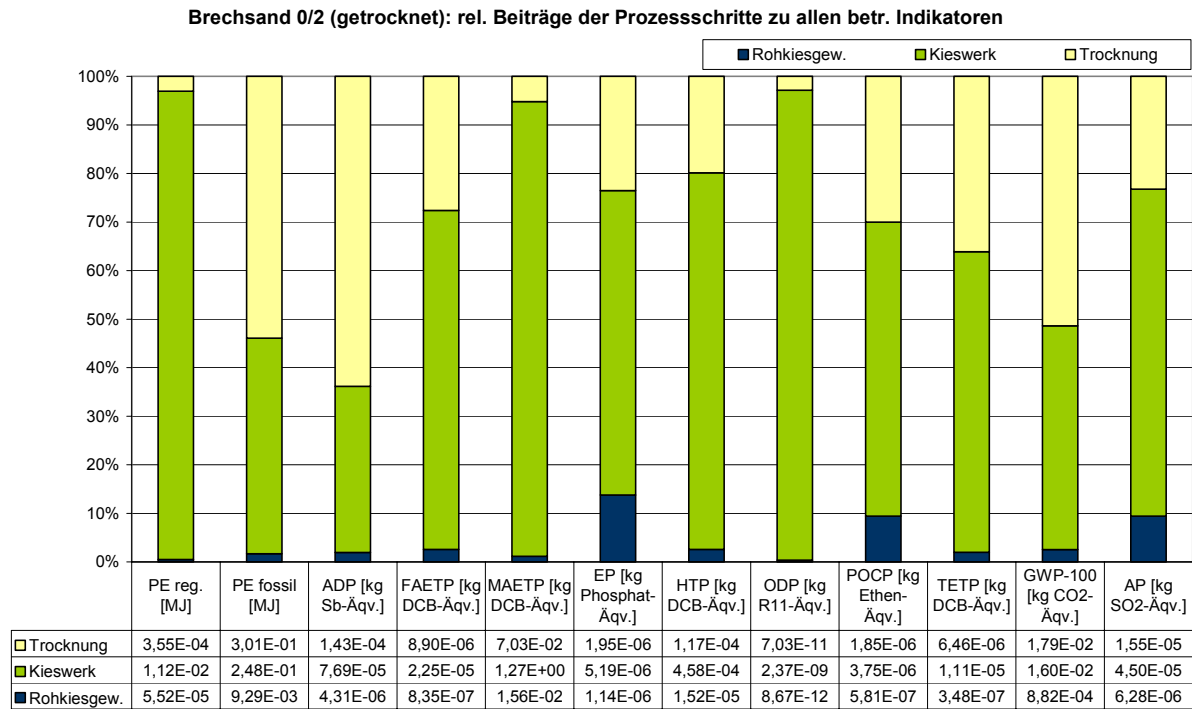


Abb. 3-4 Relative Beiträge der Prozessschritte Rohkiesgewinnung (bzw. Steinbruch), Kieswerk und Trocknung zu den betrachteten Indikatoren dargestellt.

Die Abhängigkeit des Umweltprofils der Produkte von der thermischen Trocknung ist auch in der folgenden Abbildung erkennbar (Treibhauspotenzial).

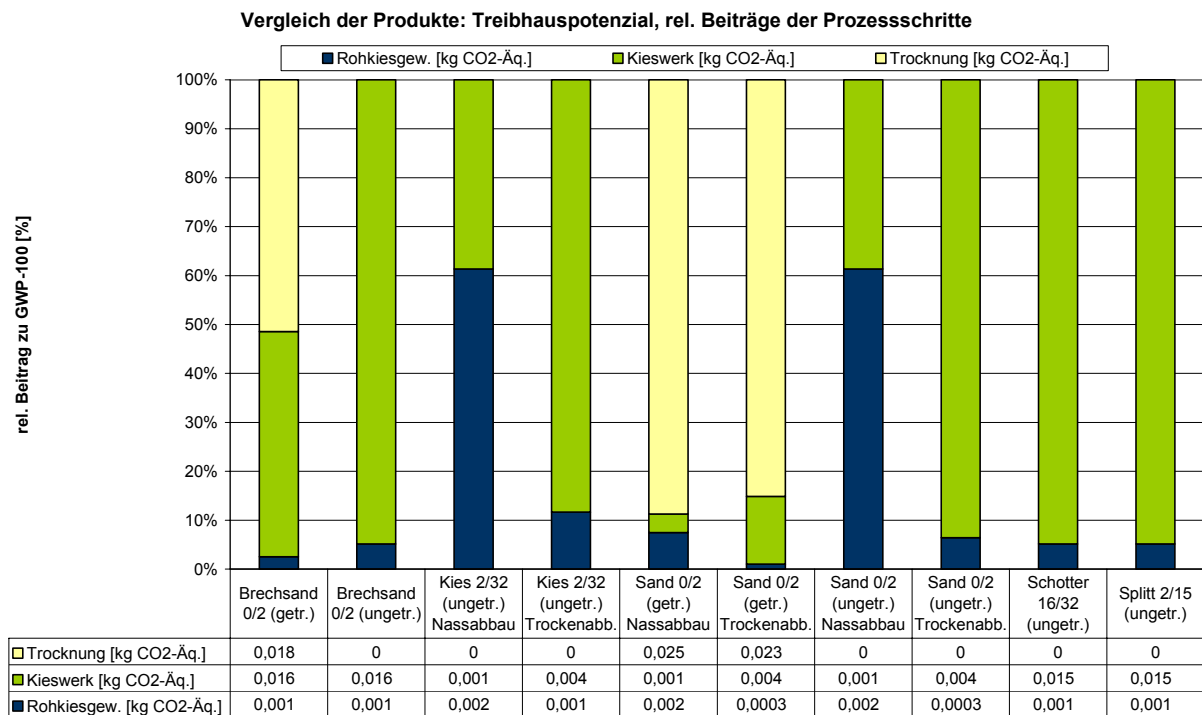


Abb. 3-5 Relative Beiträge der Prozessschritte der unterschiedlichen Produkte zur Wirkungskategorie Treibhauspotenzial.

4 Anwendungsmöglichkeit der Ergebnisse

Die erstellten Lebenszyklusinventare können für die Untersuchung baulicher Vorhaben eingesetzt werden, bei denen die entsprechenden deutschen Produkte zum Einsatz kommen. „Bauliche Vorhaben“ können dabei sowohl die Herstellung von Baustoffen mit Hilfe der dargestellten Produkte, z.B. als natürliche Zuschläge sein, als auch der direkte Einsatz der Produkte im Bauwesen.

Aus umweltlicher Sicht ist darauf hinzuweisen, dass die Wirkungen, die durch die – nahezu vollständige – (thermische) Trocknung entstehen, das gesamte System der Herstellung von Zuschlägen dominieren und eine Verbesserung der Energieeffizienz oder eine Veränderung der genutzten Technologie zum Trocknen eine deutliche Reduktion der Umweltwirkungen der entsprechenden Produkte bewirken kann.

Die erstellten Datensätze wurden einer internen kritischen Prüfung unterzogen.

5 Fortschreibung und Aktualisierung der Daten

Wie in Abschnitt 2.4 beschrieben, kann im Bereich der Produktion von Zuschlägen und Natursteinen von einer generell lediglich geringfügigen Änderung der Technologie ausgegangen werden. Allerdings ist eine kontinuierliche Verbesserung der Energieeffizienz zu erwarten und innerhalb eines Zeitraums von ca. 5 Jahren ist eine Überprüfung der Daten empfehlenswert.

Da das System insgesamt Energie-dominiert ist, empfiehlt sich außerdem eine regelmäßige Aktualisierung des Energie-Hintergrundsystems.

6 Literatur

CML (2001): *CML's impact assessment methods and characterisation factors* Leiden University, Institute of Environmental Science (CML). Online: URL: <http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/databases/cmlia/>.

GÄNßMANTEL, J. (2000): *Ermittlung und Bewertung des Energieaufwands zum Trocknen der in Werk trockenmörteln verwendeten Zuschläge Ergänzung zur Studie "Ökologische Aspekte von Werk trockenmörteln"*. Interner Forschungsbericht. Industrieverband Werk trockenmörtel e.V. (WTM). Duisburg.

HOLCIM (Hg.) (2007): *Preisliste 2007 Region Stuttgart*. Holcim Kies und Beton GmbH. Stuttgart. Online: URL: <http://www.holcim.com/gc/DEUB/uploads/Preisliste%202007%20VKO%20Stuttgart%20101206.pdf>.

LBP, PE (2007): *GaBi 4 Software-System and Databases for Life Cycle Engineering*. Stuttgart, Echterdingen. Online: URL: <http://www.gabi-software.com/>.

Waschen und Entwässern. Immer wichtiger bei der Aufbereitung von Kies, Sand und Naturstein (2000): Die Industrie der Steine + Erden, Jg. 109, Nr. 2. Online: <http://www.stbg.de/Zeitung/se200/waschen.htm>.