

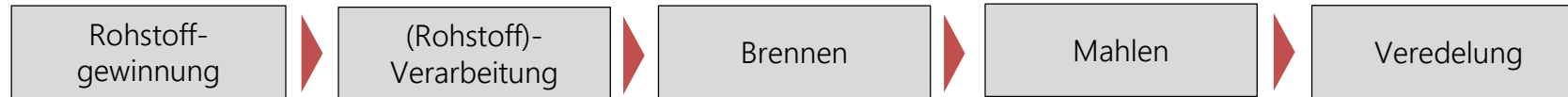
FFE

CO₂-Verminderung in der Kalkherstellung

27.11.2019

2019

Prozessablaufdiagramm Kalkherstellung



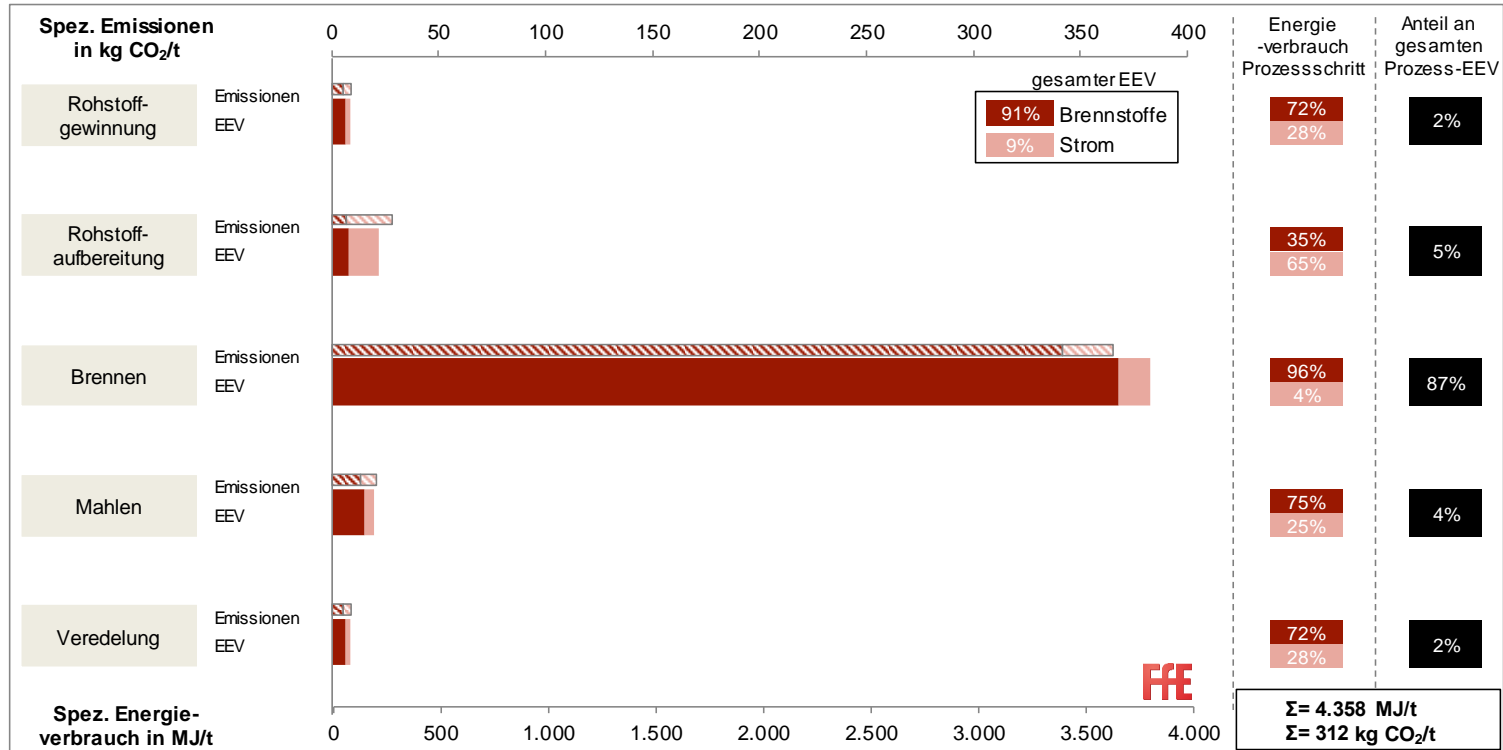
Prozessbeschreibung:

In der Kalkindustrie werden sowohl gebrannte Erzeugnisse als auch ungebrannte Erzeugnisse hergestellt. Angesichts des hohen Energiebedarfs und der Emissionen beim Brennen sind vor allem gebrannte Erzeugnisse relevant. Die Kalkindustrie ähnelt in Teilen der Zementindustrie. So wird zum Mahlen von Gesteinsmehl oder bei der Feinkalkherstellung die gleiche Mühlentechnologie verwendet wie bei der Zementproduktion. Auch die Maßnahmen zur Treibhausgasverminderung ähneln sich folglich.

Kalkstein und Dolomit werden gebrochen, gemahlen und eventuell gewaschen. Danach wird das Material gebrannt, um Branntkalk herzustellen. Die Reaktion im Ofen verursacht chemisch bedingte Emissionen, da aus Calciumcarbonat (CaCO_3), Calciumoxid (CaO) und Kohlendioxid (CO_2) gewonnen werden.

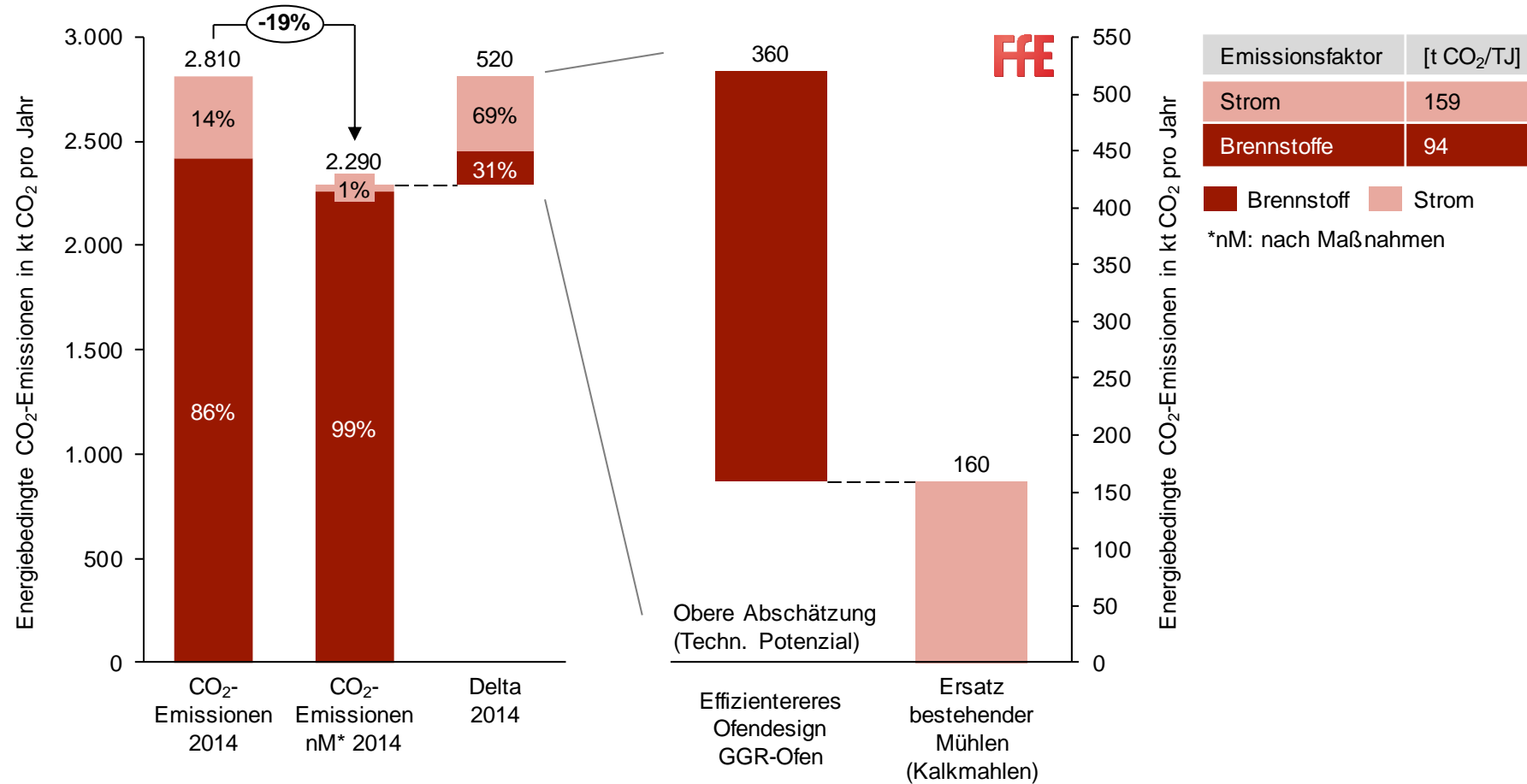
Mahlvorgänge sind vor allem stromintensiv, das Kalzinieren (Brennen) ist mit der energieintensivste Prozessschritt. Dabei werden verschiedene Öfen verwendet. Drehrohröfen, Ringschachtöfen und Gleichstrom-Gegenstrom-Regenerativ-Öfen sind die am meisten verwendeten Öfen. Die Öfen weisen unterschiedliche Verbräuche auf. Im Durchschnitt verbraucht ein Drehrohröfen mit Vorwärmer 6,45 GJ Brennstoff / t Kalk während ein GGR-Ofen 3,7 GJ Brennstoff benötigt. /ISI-05 13/, /BRUNK-01 16/

Spezifischer Energieverbrauch in MJ/t und spezifische CO₂-Emissionen in kg CO₂/t der Kalkherstellung



- Kalkproduktion in Deutschland: 6,5 Mio. Tonnen gebrannte Erzeugnisse und 18,30 Mio. Tonnen ungebrannte Erzeugnisse in 2014 /BDK-01 16/
- Durchschnittlicher Energieverbrauch von 4.358 MJ pro Tonne Kalk /HEIS-01 17/, /RWI-01 13/, /WALL-01 16/ und /BDKI-02 18/
- Deckung des Energiebedarfs zu 86 % über Brennstoffe
- Brennen ist der energieintensivste Schritt mit 85 % des gesamten Energieverbrauchs
- Durchschnittliche energiebedingte CO₂-Emissionen von 430 kg pro Tonne Kalk (gebrannte Erzeugnisse) /RWI-01 13/
- Prozessbedingte CO₂ Emissionen i. H. v. 780 kg pro Tonne Kalk (gebrannte Erzeugnisse) /BDKI-03 18/

Auswirkungen quantifizierter CO₂-Verminderungsmaßnahmen auf die CO₂-Emissionen in der Kalkherstellung



Herleitung des maximalen technischen CO₂-Verminderungspotenzials der Effizienzmaßnahmen in der Kalkherstellung

Kurzbezeichnung	Beschreibung	Maximales technisches Potenzial und Zukunftsfähigkeit
Effizienteres Ofendesign	Durch den Ersatz bestehender Öfen durch den heutzutage effizientesten Ofentypen des Gleichstrom-Gegenstrom-Regenerativ-Ofens (GGR) lassen sich bedeutende Energie- und damit Emissionsverminderungen realisieren. Der Ofen wird derzeit in Deutschland in ca. 25 % der Anlagen eingesetzt. Die Maßnahme bezieht sich darauf, alle bestehenden Ofentypen durch den modernsten Ofentyp zu ersetzen. /IER-05 14/, /UBA-03 17/	<p>Maximales technisches Potenzial: <400 kt CO₂/a</p> <p>Herleitung:</p> <p>Spez. Einsparpotenzial Wärme: 221 kWh/t Kalk basierend auf /IER-05 14/, /UBA-03 17/</p> <p>Anwendungsquote: 75 % basierend auf /UBA-03 17/</p>
Ersatz bestehender Mühlen (Kalkmahlen)	Der Ersatz bestehender Mühlen (weit verbreitet sind Kugelmühlen) durch wesentlich energieeffizientere vertikale Walzenmühlen oder Horizontal-Sichtrollenmühlen führt zu einer Senkung der verbrauchten Energie und damit auch zu einer Reduktion von Emissionen. /BMUB-04 16/, /ISI-05 13/	<p>Maximales technisches Potenzial: <100 kt CO₂/a</p> <p>Herleitung:</p> <p>Spez. Einsparpotenzial Strom: 13 kWh/t Kalk basierend auf /BMUB-04 16/</p> <p>Anwendungsquote: 89 % Annahme basierend auf /IER-03 14/ (Zementmahlen)</p> <p>Das ausgewiesene Potenzial bezieht sich auf gebrannte Kalkerzeugnisse.</p>
Abwärmenutzung zur Stromerzeugung (z.B. ORC)	Strom, welcher aus industrieller Abwärme gewonnen wird, ist gleichsam emissionsfrei. Durch den Organic Rankine Cycle (ORC) kann bereits bei relativ geringen Temperaturniveaus (ab 70 bis 80 °C) Strom aus Wärme erzeugt werden. Daher bietet sich ORC vor allem auch zur Nutzung von Abwärme aus Industrieprozessen an. /QUO-01 13/ Hier wird die Abwärme des Kalkbrennens genutzt.	<i>Antinomische Wechselwirkung mit der Maßnahme „Effizienteres Ofendesign“, da bei den GGR-Öfen kein realisierbares Potenzial zur Abwärmenutzung besteht. Bedeutendes Potenzial ähnlich zur Zementherstellung bestünde beispielsweise bei Drehrohröfen.</i>
Abwärmenutzung zur Materialvorwärmung	Die Wärme, welche beim Kalkbrennen entsteht, kann analog zur Zementherstellung zur Materialvorwärmung genutzt werden. /QUO-01 13/ Hier wird die Abwärme des Kalkbrennens genutzt.	<i>Antinomische Wechselwirkung mit der Maßnahme „Effizienteres Ofendesign“, da bei den GGR-Öfen kein zusätzliches Potenzial zur internen Abwärmenutzung besteht. Die Einsparungen sind bereits durch das Prinzip des GGR-Ofens berücksichtigt. Bedeutendes Potenzial ähnlich zur Zementherstellung bestünde beispielsweise bei Drehrohröfen.</i>
Alle Maßnahmen	Summe der Maßnahmen	Maximales technisches Potenzial: 500 kt CO ₂ /a

- BDK-01 16** Geschäftsbericht 2015/2016. Köln: Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e. V., 2016
- BDKI-02 18** BVK: Brennen - Aus Kalkstein wird Kalk. In: <https://www.kalk.de/rohstoff/gewinnung/brennen/>. (Abruf am 2018-08-01); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/71LNOWOxb>); Köln: Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e. V. (BVK), 2018.
- BDKI-03 18** CO₂-Prozentrechnen in der Kalkindustrie. Köln: Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e. V. (BVK), 2018.
- BMUB-04 16** Wallmeier, Werner; Wasner, Per: Innovative energieeffiziente Branntkalk-Mahlanlage: Horizontal-Schichtrollenmühle - BMUB Umweltinnovationsprogramm. Heidelberg: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2016
- BRUNK-01 16** Brunke, Jean-Christian: Energieeinsparpotenziale von energieintensiven Produktionsprozessen in Deutschland - Eine Analyse mit Hilfe von Energieeinsparkostenkurven. Dissertation. Herausgegeben durch die Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, geprüft von Voß, Alfred und Sauer, Alexander: Stuttgart, 2016.
- HEIS-01 17** Heisinger: Interview - CO₂-Verminderung bei der Herstellung von Kalk; Interview, geführt von Wiener, Manuel und Gruber, Anna; Kasendorf: Franken Maxit Mauermörtel GmbH & Co., 2017
- IER-03 14** Brunke, Jean-Christian; Blesl, Markus: Energy conservation measures for the German cement industry and their ability to compensate for rising energy-related production costs in: Journal of Cleaner Production. Amsterdam: Elsevier, 2014
- IER-05 14** Kuder, Ralf: Energieeffizienz in der Industrie - Modellgestützte Analyse des effizienten Energieeinsatzes in der EU-27 mit Fokus auf den Industriesektor. Stuttgart: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, 2014

Quellen

- ISI-05 13** Fleiter, Tobias; Schlomann, Barbara; Eichhammer, Wolfgang: Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien - Einsparpotentiale, Hemmnisse und Instrumente in: ISI Schriftenreihe "Innovationspotentiale". Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI), 2013
- RWI-01 13** Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2011 und 2012. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), 2013
- UBA-03 16** Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016 - Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2014. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA), 2016
- UBA-03 17** Prozessdetails: Steine-ErdenCaO-GGR-Ofen-DE-2020 - Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas) in: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id=%7B86C6457F-ABF7-4F8C-803E-794F6EBCB973%7D>. (Abruf: 2017-09-12). (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6tQMc9A08>). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2017
- WALL-01 16** Wallmeier, Werner: Innovative energieeffiziente Branntkalkmahlanlage: Horizontal-Schichtrollenmühle - (KfW-AZ: NKa3-003072). Warstein: Calcis Warstein GmbH, 2016