

## **Abschlussbericht**

**Änderungen der europäischen Richtlinie zum Emissionshandel:**

**Auswirkungen auf die deutsche Zementindustrie**

Erstellt von:

**McKinsey&Company**

Düsseldorf, Juni 2008

Im Auftrag von:

Verein Deutscher Zementwerke e.V. und

Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.

# Inhalt

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	3
Kontext, Rahmenbedingungen und Ziele der Untersuchung	6
Kontext und Rahmenbedingungen	6
Ziele der Untersuchung	6
Methodik und wesentliche Annahmen	7
Methodik	7
Wesentliche Annahmen	10
Ergebnis und Implikationen	15
Beschreibung des Basisszenarios	15
Ergebnis im Basisszenario	17
Sensitivitätsanalysen	19
Anhang: Details Basisberechnungen	22
Produktionskosten Klinkerproduktion	22
Transportkosten	24
CO <sub>2</sub> -Emissionskosten	28
CO <sub>2</sub> -Bilanz	28
Quellenverzeichnis	31
Autoren	33

# Änderung der europäischen Richtlinie zum Emissionshandel: Auswirkungen auf die deutsche Zementindustrie

*Abschlussbericht*

## **ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE**

Im vorliegenden Bericht analysiert McKinsey & Company, Inc. im Auftrag des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) und des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie e.V. (BDZ) die Auswirkungen der Änderung der europäischen Richtlinie zum Emissionshandel und die dadurch bedingten Kosten für CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Zementindustrie.

Die Zementherstellung ist produktionsbedingt mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden. Der überwiegende Beitrag stammt aus dem als Rohmaterial verwendeten Kalkstein (Prozess-CO<sub>2</sub>), der verbleibende Anteil aus den eingesetzten Brennstoffen (Brennstoff-CO<sub>2</sub>). Insofern muss die Zementindustrie von hohen zusätzlichen Kosten ausgehen, wenn zukünftig die CO<sub>2</sub>-Minderungsziele weiter verschärft werden und zudem CO<sub>2</sub>-Zertifikate ersteigert werden müssen.<sup>1</sup> Der Entwurf der Europäischen Kommission vom Januar 2008 zur Änderung der Emissionshandelsrichtlinie 2003/87/EG sieht ein generelles CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel für die am Emissionshandel beteiligten Sektoren (ETS-Sektoren) von 21% bis zum Jahr 2020 vor (Basis 2005). Zusätzlich ist die Auktionierung von Emissionsrechten als Grundprinzip geplant. Für die Industriesektoren ist zunächst ein schrittweiser Einstieg in die Versteigerung geplant, bis im Jahr 2020 die Ersteigerung in vollem Umfang Pflicht wird. Der Kommissionsvorschlag sieht Ausnahmen hiervon nur dann vor, wenn für den jeweiligen Industriesektor die Gefahr von "Carbon Leakage" gegeben ist. Dieser Begriff beschreibt eine Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in Regionen außerhalb des EU-ETS-Geltungsbereichs auf Grund einer Verlagerung von Produktion. Im Gegensatz zu den Industriesektoren muss die Energiewirtschaft bereits im Jahre 2013 alle benötigten CO<sub>2</sub>-Rechte ersteigern.

<sup>1</sup> Hinzu kommen die indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen, die mit dem Stromverbrauch verbunden sind und über den Strompreiseffekt des Emissionshandels weitere Kosten implizieren.

Die vorliegende Studie untersucht daher, welche Auswirkungen die zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Kosten auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Zementindustrie haben. Betrachtet wird dabei die Herstellung von Zementklinker, kurz Klinker. Klinker ist das entscheidende Zwischenprodukt in der Wertschöpfungskette der Zementproduktion. Aus Klinker werden in Zementmühlen unter Verwendung weiterer Bestandteile die unterschiedlichen Zementarten produziert und Klinker ist am wahrscheinlichsten einer Gefahr von "Carbon Leakage" ausgesetzt. Denn die Klinkerherstellung unterliegt dem Emissionshandel und ist praktisch für die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich, die im Zementwerk entstehen. Zudem ist Klinker herstellungsbedingt weltweit nahezu identisch zusammengesetzt, kann leicht transportiert werden und ist sehr gut lagerfähig.

Die vorliegende Untersuchung unterstellt, dass in Deutschland produzierter Klinker durch Importe ersetzt wird, wenn die Produktionsvollkosten in Deutschland inklusive CO<sub>2</sub>-Kosten auf Dauer signifikant höher sind als die Produktionsvollkosten in einem Land, das nicht dem EU-ETS unterliegt ("Nicht-EU-ETS-Land") zuzüglich der anfallenden Transportkosten. Entsprechend werden in der Analyse die Vollkosten für lokalen und importierten Klinker an Zementmühlenstandorten in Deutschland verglichen; darauf basierend wird das Risiko von "Carbon Leakage" sowie zusätzlicher CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Transport und CO<sub>2</sub>-intensiverer Produktion im Ausland berechnet. Vor dem Hintergrund der Europäischen Emissionshandelsrichtlinie bildet die vorliegende Studie den Kommissionsvorschlag vom Januar 2008 ab: Das Jahr 2020 ist als Basisjahr der Berechnung gewählt, weil dann die Zementindustrie alle CO<sub>2</sub>-Rechte ersteigern müsste.

Alle im vorliegenden Fall untersuchten Szenarien gehen davon aus, dass in Nicht-EU-ETS-Ländern ausreichend Exportkapazitäten für Klinker bestehen. So werden bis zum Jahr 2012 signifikante Überkapazitäten erwartet; zusätzliche Kapazitäten werden entstehen, wenn sich der Export nach Deutschland als profitabel erweist. Diese langfristige Perspektive (bis 2020) erfordert die Berücksichtigung von Vollkosten. Insofern werden die Produktionskosten auf Vollkostenbasis inklusive Abschreibungen unter Berücksichtigung der Transportkosten und CO<sub>2</sub>-Kosten miteinander verglichen. Für die Importe nach Deutschland wurden jeweils Standorte in den Ländern Ägypten, Saudi-Arabien und China ausgewählt. Sie sind repräsentativ und liegen in Regionen mit freien Kapazitäten, die bereits heute nach Europa exportieren.

Im Ergebnis zeigt das Basisszenario, dass im Jahr 2020 etwa 50% der Klinkerproduktion in Deutschland durch Importe bedroht sind, wenn CO<sub>2</sub>-Kosten von 35 EUR/Tonne angenommen werden. Dieses Produktionsvolumen entspricht ca. 12 Mio. Tonnen Klinker. Durch die Verwendung von importiertem Klinker würden ca. 9,8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen verlagert ("Carbon Leakage"), darüber hinaus würden 0,8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen zusätzlich anfallen.

Da die im Basisszenario gewählten Parameter Unsicherheiten unterliegen können, wurden entsprechende Sensitivitätsanalysen durchgeführt. So wurden die Auswirkungen von CO<sub>2</sub>-Kosten zwischen 25 und 50 EUR/Tonne sowie eine Abweichung der Logistikkosten um ca. +20/- 40% vom Basisszenario auf die durch Importe bedrohte Klinkerproduktion berechnet. Die Kombination der jeweiligen Extremwerte dieser Annahmen definiert die Bandbreite der Sensitivitäten: Demnach sind zwischen ca. 25 und 86% der deutschen Klinkerproduktion bedroht.

Zusammenfassend ist daher unabhängig vom gewählten Szenario mit einem signifikanten "Carbon Leakage" durch die Kosten für CO<sub>2</sub> in der deutschen Zementindustrie zu rechnen. Im Übrigen wären immer noch etwa 19% der deutschen Klinkerproduktion bedroht, wenn die Zementindustrie lediglich Zertifikate in Höhe von 21% ihrer CO<sub>2</sub>-Emissionen (d.h. im Umfang der europaweiten Minderungsverpflichtung) kaufen müsste und ihr ansonsten die Zertifikate frei zugeteilt würden.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Unter der Annahme, dass das Reduzierungsziel von 21% nur auf das "Brennstoff-CO<sub>2</sub>" und nicht auf das "Prozess-CO<sub>2</sub>" angesetzt wird, wären ca. 18% der Klinkerproduktion bedroht.

## KONTEXT, RAHMENBEDINGUNGEN UND ZIELE DER UNTERSUCHUNG

### Kontext und Rahmenbedingungen

Die Europäische Richtlinie zum Emissionshandel (EU-ETS) definiert die Rahmenbedingungen für die vorliegende Untersuchung. Basierend auf dem Entwurf der Europäischen Kommission vom 23. Januar 2008 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG ist derzeit von folgenden *wesentlichen* Prinzipien auszugehen:

- **Reduktionsziel von 21% bis 2020** – Auf Basis des Jahres 2005 sollen alle am EU-Emissionshandel beteiligten Sektoren ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2020 um 21% senken.
- **Auktionierung als Basisprinzip** – Die Auktionierung wird als Basisprinzip für die Zuteilung der CO<sub>2</sub>-Zertifikate eingeführt.
- **Reduzierung der freien Allokation bis auf 0% in 2020** – Für den Stromsektor wird die vollständige Versteigerung der Zertifikate ab 2013 zur Regel. Für den Industriesektor soll die freie Allokation der Emissionsrechte schrittweise linear von 80% im Jahr 2013 auf 0% im Jahr 2020 reduziert werden.
- **Ausnahmenregelung bei "Carbon Leakage"** – Im Jahr 2013 und in jedem der Folgejahre bis 2020 sollen Anlagen in den Industrien, in denen ein erhebliches Risiko der Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen ("Carbon Leakage") besteht, Zertifikate in Höhe von bis zu 100% der jeweiligen Höchstmenge kostenlos zugeteilt bekommen. "Carbon Leakage" bezeichnet dabei die Verlagerung der Produktion und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Nicht-EU-ETS-Länder.

### Ziele der Untersuchung

Angesichts der beschriebenen Eckpunkte zur Änderung des EU-ETS für die Zeit nach 2013 analysiert die vorliegende Untersuchung die Auswirkungen von CO<sub>2</sub>-Kosten auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Zementindustrie. Dabei soll im Besonderen untersucht werden, ob und in welchem Umfang es zu "Carbon Leakage" bzw. zu zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen kommen kann.

## METHODIK UND WESENTLICHE ANNAHMEN

Die Untersuchung basiert auf einer Analyse der zu erwartenden Marktentwicklungen bis zum Jahr 2020 bei unterschiedlichen Kosten für CO<sub>2</sub>-Emissionen. Basis der Untersuchung sind öffentlich verfügbare Informationen, die die jeweils gültige Bandbreite von Expertenmeinungen widerspiegeln. Die Analyse untersucht mögliche wirtschaftliche Implikationen auf Grund entstehender Kosten für CO<sub>2</sub>-Emissionen und gibt keine politischen Handlungsempfehlungen.

### Methodik

Die Grundannahme der Untersuchung ist, dass Produzenten in Deutschland auf Basis einer Kostenbetrachtung eine rationale Entscheidung über die Produktion von Klinker im Inland oder den Import von Klinker aus einem Nicht-EU-ETS-Land treffen. Bei einem wesentlichen Kostenvorteil der einen Option im Vergleich zur anderen wird sich der Produzent ab einem bestimmten Kostendifferenz für die kostengünstigere entscheiden. Dabei wird angenommen, dass insbesondere größere Marktteilnehmer Klinker an eigenen Standorten in Nicht-EU-ETS-Ländern produzieren können. Dieses Szenario erscheint wahrscheinlich, da somit Kriterien wie Marktzugang, Qualität, Liefersicherheit und Preis (Kosten) weitgehend internalisiert sind.

- **Betrachtungszeitraum** – Basierend auf dem oben dargestellten Allokationsschema entstehen den Unternehmen im Jahre 2020 die höchsten CO<sub>2</sub>-Kosten. Der Vorschlag der Europäischen Kommission sieht vor, dass bis dahin das Reduzierungsziel von 21% vollständig erfüllt sein muss und zudem die Auktionierung von CO<sub>2</sub>-Rechten im größtmöglichen Umfang eingeführt ist. Aus diesem Grund ist 2020 das Bezugsjahr der in diesem Bericht dargestellten Analysen. Insofern wurde angenommen, dass die Zementindustrie 100% ihrer Zertifikate ersteigern muss. Alle Rechnungen wurden auf Basis der im Jahr 2020 erwarteten realen Kosten durchgeführt<sup>3</sup>.
- **Modellrechnung** – Abhängig von den zu erwartenden Produktionskosten in Deutschland und in den Nicht-EU-ETS Ländern, den zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Emissionskosten für deutsche Produzenten und den entsprechenden Annahmen für Transportkosten von im Ausland

<sup>3</sup> Der erwartete Effekt durch das EU-ETS wurde auf jährlicher Basis berechnet. In diesem Bericht wird jedoch nur der erwartete Effekt für das Jahr 2020 gezeigt

produziertem Klinker nach Deutschland werden deutsche Produzenten sich für oder gegen eine Klinkerproduktion in Deutschland entscheiden. Folglich ist eine Abschätzung der zu erwartenden Kosten für Produktion, CO<sub>2</sub>-Emissionen und Transport in 2020 zu treffen. Folgende Herangehensweise wurde hierfür gewählt (Schaubild 1):

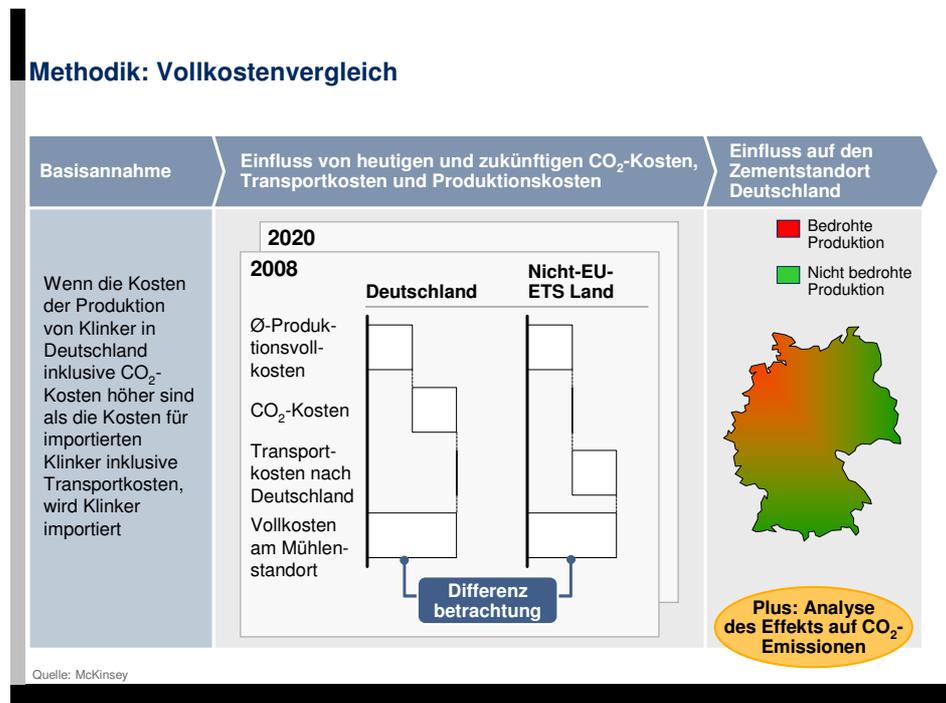


Schaubild 1: Methodik

- *Klinkerproduktion vs. Zementproduktion* – Praktisch die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementherstellung werden durch die Klinkerproduktion verursacht (0,78 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tonne Klinker)<sup>4</sup>. Weiterhin ist Klinker herstellungsbedingt weltweit nahezu identisch zusammengesetzt und im Unterschied zu Zement gut transportierbar<sup>5</sup>. Zement entsteht in Zementmühlen durch das Mahlen von Klinker und unter Verwendung weiterer Hauptbestandteile wie z.B. Hüttensand, Flugasche, Kalkstein und Puzzolanen. Insofern wird unabhängig von der Herkunft des Klinkers erst bei der Zementmahlung der erforderliche Zement nach Sorte und Qualitätsmerkmalen hergestellt und an die unterschiedlichen

<sup>4</sup> Ausgangswert: Tatsächliche CO<sub>2</sub>-Emissionen 2006 / Tatsächliche Klinkerproduktion 2006 in Deutschland; Prognose bis 2020 auf Basis Erwartungen für Marktentwicklung, Entwicklung des mittleren Sekundärbrennstoffanteils und des Anteils an Biomasse

<sup>5</sup> Zement ist hygroskopisch und erfordert daher besondere Sorgfalt beim Transport sowie eine spezialisierte – und somit teure – Logistikkette

Anforderungen der Endkunden angepasst. Wenn eine Umstellung von heimischer Produktion auf Importe stattfindet, betrifft dies mit hoher Wahrscheinlichkeit die Klinkerproduktion. Die Analysen der Untersuchung betrachten demzufolge eine mögliche Substitution von deutschem durch importierten Klinker.

- *Durchschnittliche Produktionskosten auf Vollkostenbasis* – Für Deutschland sowie für mögliche Nicht-EU-ETS-Exportländer wurden durchschnittliche Produktionsvollkosten sowie deren Entwicklung bis zum Jahr 2020 bestimmt. Hierfür wurden die einzelnen Kostenarten auf Basis typischer Mengengerüste sowie der zu erwartenden Preise ermittelt. Die getroffenen Annahmen beziehen sich auf Personal, Elektrizität, Brennstoffe, Rohstoffe, Wartung/Instandhaltung und Reparaturen, Abschreibungen und Sonstiges. Für Deutschland wurden hierbei Produktionsvollkosten angenommen, die den Durchschnitt der deutschen Werke repräsentieren.

Im Gegensatz hierzu wurden für Importe aus Nicht-EU-ETS-Ländern Produktionsvollkosten von Werken im unteren Drittel der Kostenkurve angenommen. Denn bereits heute existiert eine ausreichende Anzahl solcher Werke. Ferner ist auch im Falle von Neuinvestitionen von "Best-in-Class"-Anlagen mit effizienten Kostenstrukturen auszugehen.

Die Notwendigkeit einer Vollkostenbetrachtung ergibt sich auch daraus, dass die langfristigen und dauerhaften Entwicklungen (kein Spot-Markt) abgebildet werden sollen<sup>6</sup>. So müssen bestehende Anlagen unabhängig von ihrem Alter in langfristigen Zeiträumen mit signifikanten Reinvestitionen rechnen, während Entscheidungen für den Bau neuer Anlagen nur unter Berücksichtigung von Investitionskosten getroffen werden. Als Annahme wurde daher im Kostenvergleich mit konstanten Abschreibungen auf Basis von Investitionskosten für eine Neuanlage gerechnet.

- *CO<sub>2</sub>-Emissionskosten* – In der vorliegenden Untersuchung wird ein Szenario unterstellt, wonach die deutschen Zementhersteller im

<sup>6</sup> Die Vollkostenbetrachtung ist eine konservative Annahme. Auf Grenzkostenbasis für importierten Klinker würde sich das Gleichgewicht zu Gunsten von Importen verschieben. Ein solches Szenario ist vorstellbar, wenn die Entwicklung der globalen Baunachfrage hinter den Erwartungen der Zementindustrie zurückbleibt und signifikante globale Überkapazitäten über einen längeren Zeitraum bestehen. In Deutschland produzierter Klinker muss in jedem Fall wegen des langfristigen Betrachtungszeitraums auf Vollkostenbasis betrachtet werden

Jahr 2020 für jede Tonne ausgestoßenes CO<sub>2</sub> Emissionszertifikate erwerben müssen. Die entsprechenden Kosten werden in die Kalkulation der Produktionskosten einbezogen. Hierbei wurde der bereits oben erwähnte Faktor von 0,78 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tonne Klinker angewendet.

- *Transportkosten nach Deutschland* – Als zusätzliche Kosten für Exporte nach Deutschland müssen Transportkosten einbezogen werden. Hierzu wurden zunächst die wahrscheinlichsten Exportrouten für den Überseetransport nach Deutschland bestimmt (sollte die Seeschifffahrt in einen Emissionshandel einbezogen werden, entstehen ihr zusätzliche CO<sub>2</sub>-Kosten, die jedoch etwa 2 bis 4% der Transportkosten ausmachen und daher im vorliegenden Fall vernachlässigt wurden). Innerhalb Deutschlands wurden die wesentlichen Routen auf Basis der topographischen Gegebenheiten sowie der erwarteten Zielregion definiert. Betrachtet wurden sowohl der Binnenschifftransport als auch der Lkw-Transport. Bahntransport spielt in der Zementindustrie in Deutschland derzeit eine untergeordnete Rolle und wurde daher nicht berücksichtigt. Für den Transport innerhalb des exportierenden Landes wurde mit einer durchschnittlichen Entfernung von 50 km bis zum nächsten Seehafen gerechnet. Diese Annahme entspricht in etwa dem Durchschnitt der bereits bestehenden sowie der bereits geplanten Anlagen.

## Wesentliche Annahmen

Folgende weitere Basisannahmen wurden bei der Erstellung der Analyse getroffen:

- **Ausreichende Exportkapazitäten in Nicht-EU-ETS-Ländern** – Bereits heute stehen ausreichende Klinkerkapazitäten in Nicht-EU-ETS-Ländern für Exporte zur Verfügung. Bis zum Jahr 2012 werden zudem weitere Klinkerwerke in Betrieb gehen. Darüber hinaus werden Produzenten in weitere Anlagen in Nicht-EU-ETS-Ländern investieren, falls zusätzlicher Bedarf entsteht und Klinker gewinnbringend nach Europa exportiert werden kann. Die bereits beschriebene Vollkostenbetrachtung stellt sicher, dass die entsprechenden Investitionskosten berücksichtigt werden.

Als drei repräsentative Länder wurden Ägypten (stellvertretend für Nordafrika), Saudi-Arabien (stellvertretend für den Mittleren Osten) und China ausgewählt. Langfristig ist es wahrscheinlich, dass in diesen

Ländern genügend Kapazitäten für Exportzwecke vorhanden sind – auf Grund der Marktstruktur (China) bzw. der Lage (Ägypten), wenngleich momentan in Ägypten Exportbeschränkungen von Seiten der Regierung eingeführt wurden, um kurzfristig eine bessere Versorgung des lokalen Marktes sicherzustellen. Auch für den Mittleren Osten wird in Zukunft mit zusätzlichem Kapazitätsaufbau gerechnet; deshalb wurde diese Region (hier stellvertretend Saudi-Arabien) ebenfalls in die Betrachtung einbezogen.

Für den Zeitraum 2005-2010 wurde für diese drei Regionen ein durchschnittliches Wachstum der Produktionskapazitäten für Zement von 8,2% pro Jahr prognostiziert<sup>7</sup>. Bei der Annahme von einem durchschnittlichen Klinkerfaktor<sup>8</sup> in diesen Regionen von 0,9 bis 0,95 entspricht das einem kumulierten Klinkervolumen von etwa 475 bis 500 Mio. Tonnen, was in etwa dem 20fachen Klinkerproduktionsvolumen von Deutschland entspricht.

- **Produktionskostenvergleich an den Zementmühlenstandorten in Deutschland** – Wahrscheinliche Abnehmer für die erwarteten Klinkerimporte sind bestehende Zementmühlen in Deutschland. Sie verfügen über einen entsprechenden Marktzugang und die hierfür erforderliche Logistik. Zudem können sie importierte Klinkermengen sukzessive für die Zementproduktion verwenden, ohne dass zusätzlicher Investitionsbedarf besteht. Insofern berücksichtigt die Untersuchung die Transportkosten bis zu diesen Standorten. Hierbei wurde zwischen integrierten (als Bestandteil eines Zementwerks mit Klinkerproduktion) und nicht integrierten Zementmühlen (kein Bestandteil eines Zementwerks mit Klinkerproduktion) unterschieden: Für nicht integrierte Zementmühlen fallen zusätzliche Kosten für den Transport des Klinkers vom Ort der Produktion zur Zementmühle an. Dabei wurde vereinfachend angenommen, dass nicht integrierte Zementmühlen derzeit ihren Klinker von der nächstgelegenen Klinkerproduktion mit ausreichender Kapazität beziehen.

2007 wurden etwa 7,7 Mio. Tonnen Klinker aus deutscher Produktion<sup>9</sup> direkt oder als Zementbestandteil exportiert. Hauptabnehmer waren die unmittelbaren europäischen Nachbarländer, in erster Linie mit ihren

<sup>7</sup> Quellen: OneStone Consulting, International Cement Review: Global Cement Report 7th edition

<sup>8</sup> Klinkerfaktor: Anteil Klinker pro Tonne Zement

<sup>9</sup> Es werden sowohl Zement als auch Klinker aus Deutschland exportiert, dabei handelt es sich beim Zement in erster Linie um CEM I Zement. Aus Gründen der Konsistenz wurden die Zementexporte äquivalent in Klinker mit den entsprechenden Klinkerfaktoren umgerechnet.

grenznahen Bereichen als direktem Marktgebiet der deutschen Hersteller. Für diese Mengen muss im Rahmen dieser Studie der Produktionskostenvergleich zwischen in Deutschland hergestelltem und aus Nicht-EU-ETS-Ländern importiertem Klinker an Zementmühlenstandorten im jeweiligen Land erfolgen. Einige der Exportdestinationen sind jedoch für Exporte aus Übersee auf Grund der geographischen Lage unter sonst gleichen Bedingungen nicht wirtschaftlich zu erreichen. Daher wurden nur deutsche Exporte nach Benelux, GB und Skandinavien berücksichtigt, die im Jahr 2007 etwa 4,5 Mio. Tonnen Klinker entsprachen. Da beim Export aus Deutschland Transportkosten zu berücksichtigen sind, wurde als vereinfachende Annahme für die deutschen Exporte in diese Länder Rotterdam als Vergleichsstandort gewählt. Diese Annahme trägt den durchschnittlichen Transportkosten für die Exporte aus Deutschland Rechnung. Sie ist darüber hinaus dadurch gerechtfertigt, dass ein Großteil der deutschen Exporte ohnehin über diesen Standort transportiert wird und von vergleichbaren Transportkosten für die anderen Exportdestinationen ausgegangen werden kann. Demzufolge wird für deutsche Exporte der Vergleich der Produktionsvollkosten zwischen deutschem Klinker und Importklinker aus Nicht-EU-ETS-Ländern an diesem Standort durchgeführt.

■ **Analyse der CO<sub>2</sub>-Bilanz (Schaubild 2)** – Die in Deutschland eingesetzten Öfen für die Klinkerproduktion befinden sich in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Effizienz international auf höchstem Stand.<sup>10</sup> Eine potenzielle Verlagerung der Produktion hat daher zur Folge, dass CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht reduziert, sondern lediglich verlagert – und gegebenenfalls sogar erhöht – werden. Eine mögliche Erhöhung wird im Wesentlichen durch drei Faktoren bedingt:

- Für Werke in Nicht-EU-ETS-Ländern wird zwar ebenfalls der neuste Stand der Technik angenommen, sie nutzen aber einen niedrigeren Anteil an CO<sub>2</sub>-neutralen Sekundärbrennstoffen (Biomasse)
- Im Vergleich ist die Energie- bzw. Stromerzeugung in einigen Nicht-EU-ETS-Ländern CO<sub>2</sub>-intensiver als in Deutschland (Indirekte Emissionen)
- Zusätzlich werden durch den Transport CO<sub>2</sub>-Emissionen generiert.

<sup>10</sup> Trockenverfahren, z.T. mit Vorcalcination, darüber hinaus hohe Sekundärstoffrate mit Biomassegehalt

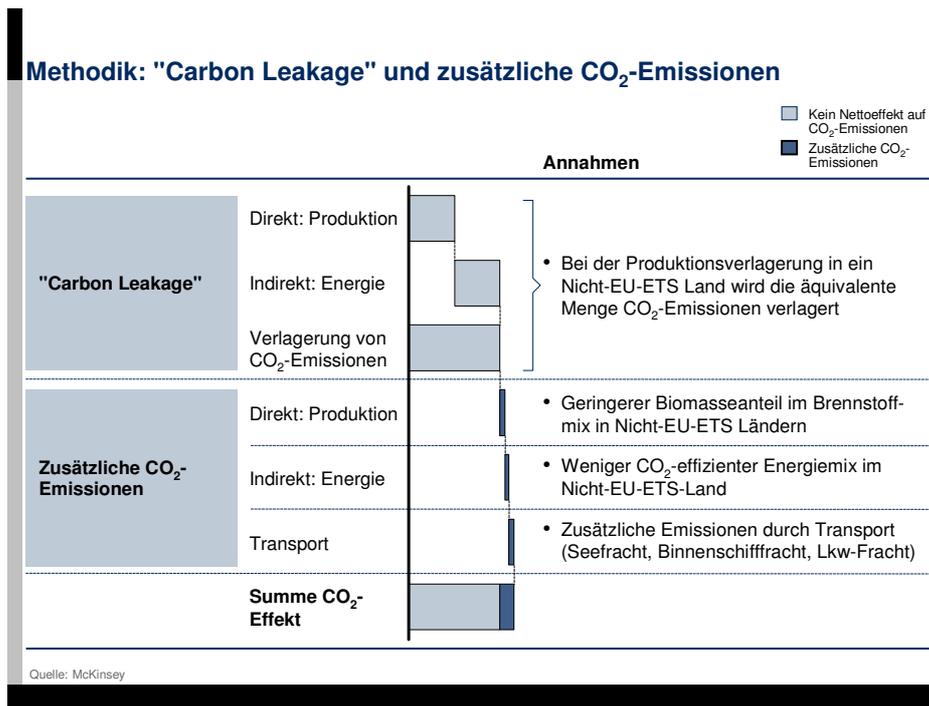


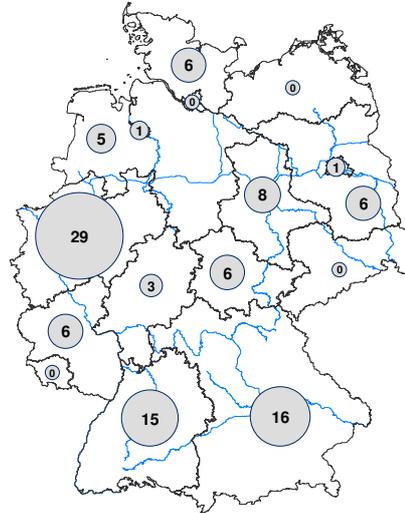
Schaubild 2: Verlagerung und zusätzliche Produktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen

Aufbauend auf den Kostenvergleichen an den jeweiligen Zementmühlenstandorten wird eine Landkarte von Deutschland erstellt, aus der ersichtlich wird, welche Regionen innerhalb Deutschlands potenziell der Substitution von lokal produziertem Klinker mit Importware zu rechnen haben. Entsprechend wurden diese Regionen und die dazugehörigen Produktionsvolumina als potenziell bedroht eingestuft und der Effekt auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Falle der Verlagerung dieser Produktion in Nicht-EU-ETS-Länder bestimmt.

Die Produktionsmengen der heimischen Standorte für Klinkerproduktion wurden im Wesentlichen auf Basis der CO<sub>2</sub>-Emissionswerte der Jahre 2005 bis 2007 geschätzt, wie sie der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) von der Industrie berichtet wurden. Diese Abschätzungen wurden in weiteren Expertengesprächen validiert und ergänzt.

### Klinkerproduktion, Deutschland (pro Bundesland)\*

x %-Anteil an Gesamtproduktion 2007;  
100%  $\pm$  ~ 25 Mio. t



\* Annahme: Regionale Produktionsverteilung errechnet auf Basis der Zuteilungsmenge CO<sub>2</sub>-Emissionsberechtigungen 2005 - 2007  
Quelle: Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt), International Cement Review, VDZ, Experteninterviews, McKinsey-Analyse

Schaubild 3: Klinkerproduktion in Deutschland, 2005 bis 2007

Die Modellrechnung geht davon aus, dass Produzenten ab einer Produktionskostendifferenz von mehr als 5 EUR/Tonne auf Importware ausweichen und somit die entsprechende Produktion in Deutschland bedroht ist. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass in einer Bandbreite von +/- 5 EUR/Tonne Kostendifferenz weitere Produktion in Deutschland zumindest partiell bedroht ist (50% dieser Teilklasse).

## ERGEBNIS UND IMPLIKATIONEN

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse des Basisszenarios dargestellt. In einem zweiten Schritt werden sie durch eine Sensitivitätsanalyse der wesentlichen Inputparameter ergänzt.

### Beschreibung des Basisszenarios

Das Basisszenario beschreibt gemäß der zuvor dargestellten Methodik den Kostenvergleich zwischen einem durchschnittlich kosteneffizienten Klinkerwerk in Deutschland und einem überdurchschnittlich effizienten Werk in einem der Nicht-EU-ETS-Länder.

Diesem Basisszenario liegen zudem die nachfolgenden Annahmen für die Entwicklung von Produktionskosten, Transportkosten und CO<sub>2</sub>-Emissionskosten bis zum Jahr 2020 zu Grunde. Alle in diesem Bericht verwendeten Annahmen sind im Detail im Anhang zusammengefasst.

■ **Produktionskosten** - *Schaubild 4* zeigt einen Vergleich der Produktionskosten im Jahr 2020 zwischen Werken in Deutschland, Ägypten, Saudi-Arabien und China. Demnach ist in Deutschland mit Produktionsvollkosten von ca. 37 EUR/Tonne Klinker, in China mit 18 EUR/Tonne, in Saudi-Arabien mit ca. 20 EUR/Tonne und in Ägypten mit ca. 19 EUR/Tonne zu rechnen. Die maßgeblichen Treiber für die Kostenentwicklung bis 2020 sind Brennstoff- und Elektrizitätspreise. In Bezug auf die Brennstoffkosten ist von einer ähnlichen Entwicklung in den einzelnen Regionen auszugehen. Beim Primärbrennstoff Kohle nimmt das Basisszenario für das Jahr 2020 einen moderaten realen Preisrückgang im Vergleich zur heutigen Situation an, der durch ein besseres Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage und durch niedrigere Transportkosten bedingt ist (siehe unten). Bei den Sekundärbrennstoffen wird global von zukünftigen Kostensteigerungen wegen einer zunehmenden Verknappung ausgegangen. Die Stromkosten divergieren im Basisszenario zwischen Deutschland und den Nicht-EU-ETS-Ländern: Für Deutschland wird erwartet, dass der Strompreis im Jahr 2020 bei real knapp 70 EUR/MWh liegen wird. Dies liegt unter anderem daran, dass in der langfristigen Projektion von moderateren Brennstoffkosten ausgegangen wird sowie der Bau von zusätzlichen Kraftwerkskapazitäten erwartet wird. In China wird von einem Energiepreis auf dem momentanen Niveau ausgegangen. Es ist zu erwarten, dass mögliche Preiseffekte durch die Deregulierung, durch eine Steigerung der Produktionseffizienz sowie moderat

sinkende Kohlepreise (siehe oben) ausgeglichen werden. Für Saudi-Arabien und Ägypten wurden deutliche Preissteigerungen unterstellt. Die wesentlichen Ursachen dafür sind unterschiedliche Entwicklungen der lokalen Märkte in Ägypten und Saudi-Arabien. Hier wird einerseits davon ausgegangen, dass das Angebot an günstigem Gas zur Stromerzeugung schwächer wächst als die Nachfrage; andererseits werden sinkende Subventionen für Energie im Industriesektor als Annahme zu Grunde gelegt.

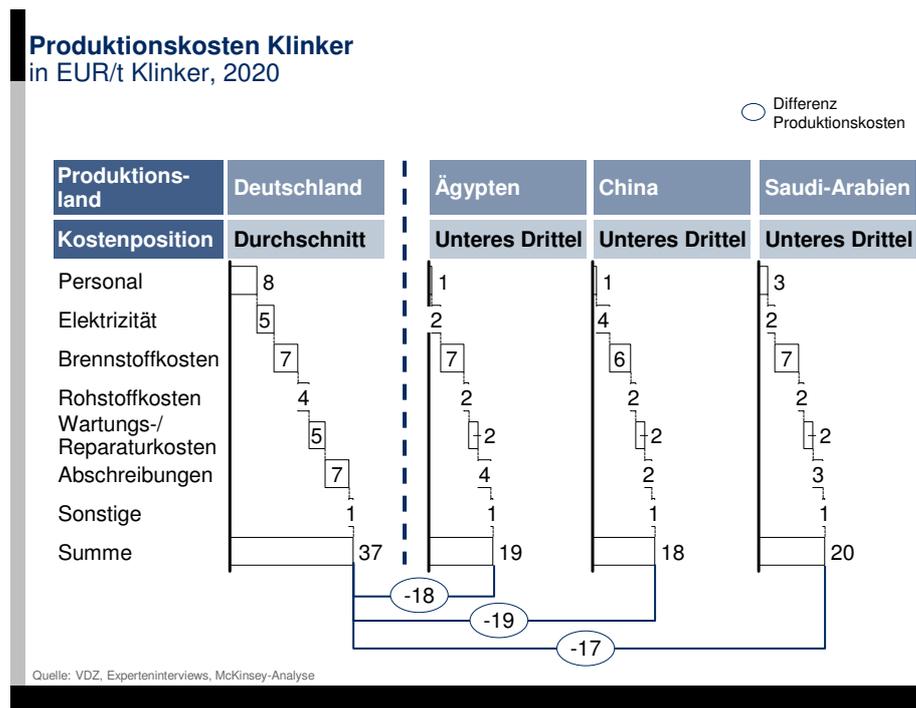


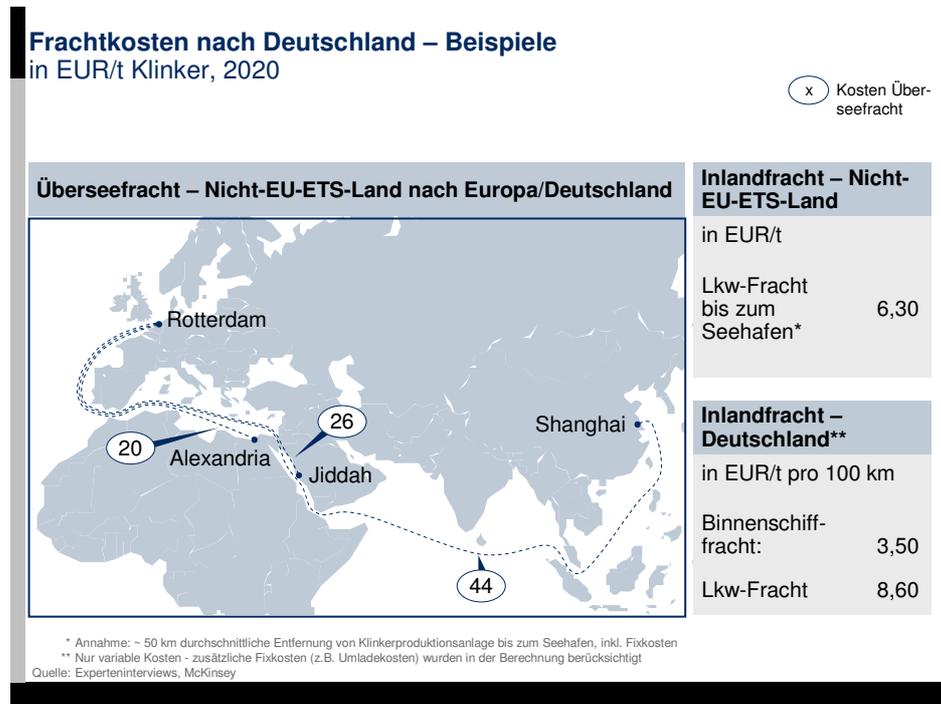
Schaubild 4: Klinkerproduktionskosten Deutschland und Ausland, 2020

Für die exportierenden Nicht-EU-ETS-Länder wird zudem davon ausgegangen, dass im Jahr 2020 keinerlei externe Exportrestriktionen gelten. So wird für Ägypten erwartet, dass die derzeitigen Restriktionen aufgehoben werden, sobald sich Angebot und Nachfrage für den lokalen Markt nivelliert haben.

- Transportkosten** - Die Frachtraten für Überseetransport sind in den letzten zwei bis drei Jahren extrem angestiegen (ca. 18% p.a. 2004 bis 2008)<sup>11</sup>, im Wesentlichen wegen eines Nachfrageüberhangs. Es wird erwartet, dass durch den Bau neuer Frachtkapazitäten bis zum Jahr 2020 die Frachtraten auf ca. 60% des Preisniveaus von 2008 sinken werden. Diese Annahme geht davon aus, dass das Wachstum der

<sup>11</sup> Quelle: Baltic Dry Freight Index; Berechnung basiert auf Jahresdurchschnittswerten

Weltwirtschaft sich etwas verlangsamt (größtenteils bedingt durch ein langsames Wachstum in China) und dass Angebot und Nachfrage für Überseecontainerkapazitäten stärker ausgeglichen sind als heute. *Schaubild 5* zeigt die angenommenen Transportkosten für einige beispielhafte Transportrouten.



*Schaubild 5: Frachtkosten nach Deutschland – Beispiele*

- **CO<sub>2</sub>-Emissionskosten** - Im Basisszenario wird von CO<sub>2</sub>-Kosten von 35 EUR/Tonne für 2020 ausgegangen. Dieser Preis beruht auf der Annahme, dass die EU an ihren derzeit geplanten Reduktionszielen festhält.

## Ergebnis im Basisszenario

Unter den geschilderten Annahmen ist im Basisszenario davon auszugehen, dass im Jahr 2020 ca. 50% (entspricht ca. 12 Mio. Tonnen) der Klinkerproduktion in Deutschland durch Importklinker bedroht sind. Wie in *Schaubild 6* dargestellt, dürften davon vor allem die Standorte im nördlichen Teil Deutschlands betroffen sein.

Das bedrohte Produktionsvolumen von ca. 12 Mio. Tonnen entspricht verlagerten und zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von ca. 10,6 Mio. Tonnen (davon sind ca. 0,8 Mio. Tonnen zusätzliche Emissionen). Insofern ist also nicht nur mit einem erheblichen Ausmaß an "Carbon

Leakage" zu rechnen; die erwartete Verlagerung wird zusätzlich zu einer signifikanten Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von ca. 7% der verlagerten Emissionen führen.

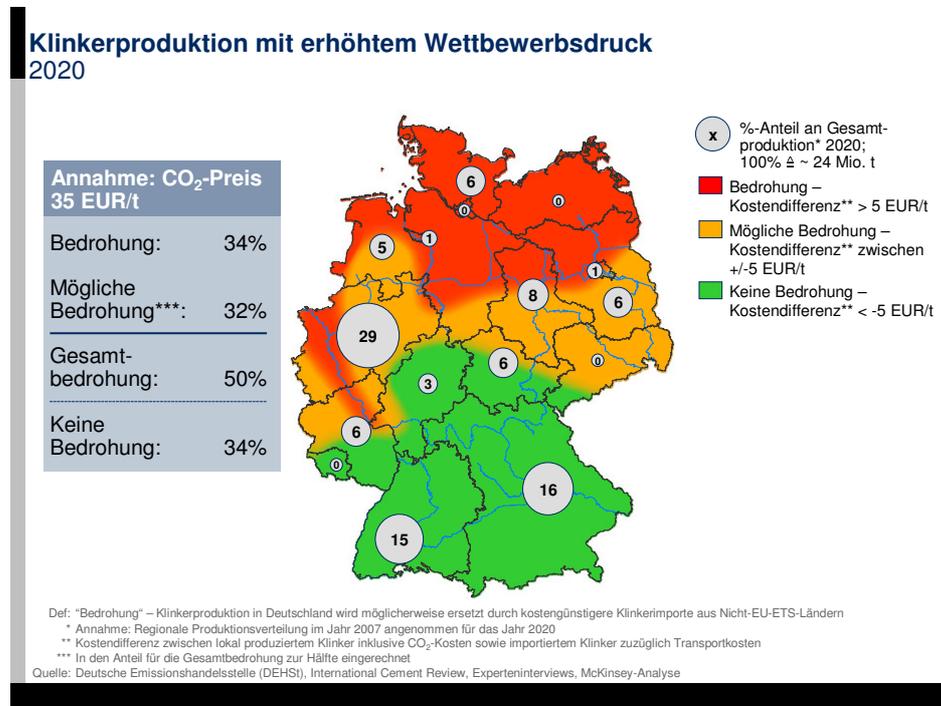


Schaubild 6: Klinkerproduktion mit erhöhtem Wettbewerbsdruck 2020

In diesem Basisszenario ist hauptsächlich mit Importen aus Ägypten (bzw. der Region Nordafrika) zu rechnen: Sowohl niedrigere Logistikkosten im Vergleich zu den anderen Nicht-EU-ETS-Ländern als auch die günstige Produktion im Vergleich zu Deutschland sind hierfür ausschlaggebend. Auch sind – trotz des Kostennachteils gegenüber Ägypten – Importe aus Saudi-Arabien (bzw. dem Mittleren Osten) nach Deutschland nicht auszuschließen. China hingegen ist auf Grund der hohen Transportkosten gegenüber den anderen Regionen für Importe nach Deutschland unter den getroffenen Annahmen nicht wettbewerbsfähig.

Ergänzend wurde der Fall betrachtet, dass die CO<sub>2</sub>-Zertifikate der Zementindustrie frei zugeteilt werden. Danach müsste diejenige Menge zugekauft werden, die sich aus der Minderungsverpflichtung ergäbe. Unter der Voraussetzung, dass die Minderungsverpflichtung für die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen (Prozess-CO<sub>2</sub> und Brennstoff-CO<sub>2</sub>) gilt und dass die Zementhersteller 21% der erforderlichen Zertifikate zu einem Preis von 35 EUR/Tonne kaufen müssten, wären immer noch etwa 19% der deutschen Klinkerproduktion bedroht. Bei einer

Minderungsverpflichtung nur für das "Brennstoff-CO<sub>2</sub>" wären etwa 18% der deutschen Klinkerproduktion bedroht.

## Sensitivitätsanalysen

Das Ergebnis der Untersuchung ist abhängig von den getroffenen Annahmen zu Produktions-, CO<sub>2</sub>- und Transportkosten. Um der Unsicherheit in Bezug auf die Genauigkeit der getroffenen Annahmen bei einer Projektion bis in das Jahr 2020 Rechnung zu tragen, wurde eine Sensitivitätsanalyse für die wesentlichen Eingangsparameter durchgeführt.

Aufbauend auf dem Basisszenario wurden zwei weitere Szenarien mit jeweils hohen und niedrigen Kosten für die drei wesentlichen Kostenblöcke Produktions-, CO<sub>2</sub>- und Transportkosten definiert. Sie spiegeln unterschiedliche Sichtweisen auf eine mögliche Entwicklung der Weltwirtschaft bis in das Jahr 2020 wider (*Schaubild 7*).

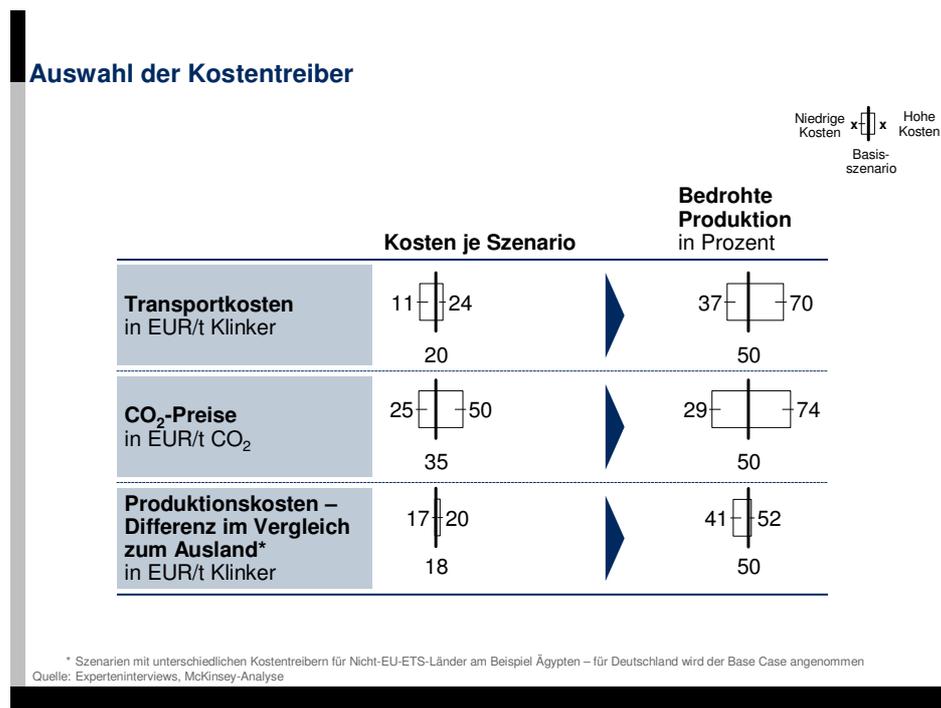
Definition der Szenarien			
	Niedrige Kosten	Basisszenario	Hohe Kosten
CO <sub>2</sub> -Preise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EU-ETS wird nur in abgeschwächter Form implementiert (geringere Ziele; mehr JI/CDM*)</li> <li>• EU mit stärkerem Fokus auf Themen wie Rohstoff- und Nahrungsmittelkosten sowie auf europäische Wertschöpfung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EU hält an den genannten Reduzierungszielen fest und EU-ETS wird wie geplant implementiert</li> <li>• Wesentliche andere Länder beschließen ebenfalls CO<sub>2</sub>-Reduzierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EU setzt Alleingang im Klimawandel fort</li> <li>– Implementierung von weiteren Maßnahmen (z.B. CCS**) zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung</li> <li>– Starke Einschränkung von JI/CDM*</li> </ul>
Transportkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abkühlung der Weltwirtschaft</li> <li>• Signifikante Überkapazitäten im Überseetransport</li> <li>• Einsatz von größeren Schiffen (Capesize) für Klinkertransport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringeres Wirtschaftswachstum durch geringeres Wachstum in China</li> <li>• Angebot und Nachfrage für Überseetransport ausgeglichen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiteres starkes Wirtschaftswachstum</li> <li>• Weiterhin Nachfrageüberhang für Überseefracht</li> </ul>

\* Joint Implementation (JI) and the Clean Development Mechanism (CDM)      \*\* CCS: Carbon Capture and Storage  
Quelle: McKinsey-Analyse

*Schaubild 7: Definition der Szenarien*

Zunächst wurde der Einfluss auf das Gesamtergebnis ermittelt, wenn die Eingangsparameter für die Berechnungen gezielt verändert werden. Wie *Schaubild 8* zeigt, haben CO<sub>2</sub>-Preise und Transportkosten den größten Einfluss auf die Bedrohung der lokalen Produktion. Die unterschiedlichen Sub-Szenarien für die Produktionskostenermittlung beschreiben eine

Bandbreite von bedrohten Produktionsvolumina zwischen ca. 41 und 52% (Unterschied zwischen Minimum und Maximum ist ca. 11 Prozentpunkte). Für Transportkosten sind es ca. 37 bis 70% (Unterschied ca. 33 Prozentpunkte) und bei CO<sub>2</sub>-Preisen ca. 29 bis 74% (Unterschied ca. 45 Prozentpunkte). Der Unterschied zwischen den Extremszenarien ist bei Transportkosten und CO<sub>2</sub>-Preisen am höchsten. Entsprechend wurden diese als maßgebliche Treiber für die Sensitivitätsanalyse herangezogen.



*Schaubild 8: Auswahl der Kostentreiber*

Insgesamt sind in Abhängigkeit von den jeweiligen Annahmen für CO<sub>2</sub>-Preise und Transportkosten zwischen etwa 25 und 86% der deutschen Produktion gefährdet. Dies entspricht einem CO<sub>2</sub>-Emissionseffekt von ca. 5,3 bis 18,3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> (davon zwischen ca. 0,4 und 1,3 Mio. Tonnen als zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen; *Schaubild 9*).

## Sensitivitätsanalyse 2020 – Extremwerte

Bedrohte Produktion (in Prozent)  
 Verlagerte und zusätzliche Emissionen (in Mio. t CO<sub>2</sub>)

Transportkosten			
Basis: Strecke Ägypten - Rotterdam			
CO <sub>2</sub> - Kosten	Hohe Kosten 120% vom Basisszenario	Basisszenario 100%	Niedrige Kosten 57% vom Basisszenario
Niedrige Kosten 25 EUR/t CO <sub>2</sub>	25		
Basisszenario 35 EUR/t CO <sub>2</sub>	5	50	
Hohe Kosten 50 EUR/t CO <sub>2</sub>		11	86
			18

Quelle: Experteninterviews, McKinsey-Analyse

Schaubild 9: Sensitivitätsanalyse

Zusammenfassend ist daher unabhängig vom gewählten Szenario davon auszugehen, dass die CO<sub>2</sub>-Kosten für die deutsche Zementindustrie zu einem signifikanten "Carbon Leakage" und zu zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen führen werden.

## ANHANG: DETAILS BASISBERECHNUNGEN

### Produktionskosten Klinkerproduktion

Wie im Hauptteil dargestellt, wurden für Deutschland sowie für Ägypten, Saudi-Arabien und China durchschnittliche Produktionsvollkosten sowie deren Entwicklung bis zum Jahr 2020 bestimmt. Hierfür wurden die einzelnen Kostenarten auf Basis typischer Mengengerüste sowie der zu erwartenden Preise ermittelt.

Auf *Schaubild A* und *Schaubild B* sind die getroffenen Annahmen bez. Personal, Elektrizität, Brennstoffe, Wartung/Instandhaltung und Reparaturen, Abschreibungen und Sonstiges dargestellt.

Annahmen Produktionskosten (konstante Werte)							
Reale Werte							
Größe	Einheit	Werkstandort (Kostenposition)				Quellen und Annahmen	
		Deutschland (Durchschnitt)	Ägypten (Unterdurchschnittlich)	Saudi-Arabien (Unterdurchschnittlich)	China (Unterdurchschnittlich)	Deutschland	Ägypten/S-A/China
Kapazität	t/Jahr	694.400	3.000.000	3.000.000	2.100.000	VDZ	OneStone Consulting
Auslastung	Prozent	90	90	90	90	VDZ (Basis 320 Tage/Jahr)	McKinsey
Stromverbrauch	kWh/t Klinker	65	65	65	65	VDZ	VDZ
Energieverbrauch	kJ/kg Klinker	3.688*	3.300	3.300	3.300	VDZ	Experteninterview
Heizwert Steinkohle	kJ/kg	26.000	26.000	26.000	22.000	VDZ	VDZ
Rohstoffkosten	EUR/t Klinker	3,5	1,5	1,5	1,5	VDZ	Experteninterview
Spezifischer Overhead (z.B. Versicherungen, Labors)	EUR/t Klinker	1,3	0,8	0,8	0,8	McKinsey	McKinsey
Instandhaltung/Reparatur	EUR/t	4,5	2,5	2,5	2,5	McKinsey-Annahme	Experteninterview
Investitionskosten	EUR/Jato Klinker	165	85	70	50	VDZ, BDI-Studie, 86% eines Zementwerks	OneStone Consulting
Abschreibungszeitraum	Jahre	25	25	25	25	Geschäftsberichte	Geschäftsberichte
Anteil Biomasse an Sekundärbrennstoffen	Prozent	30	80	80	70	VDZ	HOLCIM/VDZ Ecra Präsentation

Quelle: Experteninterviews, McKinsey-Analyse \* Bis 2020 auf 3613 sinkend

*Schaubild A: Annahmen Produktionskosten (konstante Werte)*

Folgende wesentliche Annahmen wurden hierbei getroffen:

- **Kostenpositionen der Klinkerproduktionsstandorte** – Für Deutschland wurden hierbei Produktionsvollkosten angenommen, die den Durchschnitt der deutschen Werke repräsentieren. Im Gegensatz hierzu wurden für Importe aus Nicht-EU-ETS-Ländern Produktionsvollkosten von Werken im unteren Drittel der Kostenkurve

angenommen. Denn bereits heute existiert eine ausreichende Anzahl solcher Werke. Ferner ist auch im Falle von Neuinvestitionen von "Best-in-Class"-Anlagen mit effizienten Kostenstrukturen auszugehen. Für alle Standorte wurde von einer durchschnittlichen Auslastung von 90% ausgegangen.

■ **Primärbrennstoffe** – Beim Primärbrennstoff Kohle wird von einem moderaten realen Preisrückgang im Vergleich zur heutigen Situation ausgegangen. Derzeit sind die Kohlepreise nicht nur von einem Ungleichgewicht von Angebot und Nachfrage sowie hohen Transportkosten beeinflusst, sondern auch durch eine Anzahl von externen Effekten (z.B. Flut in Australien, harter Winter in China), die im Jahr 2020 nicht mehr gegeben sein werden. Ein besseres Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage, bedingt durch die Erschließung von zusätzlichen Kohlevorkommen, und niedrigere Transportkosten sind die erwarteten Treiber für eine langfristig moderate Absenkung des Kohlepreises für die meisten Regionen der Welt.

■ **Sekundärbrennstoffe** – Bei Sekundärbrennstoffkosten wird global von zukünftigen Kostensteigerungen wegen einer zunehmenden Verknappung ausgegangen. Der Preis wird einerseits durch Angebot und Nachfrage und andererseits durch den Energiewert der jeweiligen Sekundärbrennstoffe bestimmt werden. Für die langfristige Entwicklung wurde hierbei ein Durchschnittspreis von ca. 40% der Primärbrennstoffkosten angenommen.

Für den Sekundärbrennstoffanteil werden Steigerungen erwartet. Bedingt durch die unterschiedliche Infrastruktur in den jeweiligen Ländern muss hier von unterschiedlichen Entwicklungen ausgegangen werden. Insofern wird erwartet, dass in Ägypten der Anteil auf ca. 20% der eingesetzten Brennstoffe bis zum Jahr 2020 steigen wird. Für Saudi-Arabien und China wird von ca. 10% ausgegangen, während für Deutschland im Durchschnitt 56% zu Grunde gelegt werden.

■ **Elektrizität** – Die Entwicklung der Strompreise hängt im Wesentlichen von der Entwicklung von Brennstoffkosten, von Angebot und Nachfrage sowie von CO<sub>2</sub>-Emissionskosten ab, sofern das jeweilige Land am Emissionshandelssystem teilnimmt. Für Deutschland wird erwartet, dass der Strompreis im Jahr 2020 bei real knapp 70 EUR/MWh liegen wird. Dies liegt unter anderem daran, dass in der langfristigen Projektion von moderaten Brennstoffkosten ausgegangen wird sowie der Bau von zusätzlichen Kraftwerkskapazitäten erwartet wird. Für Saudi-Arabien und Ägypten wurden Preissteigerungen in Höhe von ca. 50% (Basis 2008) bis zum Jahr 2020 im Basisszenario

unterstellt. Die wesentlichen Treiber dafür sind unterschiedliche Entwicklungen der lokalen Märkte in Ägypten und Saudi-Arabien. Für diese beiden Länder wird davon ausgegangen, dass einerseits das Angebot an günstigem Gas zur Stromerzeugung schwächer wächst als die Nachfrage. Andererseits werden sinkende Subventionen für Energie im Industriesektor unterstellt. Für China wurde ein stabiler Energiepreis zu Grunde gelegt. Es ist zu erwarten, dass mögliche Preiseffekte durch die Deregulierung, durch eine Steigerung der Produktionseffizienz sowie moderat sinkende Kohlepreise (siehe oben) ausgeglichen werden.

- **Exportsteuern** – Für die exportierenden Nicht-EU-ETS-Länder Ägypten, Saudi-Arabien und China wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2020 keinerlei externe Exportrestriktionen gelten. So wird für Ägypten erwartet, dass die derzeitigen Restriktionen aufgehoben werden (hierbei wird eine lineare Reduzierung angenommen), sobald sich Angebot und Nachfrage für den lokalen Markt nivelliert haben.

**Annahmen Produktionskosten (2008 - 2020)**  
Reale Werte

Größe	Land	Vorhersage							Quelle
		2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	
<b>Sekundär-brennstoffanteil</b> in Prozent	• Deutschland	50	51	52	53	54	55	56	VDZ, McKinsey
	• Ägypten	5	8	10	13	15	18	20	VDZ, McKinsey
	• Saudi-Arabien	5	6	7	8	8	9	10	VDZ, McKinsey
	• China	5	6	7	8	8	9	10	VDZ, McKinsey
	• Alle	0	7	13	20	27	33	40	Experteninterview
<b>Sekundär-brennstoffpreis</b> in Prozent der trad. Brennstoffkosten	• Deutschland	66	79	77	71	64	66	67	EEX, McKinsey Integrated Perspective, Middle Case (v5831)
	• Ägypten	25	27	29	31	33	35	38	HSBC, EIU 2007 für 2008; McKinsey: 50% Erhöhung bis 2020
<b>Strompreis</b> in EUR/MWh	• Saudi-Arabien	21	23	26	29	31	34	31	SEC für 2008, McKinsey: 50% Erhöhung bis 2020
	• China	60	60	60	60	60	60	60	CEIC für 2008, McKinsey: konstant
<b>Stromnetz und -Steuern</b> in EUR/MWh	• Deutschland	16	16	16	16	16	16	16	VDZ, Experteninterview
<b>Vollkosten</b> <b>Mitarbeiter</b> in Tsd. EUR/FTE	• Deutschland	44	45	46	47	47	48	49	VDZ 2007 für 2008, Global Insight für Prognose bis 2020
	• Ägypten	5	6	6	7	7	8	8	W. Wyatt database, EIU, McKinsey
	• Saudi-Arabien	12	14	16	16	17	17	17	James F. King (2005), McKinsey
	• China	5	7	8	10	11	12	14	Experteninterview, China Labor Statistical Yearbook 2005, McKinsey
	• Alle	100	100	100	100	100	100	100	VDZ, McKinsey
<b>Mitarbeiter pro Werk</b> in FTE	• Deutschland	300	300	300	300	300	300	300	VDZ, McKinsey
	• Ägypten	300	300	300	300	300	300	300	VDZ, McKinsey
	• Saudi-Arabien	300	300	300	300	300	300	300	VDZ, McKinsey
	• China	150	150	150	150	150	150	150	VDZ, McKinsey
	• Alle	94	77	75	74	74	74	74	McKinsey Integrated Perspective, Middle Case (v5831)
<b>Steinkohlepreis</b> in EUR/t	• Deutschland	78	64	62	62	62	62	62	IntCemRev (Yemen), Entwicklung analog zu D
	• Ägypten	78	64	62	62	62	62	62	IntCemRev (Yemen), Entwicklung analog zu D
	• Saudi-Arabien	55	43	39	37	37	38	43	JFK
	• China	71	70	70	69	68	68	67	McKinsey
	• Alle	71	70	70	69	68	68	67	McKinsey
<b>Klinkerfaktor</b> in Prozent	• Deutschland	71	70	70	69	68	68	67	McKinsey
	• Ägypten	10	9	7	5	3	2	0	IntCemRev, McKinsey: lin. Reduzierung bis 2020
	• Saudi-Arabien	0	0	0	0	0	0	0	McKinsey
	• China	0	0	0	0	0	0	0	McKinsey

Quelle: VDZ, Experteninterviews, McKinsey-Analyse

Schaubild B: Annahmen Produktionskosten (2008 bis 2020)

## Transportkosten

Die Analyse der Transportkosten aus den Nicht-EU-ETS-Ländern bis zum Zementmühlenstandort in Deutschland basiert weitestgehend auf vier Teilberechnungen: Transportkosten innerhalb des exportierenden Landes,

Überseetransport, Binnenschifftransport nach bzw. innerhalb Deutschlands sowie Lkw-Transport innerhalb Deutschlands. Die Details der einzelnen Teilberechnungen sind im Folgenden aufgeführt. *Schaubilder C, D und E* stellen die wesentlichen Annahmen dar, die den Teilberechnungen zu Grunde liegen.

- **Ausland: Transport innerhalb des exportierenden Landes** – Da die bestehenden und die geplanten Klinkerproduktionsanlagen in den untersuchten Nicht-EU-ETS-Ländern Ägypten, Saudi-Arabien und China nicht direkt in den Seehäfen liegen, müssen zusätzliche Transportkosten in die Rechnungen einbezogen werden. Auf Basis einer Analyse der jeweiligen Distanz vom Produktionsstandort zum Seehafen für die bestehenden und die bereits geplanten Anlagen, die für den Export in Frage kämen, wurde eine durchschnittliche Entfernung von ca. 50 km abgeschätzt. Für diese Distanz wurde ein Lkw-Transport angenommen, zu gleichen Kosten wie in Deutschland.
- **Ausland nach Deutschland: Überseetransport** Für die Abschätzung der Transportkosten für Überseetransport wurden zunächst die wahrscheinlichsten Transportrouten definiert. Für Europa/Deutschland wurden hierbei drei Überseehäfen ausgewählt, die heute schon für den Import bzw. Export von Klinker bzw. Zement genutzt werden: Rotterdam, Hamburg und Bremerhaven. Für die Nicht-EU-ETS-Länder wurde jeweils ein repräsentativer Hafen gewählt: für Ägypten Alexandria, für Saudi-Arabien Jiddah, für China Shanghai. Im nächsten Schritt wurde ein detailliertes Modell erstellt, welches die Transportkosten für alle möglichen Routen bis zum Jahr 2020 berechnet. Das Modell basiert auf allen wesentlichen Kostentreibern für den Überseetransport: Schiffsgröße, Frachtraten, Umschlagskosten, Wartezeiten, Hafens-, Schlepp- und Ankergebühren, Transportdauer, Kraftstoffkosten sowie dem Rückfracht-Faktor. Dieser bestimmt, welcher Anteil der Schiffskapazität auf der Rückfahrt für den Transport genutzt werden kann. Als entscheidende Kostentreiber erweisen sich die Frachtraten sowie der Rückfracht-Faktor.

Es wird erwartet, dass durch den Bau neuer Frachtkapazitäten die Frachtraten bis 2020 auf etwa 60% des Preisniveaus von 2008 absinken. Hierbei wird davon ausgegangen, dass das Wachstum der Weltwirtschaft sich etwas verlangsamt (größtenteils bedingt durch ein langsames Wachstum in China) und dass Angebot und Nachfrage von Überseefrachtkapazitäten stärker ausgeglichen sind als heute. Für die Bestimmung des Rückfracht-Faktors wurden die Import/Export-

Statistiken für Schüttgüter der drei Überseehäfen für die letzten Jahre untersucht. Entsprechend wird in der Analyse von einem Rückfracht-Faktor von 10% ausgegangen. Das heißt, dass 10% der Schiffskapazitäten auf dem Rückweg genutzt werden. Für die anderen Kostentreiber werden konstante Werte angesetzt.

### Annahmen Transportkosten (1/3)

Reale Werte

Größe	Einheit	Capesize	Panamax	Quelle
Ladevolumen	t	150.000	70.000	Clarkson
Geschwindigkeit	kt	14	14	McKinsey
MDO*-Verbrauch	t/Tag	15	14	McKinsey
HFO**-Verbrauch	t/Tag	56	27	McKinsey
Kaigebühren/Tag	EUR	777	616	Hafen Rotterdam
Hafengebühr/Besuch	EUR	70.000	43.750	Hafen Rotterdam
Schleppgebühr/Besuch	EUR	4.800	3.600	Hafen Rotterdam
Ankergebühr/Besuch	EUR	3.200	1.560	Hafen Rotterdam
Lotsengebühr/Besuch	EUR	13.000	9.436	Hafen Rotterdam
Zeit im Hafen	Tage	7	6	Hafen Rotterdam

\* "Marine Diesel Oil"

\*\* "Heavy Fuel Oil"

Quelle: VDZ, Experteninterviews, McKinsey

Schaubild C: Annahmen Transportkosten (1/3)

### Annahmen Transportkosten (2/3) Reale Werte

Größe	Einheit	Wert	Quelle
Ladekosten (Seehafen)	EUR/t	2,5	Experteninterview
Wahrscheinlichkeit leerer Rückfahrt	Prozent	90	Hafenstatistiken Bremen, Rotterdam
Lkw-Fahrt (Fixkosten)	EUR/t	2	Experteninterview
Lkw-Fahrt (treibstoff-unabhängig)	EUR/(t • km)	0,049	McKinsey
Lkw-Fahrt (treibstoff-abhängig)	l/(t • km)	0,026	McKinsey
Umladen Seehafen nach Fluss	EUR	1,5	Experteninterview
Flusstransport		3,5	Experteninterview
Verhältnis Straßenweg/ Luftlinie	ct/km km/km	1,28	Springer
Entfernung zum Seehafen – Ägypten, S-A, China	km	50	McKinsey

Quelle: VDZ, Experteninterviews, McKinsey

Schaubild D: Annahmen Transportkosten (2/3)

### Annahmen Transportkosten (3/3) Reale Werte

Größe	Einheit	Vorhersage								Quelle
		2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020		
Chartergebühr (Capesize)	EUR/d	65.000	40.625	23.663	24.228	30.111	35.825	41.111	JFK	
Chartergebühr (Panamax)	EUR/d	45.500	24.375	15.237	15.408	19.130	22.734	26.048	JFK	
MDO* Treibstoffpreis	EUR/t	550	550	550	550	550	550	550	Analystenberichte, McKinsey: konstant	
HFO** Treibstoffpreis	EUR/t	306	306	306	306	306	306	306	Analystenberichte, McKinsey: konstant	
Dieselpreis (Deutschland)	EUR/l	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	POS-Preis, McKinsey: konstant	
Suezkanalgebühr (Capesize)	EUR/t	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	R K Johns/Leth	
Suezkanalgebühr (Panamax)	EUR/t	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	R K Johns/Leth	

\* Marine Diesel Oil  
\*\* Heavy Fuel Oil  
Quelle: VDZ, Experteninterviews, McKinsey

Schaubild E: Annahmen Transportkosten (3/3)

- **Europa/Deutschland: Binnenschifftransport** – Das nächste wesentliche Glied in der Logistikkette ist der Binnenschifftransport. Zunächst wurde die tatsächliche Lage der integrierten Klinker-

produktionsstandorte sowie der nicht integrierten Zementmühlen bestimmt, dann wurde die Distanz auf dem Flussweg abgeschätzt. Da Schifftransport prinzipiell günstiger ist als Lkw-Transport, wurde dabei die maximal mögliche Entfernung unterstellt. Für die Berechnung der Gesamtkosten wurden die entsprechenden Transportkosten pro Tonne pro Kilometer sowie Fixkosten herangezogen, z.B. Umschlagskosten. Für das Jahr 2020 wurden konstante Werte auf Basis von 2008 angenommen.

- **Deutschland: Lkw-Transport** – Für den Lkw wurde analog die kleinstmögliche Distanz bestimmt. Auch hierbei wurde für das Jahr 2020 von konstanten Transportkosten pro Tonne pro Kilometer sowie Fixkosten auf Basis der 2008er-Werte ausgegangen.

## CO<sub>2</sub>-Emissionskosten

Der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Kosten, die bei der Klinkerproduktion anfallen, liegen unterschiedliche Szenarien für CO<sub>2</sub>-Preise zu Grunde, die bereits im Hauptteil im Detail dargestellt wurden. Zusätzlich wurden die erwarteten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Basis der erwarteten Klinkerproduktion unter Berücksichtigung der Entwicklung des Sekundärbrennstoffanteils bestimmt. Für das Jahr 2020 wird hierbei für Deutschland von 0,78 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tonne Klinker ausgegangen.<sup>12</sup>

## CO<sub>2</sub>-Bilanz

Eine potenzielle Verlagerung der Produktion hat zur Folge, dass CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht reduziert, sondern lediglich in andere Regionen verlagert werden – eventuell sogar ansteigen. Um diesen Effekt zu quantifizieren, wurde die CO<sub>2</sub>-Bilanz analysiert: Das Volumen der verlagerten CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie der zusätzlich entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen, die aus der Verlagerung resultieren, wurde bestimmt. Für die Berechnung der verlagerten Emissionen wurde das bedrohte Produktionsvolumen mit den entsprechenden CO<sub>2</sub>-Emissionen herangezogen. Bei der Analyse der zusätzlichen Emissionen wurden drei weitere Faktoren betrachtet. *Schaubilder F und G* zeigt die hierfür verwendeten wesentlichen Annahmen.

<sup>12</sup>Ausgangswert: Tatsächliche CO<sub>2</sub>-Emissionen 2006 / Tatsächliche Klinkerproduktion 2006 in Deutschland; Prognose bis 2020 auf Basis der Erwartungen für die Marktentwicklung, der Entwicklung des mittleren Sekundärbrennstoffanteils und des Anteils an Biomasse

## Annahmen CO<sub>2</sub>-Bilanz – Indirekte Emissionen aus Stromerzeugung (1/2)

Reale Werte

Größe	Einheit	Land	Vorhersage							Quelle
			2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	
Indirekte Emissionen	t CO <sub>2</sub> /MWh	Deutschland	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52	0,51	McKinsey BDI Studie
		Ägypten	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50	McKinsey GHG Abatement Cost Curve model (Afrika ohne RSA)
		Saudi-Arabien	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52	McKinsey GHG Abatement Cost Curve model (Mittlerer Osten)
		China	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65	0,64	0,63	McKinsey GHG Abatement Cost Curve model

Quelle: VDZ, Experteninterviews, McKinsey-Analyse

Schaubild F: Annahmen CO<sub>2</sub>-Bilanz (1/2)

## Annahmen CO<sub>2</sub>-Bilanz – Direkte Emissionen aus Transport (2/2)

Reale Werte

Größe	Einheit	Wert	Quelle
CO <sub>2</sub> -Bilanz Ocean	g/(t • km)	2,2	ELCD, similar scenario
CO <sub>2</sub> -Bilanz Fluss	g/(t • km)	23,0	ELCD, similar scenario
CO <sub>2</sub> -Bilanz Lkw	g/(t • km)	44,0	ELCD, similar scenario
Methan-Bilanz Ocean	g/(t • km)	5,6 E-05	ELCD, similar scenario
Methan-Bilanz Fluss	g/(t • km)	3,6 E-03	ELCD, similar scenario
Methan-Bilanz Lkw	g/(t • km)	3,6 E-04	ELCD, similar scenario
CO <sub>2</sub> /Methan	t CO <sub>2</sub> eqw/ t Methan	23	EIA

Quelle: VDZ, Experteninterviews, McKinsey-Analyse

Schaubild G: Annahmen CO<sub>2</sub>-Bilanz (2/2)

- **Brennstoff** – Werke in Nicht-EU-ETS-Ländern werden auf dem neusten Stand der Technik angenommen, nutzen aber einen niedrigeren Anteil an CO<sub>2</sub>-neutraleren Sekundärbrennstoffen

(Biomasse). Da der Einsatz von Sekundärbrennstoffen im Durchschnitt eine geringere CO<sub>2</sub>-Emissionsbilanz zur Folge hat, fallen bei der Klinkerproduktion in Ägypten, Saudi-Arabien und China mehr Emissionen an. Die Basis für die Berechnung dieser zusätzlichen Emissionen bilden die unterschiedlichen Erwartungen über den Sekundärbrennstoffanteil im Jahr 2020 in den unterschiedlichen Produktionsstandorten.

- **Energieerzeugung** – Im Vergleich ist die Energieerzeugung in manchen Nicht-EU-ETS-Ländern CO<sub>2</sub>-intensiver als in Deutschland. Die Produktion in Ägypten, Saudi-Arabien oder China kann somit zusätzliche indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen. Dieser zusätzliche Effekt wurde auf Basis der für die Stromerzeugung erwarteten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2020 für die vier Länder Deutschland, Ägypten, Saudi-Arabien und China bestimmt. China ist hierbei das einzige Land, in dem mit signifikant höheren indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu rechnen ist. Für Ägypten und Saudi-Arabien ist von nahezu gleichen bzw. niedrigeren Emissionsintensitäten bei der Stromerzeugung auszugehen.
- **Transport** – Durch den Transport werden zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen generiert. Bei der Berechnung wurde die derzeitige Technologie bei Schiffs- und Lkw-Transport und somit die derzeitigen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu Grunde gelegt, die bei dieser Art von Transport anfallen.

## QUELLENVERZEICHNIS

- EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT DER EUROPÄISCHEN KOMMISSION: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates (2003/87/EG), 13. Oktober 2003
- EUROPÄISCHE KOMMISSION: Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Verbesserung und Ausweitung des EU-Systems für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten (2008/0013 (COD)), 23. Januar 2008
- DEUTSCHE EMISSIONSHANDELSSTELLE (DEHSt): Kennziffern der Anlagen zu Zementklinkerherstellung, Anlagenliste Stand 28. Februar 2005
- BDI INITIATIV / MCKINSEY & COMPANY: Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland – Sektorperspektive Industrie, 2007
- BDZ ZAHLEN UND DATEN: Kennziffern zur Klinker- und Zementproduktion, 2007-2008
- INTERNATIONAL CEMENT REVIEW: Global Cement Report, 7th edition, Februar 2007
- JAMES F. KING: Auf Anfrage erstellte Preisprognosen für Kohle und Seefracht, 2007
- ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT: Country Briefing: "Egypt economy: subsidies assault", 15.08.2007; Lohnentwicklungen Ägypten, 2007
- ONE STONE CONSULTING: "Cement Projects Focus 2010" (Dezember 2006) und "Krisenende in der Deutschen Zementindustrie" (Artikel publiziert in ZKG International, 10-2006, S. 42ff)
- HOLCIM / VDZ: CO<sub>2</sub>-savings from alternative fuels in the cement industry, ECRA conference (Prague), Mai 2008
- HSBC: "Egypt Book", September 2006 und "Egyptian Cement Market Developments", Oktober 2007
- SAUDI ELECTRIC COMPANY: Strompreise Saudi-Arabien, 2008
- CEIC DATABASE: Strompreise China, 2008

- GLOBAL INSIGHT: Lohnkostenentwicklung Deutschland, Inflationsraten, 2008
- W. WYATT DATABASE: Lohnentwicklungen Ägypten, 2007
- CHINA LABOR STATISTICAL YEARBOOK: Gehaltsniveauentwicklungen China, 2005
- CLARKSON RESEARCH SERVICES LTD.: Baltic Dry Freight Index 1999 - 2008
- PORT OF ROTTERDAM ([www.portofrotterdam.com](http://www.portofrotterdam.com)): Hafengebühren, 2008
- POST STATISTICS (PORT OF ROTTERDAM): Umschlagsvolumina, 2003 - 2007
- HAFENSPIEGEL, DIE BREMISCHEN HÄFEN: Umschlagsvolumina, 2008
- GABLER VERLAG: Modellierung von Logistiknetzwerken; Umrechnungsfaktor Straßenentfernung/Luftlinie, 2007
- JOHNS & ASSOCIATES: Suez Canal Pricing Forecast 2005 - 2025; Suezkanalgebührenentwicklung, 2005
- LETH AGENCIES: Online Toll Calculator: Suezkanalgebühren, 2008
- EUROPEAN REFERENCE LIFECYCLE DATA SYSTEM: Transport-Emissionen
- ENERGIE INFORMATION ASSOCIATION (EIA): Umrechnungsfaktor Methan in CO<sub>2</sub>-Equivalent, 2006
- PC-NAVIGO: Binnenschiffahrtsentfernungen, 2007
- HOLCIM, LAFARGE, CEMEX: Geschäftsberichte 2007

## **AUTOREN**

Dr. Jochen Fabritius

McKinsey & Company, Inc. – Asia House Frankfurt

Schumannstr. 59

60335 Frankfurt

Tel.: +49-69 870009-0

Jochen\_Fabritius@mckinsey.com

Kamil Grzelak

McKinsey & Company, Inc. – Berlin Office

Kurfürstendamm 185

10707 Berlin

Tel.: +49-30-8845-20

Kamil\_Grzelak@mckinsey.com