ZEMENTPRODUKTION

Orientierungsrahmen für Unternehmensdialoge

Inhalt

PATHWAYS TO PARIS **3**

VORWORT: GEMEINSAM FÜR DEN KLIMASCHUTZ **4**

DIE AUSGANGSLAGE FÜR KLIMASCHUTZ IN DER ZEMENTPRODUKTION **6**

DIE ECKPFEILER DES TRANSFORMATIONSPFADES **8**

DIE SCHRITTE DER TRANSFORMATION IN DER ZEMENTPRODUKTION **10**

Energie 10

Technologie 13

Material 14

AUSBLICK UND IMPULSE FÜR DEN DIALOG **16**

LITERATURVERZEICHNIS **17**

Pathways to Paris

Das Projekt hat zum Ziel, die Transformation der deutschen Wirtschaft hin zur Klimaneutralität in Deutschland zu unterstützen und zu beschleunigen. Dafür wurden verschiedene Werkzeuge erarbeitet, die helfen, die notwendigen Veränderungsbedarfe für die Paris-kompatible[1] Emissionsreduktion in verschiedenen Sektoren und Subsektoren zu verstehen und strategisch umzusetzen. Auf dieser Basis können Unternehmen und Finanzmarktakteure gemeinsam Transformationsstrategien und -maßnahmen diskutieren, Investitionsbedarfe identifizieren und Finanzierungslösungen erarbeiten. Zudem wird es den Finanzmarktakteuren ermöglicht, transformationsbasierte Risiken und Chancen der einzelnen Sektoren besser zu verstehen und in ihren Risikosystemen zu berücksichtigen.

Diese drei Instrumente sind:

1. Mit dem webbasierten Transformationstool können Unternehmen aus den abgedeckten zehn Sektoren in drei Schritten ihre eigenen Pläne zur Emissionsreduktion konkretisieren.
2. Eine Bewertungsmatrix bestehend aus sektorübergreifenden und sektorspezifischen Indikatoren, hilft Finanzinstituten, diese Konkretisierungen und ihre Fortschritte zu bewerten.
3. Ergänzende sektorspezifische Orientierungsrahmen erläutern die zentralen Maßnahmen, die Unternehmen auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität umsetzen müssen, und liefern den Finanzmarktakteuren eine fundierte Basis für lösungsorientierte Dialoge mit den Unternehmen.

Bei der **Betrachtung des Sektors Zement** wurde im Rahmen des Projektes auf die THG-Emissionen von Anlagen zur Herstellung von Zement abgestellt. Im vorliegenden Orientierungsrahmen werden insbesondere die Schlüsseltechnologien wie CCS/CCU und Wasserstoff sowie der Energiemix und Brennstoffalternativen betrachtet.

1 Paris-kompatible Emissionsreduktionspfade sind Treibhausgasreduktionspläne für Unternehmen, die im Einklang mit den Pariser Klimazielen stehen. Sie sind also an einem Ambitionsniveau ausgerichtet, das die Begrenzung des Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C, wenn möglich auf 1,5 °C relativ zum vorindustriellen Niveau ermöglicht. Wichtig ist zu beachten, dass das Pariser Klimaabkommen neben den Temperaturlimits noch weitere Ziele festlegt: Die Anpassungsfähigkeit an die globale Erwärmung soll erhöht und die globalen Finanzströme sollen so gelenkt werden, dass sie mit den Zielen des Abkommens vereinbar sind. Da der Fokus dieses Leitfadens auf der Treibhausgasreduktion liegt, wird hier Paris-Kompatibilität im Sinne von „im Einklang mit dem Temperaturlimit des Pariser Abkommens“ verwendet.

Vorwort: Gemeinsam für den Klimaschutz

Vanessa Bolmer, Senior Policy Advisor, Sustainable Finance, WWF Deutschland

Dr. Nicole Röttmer, Global Lead Climate Clients & Industries, PwC Deutschland

Beim Klimaschutz geht es längst nicht mehr um das Ob, sondern um das Wie. Viele Unternehmen, ob klein, mittel oder groß, haben bereits Transformationsmaßnahmen eingeleitet. Sie setzen sich mit ihren Prozessen und Geschäftsmodellen auseinander, testen den Einsatz nachwachsender Rohstoffe oder setzen sich für den Aufbau entscheidender Infrastruktur ein. Altbekanntes kritisch zu hinterfragen, birgt Chancen für das Klima. Um die Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit der deutschen Wirtschaft zu sichern, müssen diese Prozesse beschleunigt und tatsächlich umgesetzt werden. Dafür braucht es eine mutige, zukunftsorientierte Politik, die sich ohne weitere Umschweife für den Klimaschutz und die notwendige Transformation entscheidet und einen verlässlichen Rahmen für die Wirtschaftsakteure setzt. Und es braucht natürlich entsprechendes Kapital.

Die Liquidität ist vorhanden. Doch wie finden die nach zukunftsfähigen Investitionen suchenden Gelder des privaten Finanzsystems den Weg zu gesellschaftlich sinnvollen und zukunftsweisenden Projekten? Eine zentrale Voraussetzung ist, dass entsprechende Investitionen ein wettbewerbsfähiges Risiko-Rendite-Profil haben müssen – auch und gerade im Vergleich zu nicht nachhaltigen, z. B. fossil-basierten Alternativen. Drei Lösungsfelder zeichnen sich ab, die Kapitalgeber:innen auf der Anlage- wie Kreditseite unterstützen, ihre beschleunigende Wirkung auf die Transformation zu entfalten:

Erstens, neben einem regulatorischen Rahmen, der strukturelle Barrieren beseitigt und transformationspositive Investitionen fördert, müssen zweitens, Kenntnisse über die Herausforderungen in den einzelnen Industrien und systematisches, zielorientiertes Engagement in den Fokus rücken. Drittens müssen die klassischen finanzwirtschaftlichen Kennzahlen ergänzt werden um zukunftsgerichtete sektorübergreifende und sektorspezifische Indikatoren, wenn z. B. das Risiko von Stranded Assets, Wertminderung der Vermögensgegenstände oder Kreditausfälle durch Transformationsprozesse erfasst und minimiert werden soll.

Doch noch steckt eine Bewertungspraxis unter Einbeziehung von Dekarbonisierungsszenarien und passgenauen Transformationsbedarfen in den Kinderschuhen. Der Fortschritt unternehmerischer Transformation ist erst über intelligente Indikatoren bewertbar, die nicht nur den Status quo, sondern zusätzlich Elemente wie Klimaziele sowie bewertete Transformations- und Investitionspläne beinhalten.

Ebenfalls einfließen müssen die individuelle strukturelle Aufstellung von Unternehmen sowie die konkrete Einschätzung technischer Maßnahmen des jeweiligen Sektors. Zukünftig wird es über den reinen THG-Fußabdruck des eigenen Portfolios weit hinausgehen müssen, um einen relevanten Beitrag zu einer realen Reduktion der Treibhausgase in der Wirtschaft zu leisten. Dies wird von regulatorischen Entwicklungen national wie international begünstigt. Von Unternehmen wird u. a eine umfassendere Offenlegung von Nachhaltigkeitsdaten verlangt (Europäische Kommission, 2021). Gleichzeitig werden Finanzakteure verpflichtet, Auskünfte über die Transitionsrisiken und Nachhaltigkeitsauswirkungen ihrer Investments zu geben (ARUG II, 2019; Richtlinie 2014/65/EU; Verordnung (EU) 2019/2088; Verordnung (EU) 2020/852; GFANZ, 2022).

Im Rahmen von Pathways to Paris entwickelten WWF Deutschland und PwC Deutschland im Sparring mit 90 Vertreter:innen der Industrie und Finanzwirtschaft drei Instrumente, die beide Akteursgruppen dabei unterstützen sollen, den Wandel zur treibhausgasarmen Wirtschaft im Rahmen ihrer Anlage- und Finanzierungsentscheidungen aktiv zu begleiten. Sie sollen als Grundlage für Dialoge dienen, so dass einschätzbar wird, ob Unternehmen auf den strukturellen Wandel zur Klimaneutralität der Wirtschaft vorbereitet sind. Gefördert wurde das Projekt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

Der Überfall Russlands auf die Ukraine und die gesamtwirtschaftlichen Effekte, wie Inflationsverschiebungen, Preisentwicklungen, Rohstoffzugänge, sowie die bereits sicht- und spürbaren Klimawandelauswirkungen, wie Hitzewellen und Dürren, konnten als kurzfristige Sondereffekte nicht explizit berücksichtigt werden. Nach unserer Einschätzung wirken diese Faktoren verstärkend. Effizienterer Energieverbrauch, Reduktion CO_2-intensiver Energieträger, reduzierte Gasnutzung, Elektrifizierung, Dekarbonisierung von Industrieprozessen – all diese Maßnahmen stünden auch ohne russischen Angriffskrieg auf der Tagesordnung. Gerade die Gasknappheit und die aktuellen Sparmaßnahmen zeigen, welche Reduktionspotenziale bislang ungenutzt geblieben sind.

Wir hoffen, dass der vorliegende Orientierungsrahmen[2] Ihnen hilft, die Anforderungen an die Transformation im sektorspezifischen Kontext nachzuvollziehen und so in einen systematischen und zielorientierten Dialog mit Unternehmen treten zu können. Wir freuen uns auf Ihr Feedback und Ihre Erfahrungsberichte!

2 Sofern nicht anders angegeben, beruhen sämtliche Angaben, Annahmen, Entwicklungen oder Ableitungen in diesem Dokument auf dem von Agora Energiewende beauftragten Dekarbonisierungsszenario KN 2045 (Prognos, 2021). Da es sich hierbei um eines der ambitioniertesten Szenarien für Deutschland handelt, mit einer umfassenden Sektorabdeckung und Dokumentation, wurde es für die Arbeit von Pathways to Paris als Referenz für Paris-kompatible Entwicklungen in Deutschland ausgewählt. Alle Annahmen, die dem Projekt „Pathways to Paris" zugrunde liegen, können online abgerufen werden. https://pathwaystoparis.com/wp-content/uploads/2022/05/PtP_Annahmen_Entwicklung_Brennstoffkosten.pdf

Die Ausgangslage für Klimaschutz in der Zementproduktion

Seine bauphysikalischen Eigenschaften machen ihn zu einem unverzichtbaren Grundstoff für Infrastrukturausbau und Gebäude. Zement wird vor allem eingesetzt für die Herstellung von Beton im Bauwesen. Auch wenn die Nachfrage in Deutschland zurückgehen soll, ist zu erwarten, dass der weltweite Bedarf wächst. Um die Klimaziele der Bundesrepublik zu erreichen, müssen Möglichkeiten einer CO_2-armen bis CO_2-freien Zementherstellung gefunden und skaliert werden. Als Zementexporteur entstehen dann für die deutsche Wirtschaft Entwicklungschancen und Wachstumsperspektiven: Durch die Innovationskraft des deutschen Anlagenbaus können neue Geschäftsfelder für CO_2-minimierte Produkte erschlossen werden. Allerdings dominieren noch veraltete Bauordnungen und Normungen auf nationaler wie auch europäischer Ebene, die Produkte mit beispielsweise reduziertem Klinkeranteil nicht immer zulassen oder zumindest erschweren. Die Politik ist gefragt, dies schnellstmöglich zu beheben und Nachhaltigkeits- und Klimaschutzanforderungen in den relevanten Verordnungen zu verankern. In Deutschland wurden zuletzt vermehrt Abgasreinigungstechniken erprobt. Rund 450 Mio. Euro flossen in Maßnahmen zur Minderung von NOx-Emissionen (VDZ, 2019).

Im Jahr 2020 machten Industrieemissionen 24 % der gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland aus. Von diesen entfielen 11 % auf die Herstellung von Zement. Auf die gesamte Menge der deutschen THG-Emissionen im Jahr 2020 gerechnet, emittierte der Zementsektor etwa 2,7 % (absolut 20 $MtCO_2e$) (Umweltbundesamt, 2022). Durch Effizienzmaßnahmen konnten zwar erste Verbesserungen im Sektor erzielt werden, doch bisher wurde keine absolute Reduzierung der THG-Emissionen erreicht. Mit einem Wachstum der hergestellten Zementmenge um 14 % in den letzten zehn Jahren, stiegen die absoluten Emissionen im gleichen Zeitraum stattdessen um 10 % an (VDZ, 2020a).

Entlang wichtiger Prozessschritte entstehen in der Zementproduktion direkt und indirekt THG-Emissionen: Knapp die Hälfte der Emissionen sind auf chemische Reaktionen beim Brennen zurückzuführen. Denn die Entsäuerung des Kalksteins setzt große Mengen an CO_2 frei. Wird das Ausgangsmaterial Kalkstein zu (Zement-)Klinker gebrannt, erhält der spätere Zement seine Leistungsfähigkeit. Für den Brennvorgang werden sehr hohe Temperaturen von bis zu 1.450 °C benötigt. Der enorme Brennstoffverbrauch sorgt für hohe energiebedingte Emissionen. Die restlichen Emissionen des Zementsektors entstehen durch den Stromverbrauch für Mahl-, Mühl- und Förderprozesse sowie den Transport der Rohstoffe.

Wichtige Maßnahmen werden nun der Aufbau der Infrastruktur für die **Schlüsseltechnologien** des Sektors (grüne) Wasserstoffwirtschaft sowie CO_2-Abscheidung (CCS/CCU) sein. Der daraus resultierende höhere Strombedarf baut auf eine deutliche Beschleunigung der bisher schleppend voranschreitenden Dekarbonisierung des Stromsektors.

Das prognostizierte **Investitionsvolumen** für Klimaschutzmaßnahmen beläuft sich bis 2050 in der Industrie auf rund 619 Mrd. Euro (Prognos, 2021). Im Zementsektor entstehen Investitionsbedarfe für die Umrüstung der Feuerungsanlagen auf alternative Wärmequellen sowie den Aufbau der Anlagen für CO_2-Abscheidung und der zugehörigen Infrastruktur. Demgegenüber stehen die derzeit noch fehlende Marktreife eben dieser so wichtigen Technologien. Erste Pilotierungen existieren, doch unzureichende Erfahrungswerte sorgen noch für Zurückhaltung bei Investoren (Rohrdorfer, 2022).

Begleitet werden muss dieser Prozess durch Förderungen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten, Anpassung der Normen, Schaffung von Rechtssicherheit für den Einsatz von CCS/CCU sowie den bereits stark diskutierten Ausbau der erneuerbaren Energien.

ETS und CBAM sollen Wettbewerbsfähigkeit stützen

Das **EU-Emissionshandelssystem** (ETS) wurde im Jahr 2005 als das zentrale Instrument der Europäischen Union zur Minderung der Treibhausgasemissionen beschlossen. Er deckt alle Anlagen in der Industrie und in der Stromwirtschaft ab, was etwa 45 % der europäischen Treibhausgasemissionen umfasst. Die Idee ist, eine Obergrenze für den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase festzusetzen, und innerhalb dieser Obergrenze CO_2-Zertifikate zu verkaufen, die Unternehmen berechtigen, CO_2 auszustoßen. Die Verschärfung der Klimaziele erhöht die Knappheit der Zertifikate über die Zeit und damit ihren Preis. So soll ein Anreiz für klimafreundliche Technologien und Verfahren geschaffen werden. Seit 2005 wurden der Industrie jedoch die meisten Zertifikate kostenlos zugeteilt, da eine Verlagerung von Emissionen befürchtet wurde. Diese kostenlose Zuteilung führt zu Fehlanreizen und verhindert, dass das Preissignal an die Industrie weitergegeben wird. Als Konsequenz sind seit 2012 die Industrieemissionen im ETS nicht gesunken. Die kostenlose Zuteilung soll nun bis 2032 auslaufen.

Parallel dazu soll ein neuartiger **Grenzausgleichsmechanismus** (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) eingeführt werden, der EU-Importeure verpflichtet, ab 2026 Zertifikate in Höhe des wöchentlichen EU-Kohlenstoffpreises zu erwerben. Der CBAM würde zunächst für Importe aus fünf emissionsintensiven Sektoren gelten, bei denen ein größeres Risiko der Verlagerung von CO_2-Emissionen besteht: Zement, Aluminium, Düngemittel, Strom sowie auch Eisen und Stahl (European Parliamentary Research Service, 2022). Ziel ist es, bei bestimmten Importen aus Drittländern, in denen kein ETS oder damit verbundener Mechanismus angewandt wird, denselben Preis zu verlangen wie für innerhalb der EU durch ETS bzw. Umweltauflagen und Emissionsvorgaben unter höheren Kosten produzierte Produkte. So sollen die Klimaneutralitätsziele der EU gestützt und gleichzeitig Partnerländer dazu ermutigt werden, ihre Produktionsprozesse ebenfalls zu dekarbonisieren. Die Instrumente sollen dazu beitragen, deutsche Standorte wettbewerbsfähig zu halten.

Die Eckpfeiler des Transformationspfades

Das Dekarbonisierungsszenario[3] „Klimaneutralität in Deutschland 2045“, erstellt für Agora Energiewende (im Folgenden KN 2045), modelliert für den Zementsektor bis 2045 absolute Reduktionen um 97 % (siehe **Abbildung 1**). Trotz aller Bemühungen wird es in Deutschland im Jahr 2045 Residualemissionen geben, im Landwirtschaftssektor und prozessbedingt in der Industrie, u. a. im Zementsektor. Um Klimaneutralität im deutschen Binnenland zu erreichen, müssen diese Restemissionen durch negative Emissionen[4] ausgeglichen werden. Da in der Zementproduktion bisher keine signifikanten Minderungen erzielt werden konnten, muss die Geschwindigkeit der Emissionsreduktion deutlich zunehmen. Entsprechend rasant muss der Aufbau der notwendigen Infrastruktur für (grünen) Wasserstoff und CCS/CCU sowie die Dekarbonisierung des Stromsektors erfolgen.

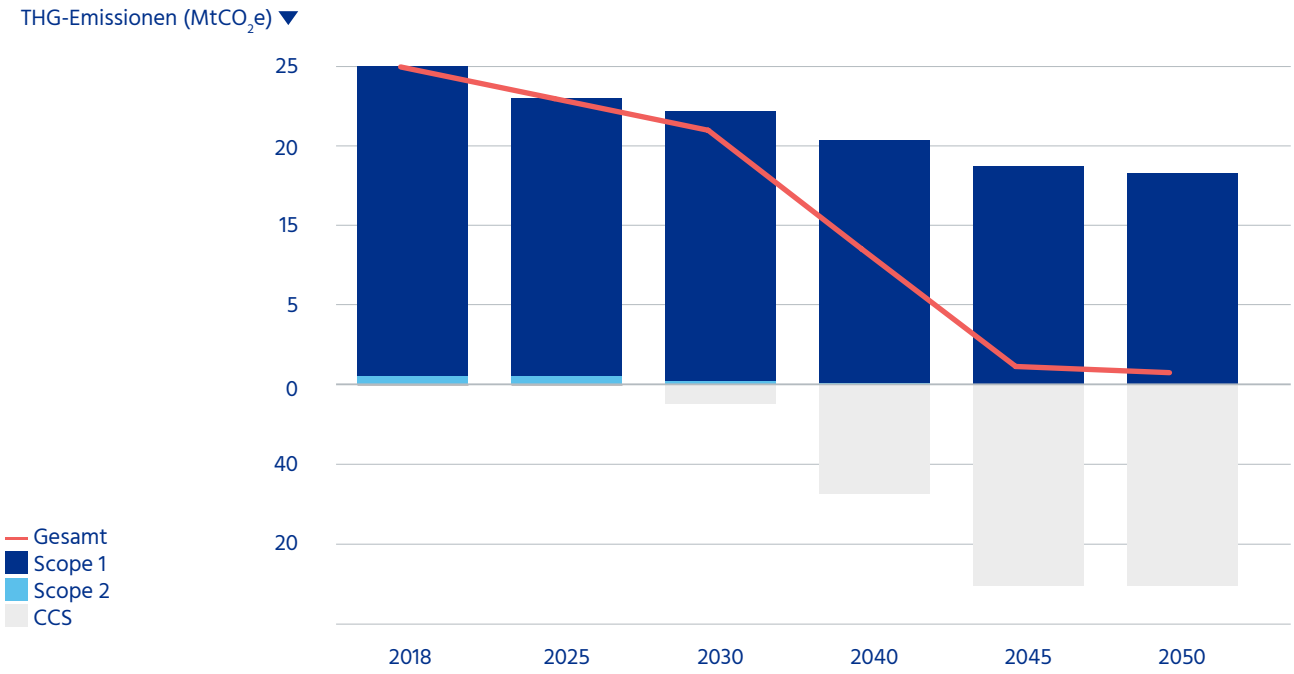

Abbildung 1: Reduzierung der absoluten THG-Emissionen im Zementsektor nach KN 2045

3 Die Ergebnisse der Klimaszenarien und die ihnen zugrundeliegenden Annahmen bilden eine wichtige Grundlage für die Ableitung von Maßnahmenplänen mit Blick auf die Kalibrierung zwischen Kosten, Nutzen und Wirksamkeit in Bezug auf die Emissionsreduzierung. Wichtige Stellschrauben in der Umsetzungsplanung von Dekarbonisierungsstrategien hängen von einer Reihe makroökonomischer und energiespezifischer Annahmen ab. Preisentwicklungen spielen zur Abwägung und Beurteilung von Dekarbonisierungsmaßnahmen eine wichtige Rolle. Im Zementsektor sind dies insbesondere der CO_2-Preis oder die Preisentwicklungen der Energieträger.

4 Negativemissionen ist ein vom Weltklimarat geprägter Begriff, der Aktivitäten beschreibt, die Treibhausgasemissionen aus der Atmosphäre binden. Dies sind zum Beispiel Aufforstung, Humusaufbau und die technische Fixierung und Speicherung von Kohlenstoff. Da fraglich ist, ob umfangreiche globale Negativemissionen erreicht werden können (Anderson und Peters, 2016), sind Szenarien, die sie in einem geringeren Ausmaß veranschlagen, als belastbarer anzusehen (Fuss et al., 2014).

KN 2045 modelliert für den Zementsektor drei zentrale Entwicklungen:

1. Rückläufige Produktionsmenge: Je geringer der Gesamtbedarf, desto weniger muss produziert werden. Der Zementeinsatz in Deutschland sinkt u. a durch einen verstärkten Einsatz alternativer Bauweisen (z. B. Holzhybrid) sowie einen effizienteren Umgang mit Ressourcen..

2. Zügiger Wechsel von fossilen Brennstoffen zu Brennstoffen auf Basis von (grünem) Wasserstoff, gekoppelt mit einer – so weit möglich – direkten Elektrifizierung von Teilprozessen.

3. CCS: Die unvermeidbaren Prozessemissionen sollen langfristig durch den Einsatz von Carbon Capture and Storage aufgefangen und gespeichert werden.[5]

Abbildung 2 zeigt den in KN 2045 modellierten Pfad der Zementemissionsintensität pro hergestellter Tonne Zement bis 2050. Im Vergleich mit dem 1,5 °C-Szenario der **Internationalen Energieagentur (IEA**) sinken die absoluten Emissionen im Zementsektor analog zu KN 2045 global um −95 % bis 2050. Allerdings geht die IEA auf globaler Ebene von einer leicht wachsenden bis stabilen Nachfrage aus: Wachstum von +5 % bis 2030 und Rückkehr zum 2020er-Niveau bis 2050. Erklären lässt sich dies durch eine starke Zunahme der Weltbevölkerung um +1,5 Milliarden Menschen bis 2040, sodass neuer Wohnraum und andere Infrastrukturen benötigt werden.

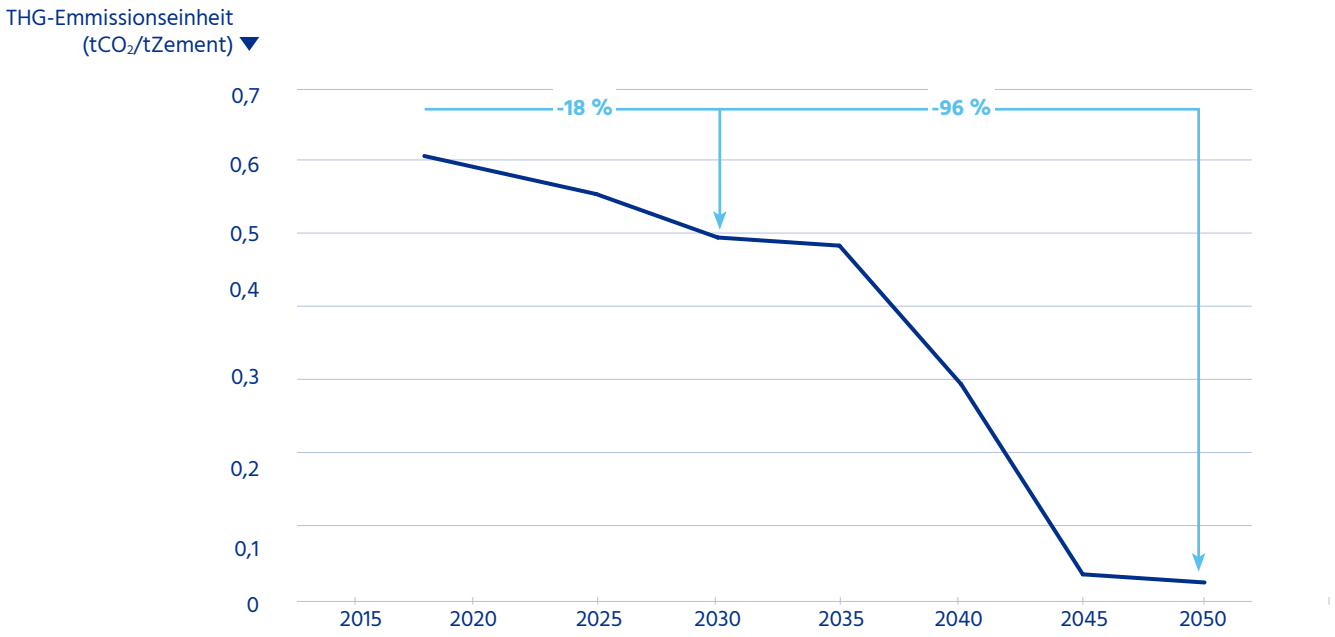

Abbildung 2: Reduzierung der THG-Intensität im Zementsektor nach KN 2045

5 Der Einsatz von CCU wird in KN 2045 nicht berücksichtigt.

Die Schritte der Transformation in der Zementproduktion

Um widerstandsfähig zu bleiben und auf einem sich wandelnden Markt zu bestehen, muss auch der Zementsektor einige Herausforderungen meistern. Eine erfolgreiche Transformation stellt Anforderungen insbesondere an drei Handlungsfelder[6]:

» **Energie:** Dekarbonisierung des Brennstoffmixes und Erhöhung der Energieeffizienz des Prozesses
» **Technologie:** Aufbau von CCS/CCU
» **Material:** Absenkung des Klinkerfaktors und Einsatz neuer Bindemittel

Energie

Investitionen in Effizienzsteigerungen beim Verbrauch elektrischer und thermischer Energie sind in einer energieintensiven Produktion bereits aus wirtschaftlichen Aspekten zu erwägen. Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz, die sich mindernd auf Treibhausgasemissionen auswirken, sind u. a.:

» Verbesserung der Motoren und des Drucksystems: Einsatz aktueller Technologien, wie Elektromotoren, oder in der Zementvermahlung der Einsatz von Vertikalmühlen anstelle von Kugelmühlen. Vertikalmühlen weisen im Gegensatz zu Kugelmühlen einen 30–40 % geringeren Strombedarf aus – allerdings sind Auswirkungen auf das gewünschte Endprodukt abzuwägen.

6 Die im Projekt Pathways to Paris identifizierten Maßnahmen wurden in sektorspezifischen Arbeitsgruppen mit Akteuren aus der Industrie, Finanzwirtschaft und Wissenschaft diskutiert. Mithilfe sogenannter Vermeidungskostenkurven (MACCs) können im Transformationstool für jede Technologie die Maßnahmen mit den geringsten Kosten und dem größten Potenzial zur Vermeidung von THG-Emissionen betrachtet werden. Neben KN 2045 basieren sie u. a. Brunke (2017, Ismail und Zieri (2018), IEA (2019), Klugman et al. (2019), Umweltbundesamt (2019), Karlsson et al. (2020), New Climate (2020), VDZ (2020b; 2021).

» Optimierung der Produktionslinie, wie Digitalisierungen oder eine erweiterte Integration der Abwärme des Drehofens

» Wärmerückgewinnung: Nutzung der Abwärme bzw. Wärmenutzung im Prozess, z. B. zur Trocknung der Eingangsstoffe oder Verstromung. Derzeit sind Effizienzgrade zwischen 70 und 80 % möglich (VDZ, 2021).

Der **Energiemix** spielt im Zementsektor eine tragende Rolle. Der größte Anteil des thermischen Energiebedarfs entsteht in der Klinkerherstellung. 2019 lag dieser bei ca. 2.770 MJ/t Zement. **Abbildung 3** zeigt seine Zusammensetzung und die Aufteilung des elektrischen Energiebedarfs zur Weiterverarbeitung. Der Anteil alternativer Brennstoffe (wie Altreifen, Kunststoffabfall oder Klärschlamm) konnte branchenweit bereits erhöht und somit der Anteil von Braun- und Steinkohle verringert werden. Ziel sollte es sein, den Einsatz regenerativer Energiequellen zur Deckung des Energiebedarfs weiter anzuheben sowie den Wärmenutzungsgrad zu steigern.

Im Unternehmensdialog ist darauf zu achten, dass ein möglichst hoher Anteil des Energiemixes aus erneuerbaren Quellen stammt und wie hoch der Wärmenutzungsgrad ausfällt.

Die Umstellung auf Grünstrom, ob durch Eigenproduktion oder Zukauf, ist ein ebenfalls möglicher Schritt. Die Prozessemissionen und die Emissionen des Wärmebezugs werden dadurch jedoch nicht beeinflusst.

Auch wenn Wasserstoff sich nicht für die Befeuerung der Hauptflamme eignet, kann es unter bestimmten Voraussetzungen im Kalzinator eingesetzt werden, wie erste Versuche aus Griechenland zeigen (Cement News, 2022).

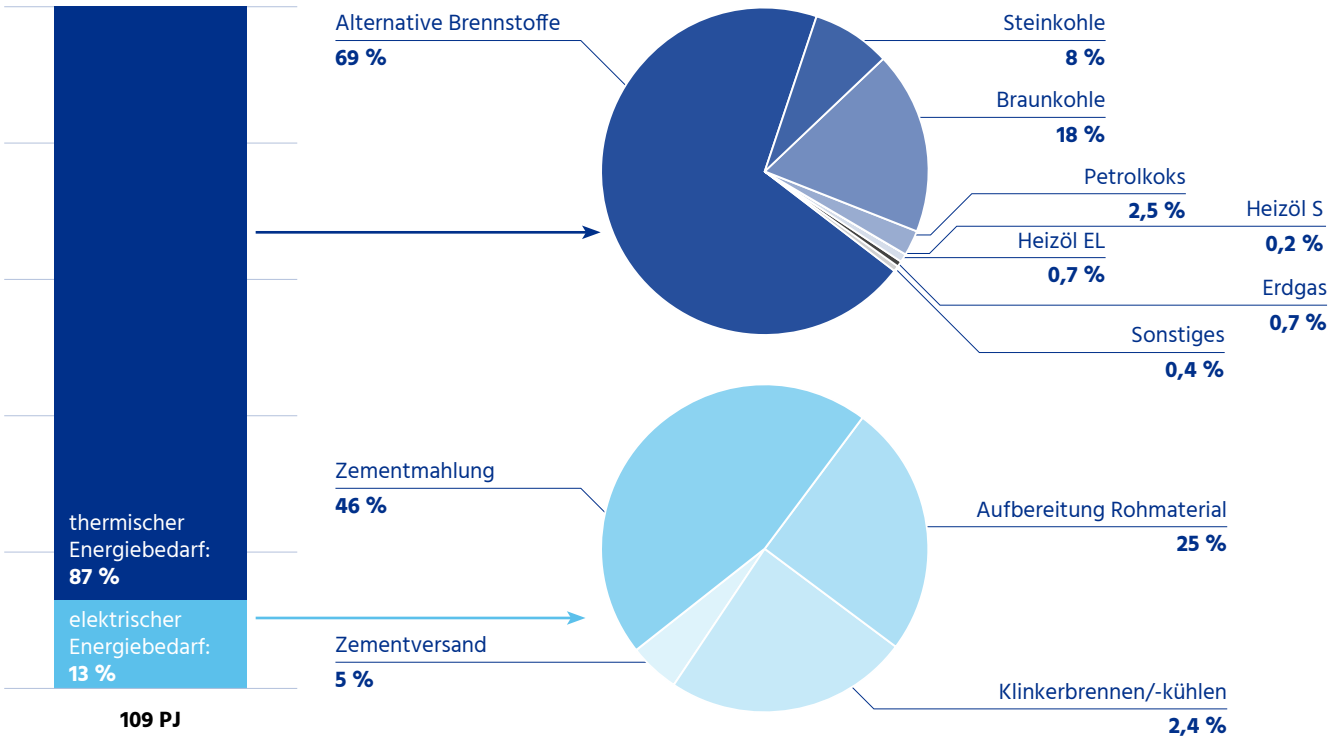

Abbildung 3: Aufteilung des Energiebedarfs im Zementsektor (2019)

Maßnahmen Klinkerherstellung:

Die **EU-Taxonomie** für ökologisch nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten definiert für Zement maximale Emissionsintensitäten. Für grauen Klinker beträgt der Grenzwert 0,722 tCO_2e/t und für Zement mit alternativen Bindemitteln 0,469 tCO_2e/t (Europäische Kommission, 2021b). In Deutschland liegt der Durchschnittswert für Klinker aktuell bei ca. 0,77 tCO_2e/t und für Zement bei 0,715 tCO_2e/t (FFE, 2019). Die Werte sollen sukzessive im Laufe der 2020er Jahre verschärft werden. Die Kriterien entsprechen der sogenannten „best available technology". Anlagen, die heute neu gebaut werden, sollten diese grundsätzlich einhalten können. Herausfordernder wird es sein, existierende Produktionsstätten durch die richtigen Maßnahmen auf die gleiche Effizienz zu bringen.

Ein reiner Zwischenschritt kann der **Wechsel zu einem Gasbrenner** sein. Aufgrund des besseren Energie-
Emissionsverhältnisses würden Emissionen reduziert werden. Bei niedrigen Investitionskosten steigen durch den Bezug von Gas die operativen Kosten. Das Emissionsreduktionspotenzial liegt bei 7 %. Allerdings ist alsbald der Wechsel zu erneuerbaren Brennstoffen anzustreben.

Alternativ kann direkt ein **biogasbetriebener Gasbrenner** eingesetzt werden. Dies hängt jedoch stark von der Verfügbarkeit von Biogas[7] und biogenen[8] Brennstoffen ab. Prozessbedingte Emissionen können durch den Wechsel zu biogenen Brennstoffen nicht vermieden werden. Der Energieträger reduziert die Emissionsintensität jedoch deutlich im Vergleich zu fossilen Brennstoffen. Investitionen und Kosten sind mit dem erdgasbetriebenen Gasbrenner vergleichbar. Das Emissionsreduktionspotenzial liegt bei **33 %**.

Eine weitere Möglichkeit stellt der mit **synthetischem Gas** betriebene Brenner dar. Prozessbedingte Emissionen können durch den Wechsel zu synthetischen Brennstoffen ebenfalls nicht vermieden werden. Der Energieträger reduziert die Emissionsintensität jedoch deutlich im Vergleich zu fossilen Brennstoffen. Investitionen sind mit dem erdgasbetriebenen Gasbrenner vergleichbar. Aktuell sind synthetische Brennstoffe nicht allerorts verfügbar und ihre Beschaffungskosten noch sehr hoch. Mit dem globalen Anstieg des Einsatzes dieser Brennstoffe könnten die Kosten perspektivisch sinken. Es wird mit einer Marktreife um das Jahr 2030 gerechnet. Das Emissionsreduktionspotenzial liegt bei **33 %.**

Die **strombasierte Klinkerherstellung** wird durch die vollständige Umstellung auf eine rein elektrische Beheizung erreicht. Zentrale technische Herausforderung ist derzeit noch, ob die benötigte Materialtemperatur erreicht werden kann. Hierfür wird der Einsatz von Plasmabrennern diskutiert. Hier bestehen noch technische

7 Es ist nur Biogas zu verwenden, welches in vollem Umfang als nachhaltig klassifiziert ist. Für die Produktion der benötigten Biomasse dürfen weder Grünland mit hoher Biodiversität noch Waldflächen oder Torfmoor zu Anbauflächen umgewandelt werden. Damit kann eine nahezu CO_2-neutrale Herstellung des Biogases sichergestellt und negative Skaleneffekte abgewendet werden. Die Möglichkeit dieser negativen Skaleneffekte rührt daher, dass Biogas (wie Biokohle) in vielen Sektoren als Möglichkeit zur Dekarbonisierung betrachtet wird, nachhaltiges Biogas aber nicht zur umfangreichen Versorgung aller interessierten Sektoren ausreicht.

8 Werden biogene Brennstoffe eingesetzt, ist zwingend auf ihre Herkunft zu achten. Das Material für Biomasse darf nicht von Flächen stammen, die originär für die Lebensmittelproduktion verwendet werden oder im Konflikt mit der Erhaltung natürlicher Kohlenstoffsenken, z. B. geschütztem Wald, stehen. Zudem kann der Einsatz von biogenen Brennstoffen eine höhere Feuchtigkeit in der Produktionsmasse bewirken. Unter Umständen führt der erhöhte Trocknungsaufwand zu einem gesteigerten Energiebedarf, sodass der positive Emissionseffekt des biogenen Brennstoffs nivelliert wird.

Herausforderungen, die es zu adressieren gilt. Dazu zählen hoher Verschleiß und die mit der notwendigen Kühlung der Brenner verbundenen Energieverluste. Es wird mit einer Marktreife um das Jahr 2030 gerechnet. Diese Umstellung ist aktuell noch mit sehr hohen Investitionskosten verbunden. Durch den Betrieb mit Strom statt mit fossilen Brennstoffen sinken die operativen Kosten. Das Emissionsreduktionspotenzial liegt auch hier bei **33 %.**

Eine Umstellung auf **strombasierte Produktion bzw. die Elektrifizierung von Teilprozessen** erfordert unter Umständen wesentliche Veränderungen im Prozess. Der Aufwand kann deutlich höher ausfallen als die Umstellung auf andere gasförmige regenerative Energieträger, wie Methan aus Power-to-Gas-Anlagen unter Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien.

Technologie

Viele Dekarbonisierungsszenarien setzen für eine späte, dann sehr steile Reduzierung der THG-Emissionen auf den Einsatz von CCS[9] und CCU im Zementsektor. Mit dieser Technologie könnten Emissionen um bis zu 90 % reduziert werden. Sie ist derzeit noch mit hohen Investitions- und operativen Kosten verbunden. Zum einen geht sie mit einem deutlich höheren Strombedarf einher. Zum anderen verursacht die CO_2-Sequestrierung zusätzliche Kosten bei Transport und Speicherung, deren Träger noch nicht geklärt sind. Das sollte sich jedoch mit der Weiterentwicklung und durch Sammlung von Erfahrungen in der Anwendung reduzieren. Ein breiter Einsatz ist ab 2030 vorgesehen. Noch ist unklar, welche Industrieregionen wann an ein CO_2-Sequestrierungsnetz angeschlossen werden. Ob ein Zementwerk dazu zählen kann, ist stark standortabhängig.[10] Kann CCS eingesetzt werden, ist zu beachten, dass die energieintensiven Abscheidungs- und Verdichtungsanlagen mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Das eingefangene CO_2 darf zudem nach seiner Speicherung nicht entweichen.

9 Auch wenn seit 2012 das CCS-Gesetz den Rechtsrahmen für die Erprobung und Demonstration der CCS-Technologie in Deutschland auslegt, gibt es noch keinen Rechtsrahmen für die dauerhafte Anwendung. Laut BMWK wird dazu derzeit mit Branchenvertreter:innen beraten. Siehe auch BMWK (2022).

10 Speicheroptionen bzw. Lagerstätten, sind für Werke in NRW beispielsweise leichter erreichbar, während Werke im Süden ungünstig liegen. Zudem fehlt es derzeit an ausreichend Waggons für den Schienentransport.

CCS-Technologie im Zementsektor:
KN 2045 baut stark auf die sogenannte Oxyfuel-Technologie zur CO_2-Abscheidung in Zementöfen. Das Oxyfuel-Verfahren ist ein Verbrennungsverfahren, bei dem die Verbrennung mit nahezu reinem Sauerstoff durchgeführt wird, wodurch eine besonders hohe Flammentemperatur erreicht werden kann. Das als Abgas entstehende Kohlendioxid kann in den Brenner zurückgeleitet werden, was seine Konzentration im Abgas noch erhöht und es somit abscheidbar macht. Im industriellen Maßstab wird diese Technologie zwischen 2025 und 2030 verfügbar sein und soll eine CO_2-Abscheiderate von bis zu 90 % erreichen können. Reinvestitionen in Zementöfen erfolgen ab ca. 2030 nur noch in Öfen mit Oxyfuel-Technologie.

Im Dialog empfiehlt es sich zu besprechen, wie der Einsatz und Hochlauf einer CCS- oder CCU-Option im Werk geplant ist oder bereits pilotiert wird.

Eine Weiternutzung[11] des CO_2 (CCU) ist nicht uneingeschränkt und unüberlegt zu forcieren. Vielmehr sind die einzelnen Technologien unter Berücksichtigung der individuellen Rahmenbedingungen mittels ökobilanzieller Untersuchungen zu vergleichen. Nur so kann für jede Anlage und jeden Anwendungszweck individuell abgewogen werden, ob und welche Technologien ökologisch sinnvoll sind (WWF Deutschland, 2019).

Material

Das Brennen des Klinkers verursacht einen Großteil der CO_2-Emissionen. Eine Absenkung des Klinkerfaktors durch die Nutzung alternativer Stoffe würde die Emissionsintensität der Zementproduktion also deutlich senken. Das Verhältnis von Klinker zu produziertem Zement (auch Klinkerfaktor genannt) beträgt derzeit durchschnittlich 0,77 t Klinker/t Zement: Eine Tonne Zement enthält zu 77 % Klinker. Zemente mit geringeren Anteilen befinden sich bereits auf dem Markt. Neue Zemente mit Klinkergehalten von 50 % und weniger durchlaufen derzeit europäische Genehmigungsprozesse.

Der **Einsatz von Hüttensand und Flugasche** ist eine Möglichkeit den Klinkerfaktor zu reduzieren. Diese Maßnahme senkt neben dem Brennstoffbedarf auch die spezifischen prozessbedingten Emissionen. Es fallen keine Investitionskosten an, da vorhandene Maschinen nicht auf den Stoffeinsatz angepasst werden müssen. Die Brennstoffkosten pro Tonne Zement fallen aufgrund der Reduktion des Klinkeranteils. Das Emissionsreduktionspotenzial liegt bei 11 %.

Ab etwa 2030, spätestens 2040 werden diese beiden Optionen nicht mehr zur Verfügung stehen: Sie sind Nebenprodukte aus der Roheisenherstellung im Hochofen und Kohlekraftwerken, die im Zuge der Umstellung auf Direktreduktionsverfahren im Stahlsektor wegfallen werden.

11 KN 2045 schließt den Einsatz von CCU aus. Unter CCU wird die Abscheidung, der Transport und die anschließende Nutzung von CO_2 verstanden. Am Ende der Nutzungskette gelangt das CO_2 wieder in die Atmosphäre. Wichtig ist daher die Betrachtung des Lebenszyklus der Endprodukte. Für die stoffliche Verwertung von CO_2 stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die sich jedoch in unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden. Eine Auswahl möglicher Anwendungsgebiete wird hier beschrieben: WWF Deutschland (2022).

Im Unternehmensdialog empfiehlt es sich zu erfragen, wie sich der Klinkerfaktor entwickelt und ob der Einsatz alternativer Bindemittel im Produktportfolio des jeweiligen Werkes möglich ist.

Der **Einsatz von vorkalzinierten Tonen** ist ab etwa 2030 eine weitere Möglichkeit den Klinkerfaktor in ähnlichem Ausmaß zu reduzieren. Diese Maßnahme senkt neben dem Brennstoffbedarf auch die spezifischen prozessbedingten Emissionen. Es sind jedoch technische Anpassungen am Prozess notwendig, die geringe Investitionskosten auslösen. Die Brennstoffkosten pro Tonne Zement fallen aufgrund der Reduktion des Klinkeranteils. Das Emissionsreduktionspotenzial liegt bei **11 %**.

Der Materialmix in der Zementherstellung wurde in den vergangenen Jahren kontinuierlich angepasst und verprobt. Derzeit werden weitere Möglichkeiten, vor allem Geopolymere, hydraulische Calciumhydrosilikate oder Magnesia- und Phosphatbinder, erforscht, so dass sich in Zukunft neue Zusammensetzungen ergeben könnten. Der Einsatz der Zusätze ist jedoch abhängig vom Produktportfolio, da bestimmte Verwendungszwecke eine (starke) Substitution nicht zulassen.[12] Wird der Zement für beispielsweise Bürgersteige oder Gartenmauern eingesetzt, gelten andere Vorschriften als für die Verwendung beim Bau von Brücken oder Gebäuden.

12 Bereits teilweise im Einsatz sind CEMII/C-Zemente, die mit deutlich geringerem Klinkeranteil die notwendigen Eigenschaften erreichen, siehe zum Beispiel Dyckerhof (2020).

Ausblick und Impulse für den Dialog

Der Zementsektor zählt zu den Hard-to-abate-Sectors. Heute verfügbare Technologien können nur einen Teil der notwendigen Emissionseinsparungen ermöglichen. Vor diesem Hintergrund sollte bei der Analyse und Bewertung transformationsbezogener Risiken und Chancen der Sektoren und Unternehmen sowie bei der Vorbereitung, Durchführung und Bewertung von Unternehmensdialogen insbesondere auf folgende Erfolgskriterien einer Paris-kompatiblen Transformation des Zementsektors geachtet werden:

Erfolgskriterien einer Paris-kompatiblen Transformation

1 Reduzierung der energiebedingten Emissionen

» Energieeffizienzmaßnahmen und alternative Wärmequellen: Die möglichen Einsparungen sind zwar physikalisch begrenzt, dennoch lassen sich noch Potenziale heben.

» Dazu gehört der Einsatz von Erdgas als Übergangstechnologie sowie von erneuerbaren Wärmeträgern inkl. der Nutzung von Brennstoffen auf Basis von (grünem) Wasserstoff.

» Die Beimischung von natürlichen Bindemitteln, die den THG-intensiven Klinkeranteil sinken lassen, ist auszubauen und weiter zu erforschen.

2 Prozessbedingte Emissionen

» Ab 2030 soll CCS in der Fläche einsetzbar sein. Ausschlaggebend sind Lösungen für die Endlichkeit der langfristigen Speicherung der THG-Emissionen und die längere Nutzung von Produkten über ihre gesamte Lebenszeit.

» Darüber hinaus kann eine weitere Nutzung des abgeschiedenen CO_2 (CCU) in Industrieprozessen sinnvoll sein, um die Wertschöpfungskette zu verlängern und weitere THG-Emissionen auch in anderen Sektoren zu senken. Sie ist jedoch nicht uneingeschränkt und unüberlegt zu forcieren.

In allen Dialogen sollte nach dem Stand der entsprechenden Maßnahmen bzw. nach konkreten Zeitplänen und Investitionsvorhaben gefragt werden.

Viele der technischen Lösungen erhöhen den Strombedarf. Ein schneller und konsequenter Kohleausstieg und ein forcierter Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist für die Dekarbonisierung der Zementherstellung von zentraler Bedeutung.

Ein Teil der in Deutschland betriebenen Anlagen steht 2030 für Reinvestionen an. Dies und die Lebensdauer von 50 und mehr Jahren dieser Anlagen verdeutlicht die Relevanz: Wird für den kommenden Investitionszyklus nicht der Rahmen für Investitionen in Schlüsseltechnologien und den Aufbau der Infrastruktur geschaffen, riskieren wir, dass die Werke in Deutschland schließen und die Industrien in andere Länder abwandern. Eine Möglichkeit für Unternehmen und Investoren dies zu verhindern ist, mutig voranzugehen und über Pilotprojekte Erfahrungswerte zu sammeln und zögerlicher politischer Rahmensetzung entgegenzutreten.

Literaturverzeichnis

Anderson, K., und Peters, G. (2016). The trouble with negative emissions. Science, 354(6309), 182–183. https://doi.org/10.1126/science.aah4567. Abgerufen am 21. September 2022.

ARUG II. (2019). Gesetz zur Umsetzung der zweiten Aktionärsrechterichtlinie. https://www.bmj.de/SharedDocs/Gesetzgebungsverfahren/Dokumente/BGBL_ARUG_II.html. Abgerufen am 21. September 2022.

Brunke, J. C. (2017). Energieeinsparpotenziale von energieintensiven Produktionsprozessen in Deutschland: Eine Analyse mit Hilfe von Energieeinsparkostenkurven. Dissertation. Universität Stuttgart. https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/9259/5/BRUNKE_ENERGIEEINSPARKOSTENKURVEN_209.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (2022). CCU/CCS: Baustein für eine klimaneutrale und wettbewerbsfähige Industrie. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/weitere-entwicklung-ccs-technologien.html#:~:text=Das%20Gesetz%20zur%20Demonstration%20und,31%2FEG%20zur%20geologischen%20Kohlendioxidspeicherung. Abgerufen am 21. September 2022.

Cement News. (2022). TITAN Cement Group to scale Rondo Energy's decarbonisation technology. https://www.cemnet.com/News/story/173000/titan-cement-group-to-scale-rondo-energy-s-decarbonisation-technology.html. Abgerufen am 21. September 2022.

Dyckerhof. (2020). Dyckerhoff erhält als erster deutscher Hersteller die Zulassung für CEM II/C-Zement. https://www.dyckerhoff.com/-/cem-ii-c-zement. Abgerufen am 21. September 2022.

Europäische Kommission. (2021a). Vorschlag für eine Änderung der Richtlinie hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0189. Abgerufen am 21. September 2022.

Europäische Kommission. (2021b). Manufacture of cement. EU Taxonomy Compass. https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/activities/activity/12/view. Abgerufen am 21. September 2022.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE). (2019). CO_2-Verminderung in der Zementherstellung. https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2021/08/CO2-Verminderung_in_der_Zementherstellung.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Fuss, S., Candell, J. G., Peters, G. P., Tavoni, M., Andrew, R. M., Ciais, P., ... Yamag. (2014). Betting on negative emissions. Nature Climate Change, 4(10), 850–853. https://doi.org/10.1038/nclimate2392. Abgerufen am 21. September 2022.

Glasgow Financial Alliance for Net Zero (GFANZ). (2022). Financial Institution Net-zero Transition Plans. https://assets.bbhub.io/company/sites/63/2022/06/GFANZ_Recommendations-and-Guidance-on-Net-zero-Transition-Plans-for-the-Financial-Sector_June2022.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

International Energy Agency (IEA). (2019). The Future of Hydrogen - Seizing today´s opportunities. https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Karlsson, I., Toktarova, A., Rootzén, J. und Odenberger, M. (2020). Technical Roadmap Cement Industry. Mistra Carbon Exit. https://static1.squarespace.com/static/59497bb66b8f5bd183c75745/t/5ecb9fa55060ad27ee20de31/1590402994302/MistraCarbonExit_Roadmap_Cement_v4.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Klugman, S., Stripple, H., Lönnqvist, T., Sandberg, E. und Krook-Riekkola, A. (2019). A climate neutral Swedish industry: An inventory of technologies. IVL Swedish Environmental Research Institute. https://www.ivl.se/download/18.4447c37f16fa0999d192f8/1579514247120/B2367.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

NewClimate. (2020). Decarbonisation pathways for the EU cement sector: Technology routes and potential ways forward. https://newclimate.org/sites/default/files/2020/12/SGCCC-EU-Cement-paper-NewClimate_Nov2020.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Prognos. (2021). Beitrag von Green Finance zum Erreichen von Klimaneutralität in Deutschland. Im Auftrag der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). In Zusammenarbeit mit: Nextra Consulting & Institut für nachhaltige Kapitalanlagen. https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/Green-Finance-und-Klimaneutralitaet.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Prognos, Öko-Institut und Wuppertal-Institut. (2021). Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland-2045-vollversion/. Abgerufen am 21. September 2022.

Richtlinie 2014/65/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Märkte für Finanzinstrumente sowie zur Änderung der Richtlinien 2002/92/EG und 2011/61/EU. (2014). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32014L0065. Abgerufen am 21. September 2022.

Rohrdorfer. (2022). Rohrdorfer baut als erstes Zementwerk in Deutschland CO_2-Abscheideanlage. https://www.rohrdorfer.eu/rohrdorfer-baut-als-erstes-zementwerk-in-deutschland-co2-abscheideanlage/. Abgerufen am 21. September 2022.

Umweltbundesamt. (2019). Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE: Langfassung. https://www.umweltbundesamt.de/rescue. Abgerufen am 21. September 2022.

Verein Deutscher Zementwerke (VDZ). (2019). Zementindustrie im Überblick 2019/2020. https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/zementindustrie/zementindustrie_ueberblick/VDZ_Zementindustrie_im_Ueberblick_2019_2020.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Verein Deutscher Zementwerke (VDZ). (2020a). Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2020. https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/umweltschutz/Umweltdaten/VDZ-Umweltdaten_Environmental_Data_2020.pdf. Abgerufen am September 2022.

Verein Deutscher Zementwerke (VDZ). (2020b). Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien. https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/zementindustrie/VDZ-Studie_Dekarbonisierung_von_Zement_und_Beton.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Verein Deutscher Zementwerke (VDZ). (2021). Zementindustrie im Überblick 2021/2022. https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/zementindustrie/zementindustrie_ueberblick/VDZ-Zementindustrie_im_Ueberblick_2021_2022.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Verordnung (EU) 2019/2088 des Europäischen Parlaments und des Rates über nachhaltigkeitsbezogene Offenlegungspflichten im Finanzdienstleistungssektor. (2019). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32019R2088. Abgerufen am 21. September 2022.

Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088. (2020). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32020R0852. Abgerufen am 21. September 2022.

WWF Deutschland. (2019). Klimaschutz in der Beton und Zementindustrie. https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Zieri, W. und Ismail, I. (2018). Alternative Fuels from Waste Products in Cement Industry. In: Martínez, L., Kharissova, O., Kharisov, B. (Hrsg.) Handbook of Ecomaterials. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48281-1_142-1. Abgerufen am 21. September 2022.

Impressum

Herausgeber:	WWF Deutschland
Stand:	Oktober 2022
Gesamtverantwortung:	Matthias Kopp, Director Sustainable Finance, WWF Deutschland; Dr. Nicole Röttmer, Global Lead Climate Clients & Industries, PwC Deutschland
Autor:innen/Mitarbeit:	Vanessa Bolmer, Lisa Okken (alle WWF Deutschland); ao. Prof. Dr. Jürgen Peterseim, Nils Babenhauserheide (alle PwC Deutschland)
Kontakt:	Vanessa Bolmer (Senior Policy Advisor, Sustainable Finance, WWF Deutschland); ao. Prof. Dr. Jürgen Peterseim (Senior Manager Sustainability Services, PwC Deutschland); info@pathwaystoparis.com
Gestaltung:	Anita Drbohlav (www.paneemadesign.com)
Bildnachweise:	Cover, S. 6, 10, 15: iStock/Getty Images; S. 13: Rohrdorfer Zement (Südbayerisches Portland-Zementwerk Gebr. Wiesböck & Co. GmbH)

Disclaimer

Pathways to Paris ist ein vom Bundeswirtschaftsministerium (BMWK) gefördertes Projekt mit einer Laufzeit von zwei Jahren. Die aktive Projektphase endete im Oktober 2022.

WWF Deutschland und PwC Deutschland begleiteten und unterstützten die teilnehmenden Unternehmen bei der Entwicklung von Transformationspfaden, die für die Erreichung der Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens notwendig sind. Neben der Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses und breiter Akzeptanz für die Anforderungen einer erfolgreichen Klimawende wurden sektorspezifische, reproduzierbare Transformationspfade beleuchtet, die öffentlich zugänglich sind.

Eine exklusive Beratung mit unmittelbarer Wirkung auf z.B. Produktionstechnologien, Strategieplanung oder Wertschöpfungsketten einzelner Unternehmen fand nicht statt. Des Weiteren bestehen im Rahmen des Projektes keine finanziellen Verbindlichkeiten zwischen den teilnehmenden Unternehmen und den Projektinitiatoren, so dass etwaige Interessenkonflikte ausgeschlossen sind.

Die Inhalte des vorliegenden Orientierungsrahmens wurden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Der Anbieter übernimmt jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der bereitgestellten Inhalte. Die Nutzung des Orientierungsrahmens erfolgt auf eigene Gefahr des Nutzers.

Eine Kooperation von:

pwc

WWF

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages