

Nicht-Einführung des CBAM – Folgen für Zementindustrie und Umwelt

Gutachten im Auftrag von Cemsuisse

Nicht-Einführung des CBAM – Folgen für Zementindustrie und Umwelt

Dr. Stephan Vaterlaus, Dr. Yves Schneider, Patrick Zenhäusern, Dr. Janick Mollet

Olten, 18. März 2024

Inhaltsverzeichnis

Das Wichtigste in Kürze	4
1 Ausgangslage und Zielsetzungen.....	8
2 Klimapolitische Rahmenbedingungen	9
2.1 Netto-Null-Ziel 2050 der Schweiz	9
2.2 CO ₂ -Abgabe in der Schweiz	10
2.3 Handel von Emissionsrechten	10
3 Regulatorische Veränderungen EHS und CBAM	13
3.1 Emissionsrechte: EU zieht an, die Schweiz zieht mit	13
3.2 CO ₂ -Leakage und CBAM	14
4 Zementindustrie	17
4.1 Zementproduktion	17
4.2 Die Schweizer Zementindustrie	18
4.3 Importe erzeugen Wettbewerbsdruck für Schweizer Zementwerke	20
4.4 Erwartete Entwicklung der Klinkerkosten.....	22
4.5 Zementwerke verwerten Abfälle	24
5 CBAM-Szenarioanalyse.....	25
5.1 Annahmen für die Szenarienanalyse.....	25
5.2 Zwei zentrale Umfeldaspekte.....	26
5.3 Beurteilungskriterien	27
5.4 Analyse des Verhaltens mittels Entscheidungsbaum	28
5.5 Ergebnis der Szenarioanalyse	32
6 Schlussfolgerungen.....	34
Quellenverzeichnis	35

Das Wichtigste in Kürze

Die EU reduziert ab 2026 im Rahmen des Emissionshandelssystems (EU-EHS) die kostenlose Zuteilung von Emissionsrechten und verstärkt die Kürzung der jährlich verfügbaren Emissionsrechte. Dies führt zu deutlich höheren Preisen für CO₂-Emissionsrechte. Das Schweizer Emissionshandelssystem ist mit dem europäischen System verknüpft, weshalb die Schweiz diese Verknappung und die damit verbundenen Preiserhöhungen ebenfalls nachvollziehen wird.

Damit den Produzenten in der EU kein Wettbewerbsnachteil gegenüber Produzenten in Drittstaaten entsteht, führt die EU einen CO₂-Grenzausgleich (Carbon Border Adjustment Mechanism, kurz CBAM) auf Produkten der Sektoren Zement, Eisen und Stahl, Aluminium, Dünger, Wasserstoff und Elektrizität ein. Werden Produkte dieser Sektoren aus Drittstaaten in die EU eingeführt, müssen für die damit verbundenen CO₂-Mengen eine den Preisen für CO₂-Emissionsrechte entsprechende Abgabe entrichtet werden. Damit soll verhindert werden, dass die Produktion aus dem EU-Raum abwandert und gleichzeitig CO₂-haltige Produkte in die EU eingeführt werden («CO₂-Leakage»). Nach Ablauf einer Testphase im Jahr 2025 soll der CBAM bis 2034 im Gleichschritt mit dem Abbau der kostenlosen Zuteilung der Emissionsrechte eingeführt werden.

Der Bundesrat sieht wegen aussenwirtschaftlichen Risiken sowie einem ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis vorläufig davon ab, einen solchen Grenzausgleichsmechanismus bzw. CBAM auch für die Schweiz einzuführen (Bundesrat, 2023a). Er will vorerst die Entwicklung in der EU abwarten. Bei seiner Abwägung der Vor- und Nachteile einer Einführung eines Schweizer CBAM spielten Investitionen in CO₂-Abscheidetechnologien (Carbon-capture-and-storage-Technologien, kurz CCS) nur eine untergeordnete Rolle.

Im vorliegenden Gutachten gehen wir der Frage nach, welche Auswirkungen der CBAM-Verzicht auf die Schweizer Zementindustrie und damit auf die Erreichung der Netto-Null-Ziele der Schweiz hat.

In der Schweiz gibt es heute mit Holcim (Schweiz) AG, Jura-Cement-Fabriken AG und Ciments Vigier SA drei Unternehmen, die in insgesamt sechs Werken Zement herstellen. Diese sechs Zementwerke produzierten 2020 rund 4.2 Millionen Tonnen Zement und damit den Grossteil des Schweizer Zementbedarfs. Die Schweizer Zementindustrie produziert mit lokalen Rohstoffen und ohne staatliche Beihilfen Zement für den Schweizer Markt (Exporte ins Ausland sind vernachlässigbar). Durch die lokale Produktion in der Nähe der Verwendungsorte ist sie gegenüber ausländischen Anbietern wettbewerbsfähig.

Das Vorprodukt von Zement ist Klinker, der aus Kalkstein und Mergel in Drehöfen unter starker Erhitzung hergestellt wird. Dieser Produktionsvorgang ist sehr CO₂-intensiv, da einerseits grosse Energiemengen für die Erhitzung nötig sind und andererseits bei der Kalzinierung CO₂ freigesetzt wird. Letztere Prozessemissionen sind unvermeidbar. Sie sind für zwei Drittel bis drei Viertel sämtlicher CO₂-Emissionen der Zementherstellung verantwortlich.

Die Schweizer Zementindustrie hat bereits Schritte in Richtung CO₂-Reduktion unternommen. Dazu wurden 2003 mit dem Bundesrat CO₂-Reduktionsziele vereinbart (siehe Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, 2003). Vor allem reduzierte Klinkeranteile im Zement, eine gesteigerte Energieeffizienz sowie der Einsatz alternativer Brennstoffe haben seit 1990 dazu geführt, dass der Anteil der Zementindustrie an den landesweiten CO₂-Emissionen von 7 auf 5 Prozent zurückgegangen ist. Zudem spielt die Zementindust-

rie in der Kreislaufwirtschaft eine wichtige Rolle. So werden bestimmte Abfälle in den Zementwerken verwertet, ohne dass dabei eine Schlacke entsteht, die zulasten späterer Generationen deponiert werden muss.

Damit die Schweizer Zementindustrie bis 2050 klimaneutral wird, genügt die Fortsetzung der bisherigen Anstrengungen nicht. Vielmehr sind die durch den Zement-Produktionsprozess bedingten CO₂-Emissionen durch Abscheidetechnologien zu sammeln und zu speichern. Dazu erforderliche CCS-Anlagen können mit Investitionen im dreistelligen Millionenbereich einhergehen.

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) prüft derzeit Optionen für die Schweiz, wie der Hochlauf der CCS-Technologie und der dazu erforderlichen Infrastruktur bewerkstelligt werden könnte. Aufgrund ihrer grossen Bedeutung bei den nicht vermeidbaren CO₂-Emissionen, kommt dabei der Zementindustrie eine wichtige Bedeutung zu. Nebst der Zementproduktion sind davon die Kehrichtverbrennung, die chemische Industrie sowie die Landwirtschaft betroffen.

Damit die hiesigen Zementwerke in die CCS-Technologie investieren, müssen die Absatzmöglichkeiten für Schweizer Zement intakt bleiben. Ansonsten lohnen sich diese hohen und langfristigen Investitionen nicht. Die Schweizer-Gestehungskosten pro Tonne Klinker liegen derzeit leicht unter CHF 75. Wird der Preis für CO₂-Emissionsrechte in absehbarer Zeit auf durchaus plausible CHF 100 pro Tonne CO₂ steigen, so führt dies ungefähr zu einer Verdoppelung der Produktionskosten für Klinker und der Zementpreis dürfte um ca. 70 Prozent zunehmen.

Drittstaaten wie z. B. die Türkei oder Algerien produzieren Klinker und kompensieren diesen – Stand heute – auch in Zukunft nicht mit dem Erwerb von CO₂-Emissionsrechten. Klinkerimporte aus diesen Ländern in die Schweiz finden derzeit aufgrund des Transportkostennachteils kaum statt. Die aufgrund der regulatorischen Anpassungen im Emissionshandelssystem steigenden Produktionskosten in der Schweiz lassen diesen Transportkostennachteil von Klinker und Zement aus Drittstaaten jedoch schwinden und bedrohen den Standort Schweiz für die Klinkerproduktion – es sei denn, Schweizer Bauherren sind bereit, für CO₂-freien Zement deutlich mehr zu zahlen als für den bisherigen CO₂-belasteten Zement.

Ist die Zahlungsbereitschaft der Bauherren für CO₂-freien Zement hoch genug, könnte sich die Schweizer Zementindustrie mit klimaneutralem Zement erfolgreich am Markt differenzieren. Da die Schweizer Zementindustrie bereits heute gegenüber den ausländischen Konkurrenten wettbewerbsfähig ist, könnte sie sich potenziell einen genügend hohen Anteil der Zementnachfrage sichern. Den Bauherren bleibt es aber auch in diesem Fall weiterhin möglich, auf CO₂-freien Zement aus Europa oder auf CBAM-belasteten Zement aus Drittstaaten auszuweichen.

Ist diese Zahlungsbereitschaft jedoch nicht in genügendem Ausmass vorhanden, so verliert die Zementindustrie ohne Einführung eines Schweizer CBAM ihre Wettbewerbsfähigkeit. Die Bauherren weichen in diesem Fall aufgrund der hohen Preisunterschiede zwischen CO₂-freiem und CO₂-belastetem Zement auf Importe aus Drittstaaten aus. Dabei bestehen grundsätzlich drei Möglichkeiten: Import von Zement, Import von Klinker aus Drittstaaten, der in der Schweiz zu Zement verarbeitet wird; Import von Zement aus europäischen Zementwerken, die CO₂-belasteten Klinker aus Drittstaaten verarbeiten. Letzteres ist möglich, da das europäische Regelwerk vorsieht, dass aus Drittstaaten eingeführte Vorprodukte (z. B. Klinker aus Algerien und der Türkei) nicht dem CBAM unterliegen, falls das Endprodukt wiederum in Drittstaaten exportiert wird.

Erwartete Auswirkungen ohne Schweizer CBAM

Die Rentabilität von Investitionen ist aufgrund von Angebots- und Nachfrageentwicklungen inhärent unsicher. Unternehmerische Tätigkeit zeichnet sich durch bewusstes und kalkuliertes Eingehen von Risiken aus. Zur unternehmerischen Unsicherheit kommt vorliegend jedoch eine regulatorisch ausgelöste Unsicherheit hinzu. Bei einer Nicht-Einführung des CBAM besteht aufgrund der grossen Unsicherheit über die Zahlungsbereitschaft ein beachtliches Risiko, Investitionen in die CCS-Technologie in der Schweiz nicht amortisieren zu können

Auch die fehlende «option-to-wait» ist in diesem Kontext relevant. CCS-Projekte erfordern eine lange Planungs- und Vorlaufzeit und aufgrund einer bereits konkret besseren Ausgangslage in der EU ist zu erwarten, dass die Schweizer Zementindustrie nicht auf sicherere Rahmenbedingungen in der Schweiz wartet, sondern vielmehr Investitionen in Frankreich, Italien oder Deutschland tätigt. Die Konzerne sind nicht zwingend auf die Zementproduktion vor Ort in der Schweiz angewiesen, sondern können die Schweizer Nachfrage auch aus den umliegenden Ländern bedienen. Die Zementkonzerne investieren somit in CCS-Anlagen, tun dies aber nicht in der Schweiz, weil sich dieselben Mittel im grenznahen Ausland rentabler bzw. risikoärmer einsetzen lassen.

Standortattraktivität	Externalitäten	CO ₂ -Leakage
Die Schweiz ist als Produktionsstandort für Zement nicht attraktiv. Die Zementindustrie wandert ins benachbarte Ausland ab.	Die Zementindustrie investiert nicht in die CCS-Technologie, was negative Externalitäten auf das Hochfahren des gesamten CCS-Markts hat. Der Kreislaufwirtschaft geht durch den Wegfall der Klinkerproduktion ein «natürlicher» Verwertungspartner verloren, der durch andere Massnahmen ersetzt werden muss.	In der Schweiz kann weiterhin CO ₂ -belasteter Zement verbaut werden. Je nach Ausmass der Nachfrage nach solchem Zement kommt es zu CO ₂ -Leakage. Solcher Zement kann entweder direkt aus Drittstaaten importiert werden oder aus Zementwerken in der EU stammen. Letztere können gemäss unserem Verständnis im Rahmen des Veredelungsverkehrs ¹ CO ₂ -belasteten Zement CBAM-befreit in die Schweiz liefern. Die Erreichung des Netto-Null-Ziels ist in Frage gestellt.

Erwartete Auswirkungen bei Einführung eines Schweizer CBAM

Aufgrund unserer Analyse erwarten wir, dass die Schweizer Zementindustrie in die CCS-Technologie investiert, falls die Schweiz einen CBAM einführt. In diesem Fall entsteht keine regulatorisch induzierte Unsicherheit und die Schweizer Zementhersteller bleiben konkurrenzfähig.

¹ Zementwerke in der EU können Klinker aus Drittstaaten einführen und sind auf dem Teil der Importe, die nach Weiterverarbeitung zu Zement erneut in Drittstaaten exportiert werden, CBAM-befreit.

Standortattraktivität	Externalitäten	CO ₂ -Leakage
<p>Die Schweiz bleibt als Produktionsstandort für Zement attraktiv. Die Produktion von Zement in der Schweiz ist ohne staatliche Beihilfen konkurrenzfähig gegenüber ausländischen Konkurrenten. Durch den CBAM wird diese Wettbewerbsfähigkeit erhalten.</p>	<p>Positive Externalitäten für CCS-Markt und Kreislaufwirtschaft: Die Investitionen in Abscheidetechnologien der Zementindustrie tragen zum Hochfahren des CCS-Marktes bei. Die Zementwerke können ausserdem weiterhin spezifische Abfallfraktionen verwerten und damit einen nützlichen Beitrag im Rahmen der Kreislaufwirtschaft leisten.</p>	<p>Verhinderung von CO₂-Leakage: Indem Zement und Beton weiterhin in der Schweiz mit Schweizer Rohstoffen hergestellt wird, können Transportkosten und damit verbundene Emissionen niedrig gehalten werden. Die mit Emissionsrechten kompensierten oder künftig mittels entsprechender Installationen abgeschiedenen Treibhausgasemissionen ermöglichen der Schweiz das Erreichen ihres Netto-Null-Ziels.</p>

Fazit

Die Einführung eines Schweizer CBAM sichert die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Zementindustrie. Der CBAM ist eine flankierende Massnahme, mit der die durch die politische Massnahme einer CO₂-Preis-Erhöhung induzierte Unsicherheit (sind Schweizer Bauherren bereit, einen markanten Preisaufschlag für CO₂-freien Zement zu bezahlen?) beseitigt wird.

Ein Schweizer CBAM führt dazu, dass Schweizer Bauherren die CO₂-Kosten bei allen ihren Zementoptionen berücksichtigen müssen: Sie können entweder CO₂-freien Zement kaufen oder der CO₂-Gehalt im Zement wird über die CBAM-Abgabe bzw. über den Kauf von Emissionszertifikaten internalisiert. Dabei handelt es sich keineswegs um einen Schutz der einheimischen Zementindustrie, denn die Bauherren können weiterhin Zement aus Europa oder sogar aus Drittstaaten einführen. In Europa herrscht dasselbe System mit den CO₂-Emissionsrechten und bei Importen aus Drittstaaten würden durch den CBAM-Aufschlag an der Grenze gleichlange Spiesse mit EU-, Nicht-EU- und Schweizer-Zementlieferanten geschaffen.

1 Ausgangslage und Zielsetzungen

Die EU reduziert ab 2026 im Rahmen des Emissionshandelssystem (EU-EHS) die kostenlose Zuteilung von Emissionsrechten in den Sektoren Zement, Eisen und Stahl, Aluminium, Dünger, Wasserstoff und Elektrizität. Dies führt zu deutlich höheren Preisen für CO₂-Emissionsrechte. Das Schweizer Emissionshandelssystem ist mit dem Europäischen System verknüpft, weshalb die Schweiz diese Verknappung der Emissionsrechte und damit die Preiserhöhungen ebenfalls umsetzen wird.

Die höheren Preise für die CO₂-Emissionsrechte erhöhen die Produktionskosten in der EU und der Schweiz. Damit den davon betroffenen Produzenten kein Wettbewerbsnachteil gegenüber Produzenten in Drittstaaten entsteht, führt die EU einen CO₂-Grenzausgleich (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) ein, d. h. Produkte, die von Drittstaaten in die EU eingeführt werden, müssen für die darin enthaltene CO₂-Mengen einen den CO₂-Zertifikaten entsprechenden Preis bezahlen. Damit soll verhindert werden, dass die Produktion aus dem EU-Raum abwandert und gleichzeitig CO₂-haltige Produkte in die EU eingeführt werden («CO₂-Leakage»).

Der Bundesrat sieht wegen aussenwirtschaftlichen Risiken sowie einem ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis vorläufig davon ab, einen solchen Grenzausgleichsmechanismus auch für die Schweiz einzuführen (Bundesrat, 2023a). Für die Schweizer Zementindustrie bedeutet diese Nicht-Einführung des CBAM eine Bedrohung für den Produktionsstandort Schweiz. Da künftig höhere Preise für CO₂-Emissionsrechte zu zahlen respektive Investitionen in CO₂-Abscheidungstechnologien zu tätigen sind, drohen die Produktionskosten für Klinker in der Schweiz deutlich anzusteigen, während die Kosten für die Klinkerproduktion in Drittstaaten unverändert bleiben. Regulierungsbedingt können sich somit für die Schweizer Zementindustrie die wettbewerblichen Voraussetzungen stark verändern.

Vorliegend wird aus ökonomischer Sicht untersucht, wie sich die Nicht-Einführung des CBAM auf die Zementindustrie und die Umwelt auswirken dürfte und welche Konsequenzen sich daraus ergeben. In dieser Absicht werden im Kapitel 0 die klimapolitischen Rahmenbedingungen diskutiert. Im Kapitel 0 werden sodann die analyserelevanten Rahmenbedingungen erläutert und aufgezeigt, wie sich die regulatorischen Entwicklungen im Kontext EU-EHS und CBAM darstellen. Kapitel 0 gibt einen Einblick in die Industriespezifika der Zementwerke. Es werden die zentralen Annahmen der ökonomischen Analyse begründet. Im Kapitel 0 werden die möglichen Entwicklungslinien für die Zementindustrie erarbeitet und die aus der Sicht der Zementindustrie und der Umwelt entscheidenden Fakten dargelegt. Kapitel 0 schliesst mit einem Fazit.

2 Klimapolitische Rahmenbedingungen

2.1 Netto-Null-Ziel 2050 der Schweiz

Das Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (KIG) verankert das Ziel von Netto-Null-Treibhausgasemissionen bis 2050 (Art. 3 KIG). Es wurde am 18. Juni 2023 durch die Stimmbevölkerung angenommen. Gemäss dem KIG soll bis 2040 ein CO₂-Emissionsrückgang von 75 Prozent gegenüber 1990 erreicht werden. Dabei sind folgende sektorspezifische Emissionsziele bis 2040 vorgesehen: Gebäudebereich minus 82 Prozent, Verkehr minus 57 Prozent und Industrie minus 50 Prozent. In der parlamentarischen Beratung der Revision des CO₂-Gesetzes für die Zeit nach 2024 ist Ende 2023 noch umstritten, wie hoch der Inlandanteil dieser Emissionsreduktionen sein soll (SDA, 2023), respektive wieviel über Klimaprojekte im Ausland kompensiert werden kann.

Zur Erreichung des schweizweiten Zieles von Netto-Null-Emissionen sind neben der CO₂-Vermeidung, die durch die Bepreisung von CO₂ durch Abgaben und das Emissionshandelssystem (EHS) beanreizt wird, auch die CO₂-Abscheidung und Speicherung (CCS)² nötig. Denn gewisse Emissionen sind nicht oder nur sehr schwer vermeidbar. Gemäss dem Szenario Zero-Basis der Energieperspektiven 2050+ des BFE gibt es im Jahr 2050 rund 12 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente³ (Mt CO₂-eq) Restemissionen ohne den Einsatz von CCS. Um 2050 auf Netto-Null-Emissionen zu kommen, müssen 2050 rund 5 Mt CO₂-eq bei Punktquellen durch CCS reduziert und rund 7 Mt CO₂-eq Restemissionen durch Negativemissionen ausgeglichen werden (Bundesamt für Energie BFE, 2022). Von den durch CCS-Anlagen abgeschiedenen Mengen sollen rund 50 Prozent aus Kehrrechtverbrennungsanlagen (KVA) und 35 Prozent aus der Zementindustrie kommen. Bei jedem Zementwerk ist CCS vorgesehen, während dies aufgrund fehlender Grösse oder Erschliessung bei nicht ganz jeder KVA der Fall ist (Bundesamt für Energie BFE, 2022).

Exkurs: Ökonomische Betrachtungen zur Reduktion von CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen können durch den Einsatz verschiedener Instrumente reduziert werden, jedoch unterscheiden sich die Instrumente in ihrer Kosteneffizienz. Durch die Bepreisung von CO₂-Emissionen bestehen ökonomische Anreize zu deren Verringerung; und die Wirkung über das Preissignal ist effizient und unbürokratisch. Alternativ können Verbote und Grenzwerte erlassen oder Förderregime für CO₂-arme Technologien etabliert werden. Aus ökonomischer Perspektive ist die Bepreisung meist das effizienteste Mittel zur Zielerreichung, denn bei Verboten und Grenzwerten werden Preissignale ausgeschaltet (respektive der Preis wird bei Verboten theoretisch unendlich). Bei Förderregimen hingegen bestehen Ineffizienzen in der uneinheitlichen Bepreisung von CO₂-Emissionen sowie in der bürokratielastigen Beantragung von Fördermitteln.

Aus theoretischer Sicht können ein Emissionshandelssystem (EHS) und CO₂-Steuern oder Abgaben äquivalent ausgestaltet werden. Beim Emissionshandelssystem ist allerdings eine höhere Zielgenauigkeit gegeben, da die Menge an Emissionen festgesetzt wird und sich der Preis am Markt ergibt. Um eine komplette Internalisierung der CO₂-Kosten im Sinne einer Pigou-

² Im Rahmen des Gutachtens wird nicht zwischen «Carbon dioxide capture and storage, CCS» und «Carbon Capture, Usage and Storage, CCUS» unterschieden und der Einfachheit halber wird der Begriff CCS verwendet.

³ CO₂ Äquivalente dienen der Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase (THG).

Steuer zu erreichen, sollte die Bepreisung der Kosten den negativen Externalitäten entsprechen. Ein Tonne CO₂ sollte also so viel kosten, wie diese an Grenzkosten über ihre negativen Klimaeffekte verursacht. Wenn CO₂-Emissionen von einer Tonne (t) beispielsweise gesellschaftliche Grenzkosten von 150 CHF/t CO₂ verursachen, verhindern eine vermiedene Tonne CO₂-Emissionen sowie auch eine negative Tonne an CO₂-Emissionen Kosten von 150 CHF. Die effektive Emission sollte daher den gleichen Wert wie die vermiedene sowie die negative Emission haben. Der Emittent steht damit vor der ökonomischen Wahl, ob er entweder fürs «Emittieren» bezahlt oder die Kosten für den CO₂-Abbau in Kauf nimmt. Dabei wird so lange CO₂ abgebaut respektive vermieden, wie der CO₂-Emissionspreis mindestens den Grenzkosten des CO₂-Abbaus entspricht.

In der Schweiz besteht aktuell eine Preisdivergenz bei der CO₂-Abgabe von 120 CHF/t CO₂ zu der Bepreisung im Emissionshandelssystem um rund 80 CHF/t CO₂. Im aktuellen schweizerischen EHS werden abgeschiedene und dauerhaft gespeicherte Emissionen (CCS) nicht berücksichtigt, wobei die Gesetzesrevision dies künftig zulassen soll. Weiter ungeklärt bleibt, wie mit negativen Emissionen umgegangen wird, beispielsweise wenn die Emissionen von biogenen Brennstoffen abgeschieden und dauerhaft gespeichert werden. Aktuell gibt es nur freiwillige Märkte, auf denen solche Emissionen gehandelt werden.

2.2 CO₂-Abgabe in der Schweiz

Die CO₂-Abgabe auf Brennstoffen wurde 2008 mit 12 CHF/t eingeführt und per 2022 wurde der Abgabensatz von 96 auf 120 CHF/t erhöht (Maximum gem. Art. 29 CO₂-Gesetz). Die Beratungen zum «CO₂-Gesetz für die Zeit nach 2024» zeigen, dass dieses Instrument auch ab 2025 weitergeführt werden soll.⁴ Befreit von der CO₂-Abgabe sind Unternehmen, welche am Emissionshandelssystem (EHS) teilnehmen oder eine Verminderungsverpflichtung eingegangen sind.

Die CO₂-Abgabe ist zwar auf Brennstoffe eingeschränkt, im internationalen Vergleich sind 120 CHF/t CO₂ aber sehr hoch, nämlich der zweithöchste Preis.⁵ In der EU ist die Bepreisung von Treib- und Brennstoffen ab 2027 vorgesehen, wobei der Preis bis 2030 möglichst nicht über 50 EUR/t CO₂ liegen soll, vgl. Abschnitt 2.3.1.

2.3 Handel von Emissionsrechten

Einem Emissionshandelssystem (EHS) unterstellte Anlagen müssen für jede Emission ein Emissionsrecht vorweisen können. Pro Periode werden die verfügbaren Emissionsrechte begrenzt und die EHS-Teilnehmer können die Emissionsrechte handeln. In der Schweiz und der EU wurde bisher ein grosser Teil der Emissionsrechte kostenlos zugeteilt und nur die Restmenge wurde auktioniert. Seit 2020 sind die EHS der Schweiz und der EU verknüpft.

Die kostenlose Emissionsrechtzuteilung erfolgte bisher, um zu vermeiden, dass im internationalen Wettbewerb stehende Industrien in der Absicht, die CO₂-Bepreisung zu vermeiden, abwandern («CO₂-Leakage»).

⁴ Siehe <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20220061>, eingesehen am 26.1.2024.

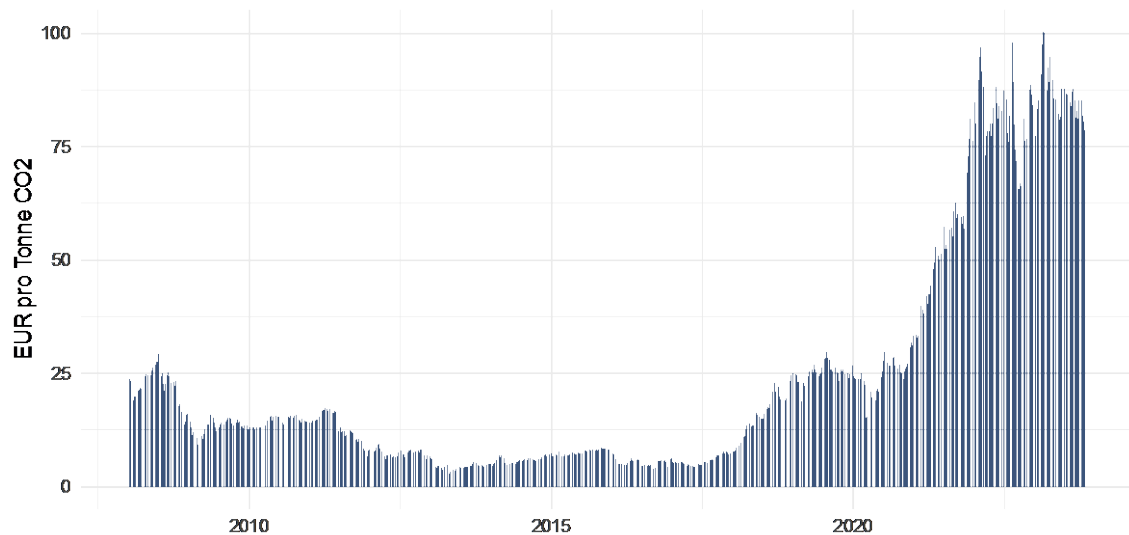
⁵ Siehe https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data, eingesehen am 26.1.2024.

2.3.1 EU

Das EU-EHS trat 2005 in Kraft und wurde durch die Richtlinie 2003/87/EG eingeführt. Die Reform für die dritte Phase von 2013 bis 2020 schuf das EU-EHS, wie wir es heute kennen. So wurden beispielsweise ein EU-weiter Emissionsdeckel eingeführt und als Standardmethode wurden die Emissionsrechte nicht mehr kostenlos zugeteilt, sondern versteigert⁶.

Die nicht kostenlos zugeteilten Zertifikate werden im Auftrag der EU durch die EEX versteigert. Diese Emissionsrechte können auf Sekundärmärkten, an Börsen oder auch over-the-counter gehandelt werden. Die Emissionsrechte waren lange Zeit sehr günstig. Erst um das Jahr 2019 kostete ein Emissionsrecht 20 EUR/t CO₂ oder mehr. Abbildung 1 illustriert, dass seit Oktober 2020 der Preis von rund 24 EUR/t CO₂ stark angestiegen ist und aktuell um die 80 EUR/t CO₂ beträgt.

Abbildung 1 Preisverlauf der Emissionsrechte im EU-EHS



Die Preise für die Emissionsrechte im EU-EHS sind lange auf niedrigem Niveau unter 20 EUR/t CO₂ verweilt. Ende 2021 wurde dann erstmals der Preis von 80 EUR/ t CO₂ übertroffen und im Februar 2023 stieg der Preis sogar auf 100 EUR/t CO₂.

Quelle: Umweltbundesamt. Eigene Darstellung Polynomics.

2.3.2 Schweiz

Das CH-EHS für Industrieanlagen in der heutigen Form hat die Schweiz in Anlehnung an die EU-Regelung im Jahr 2013 eingeführt (Bundesamt für Umwelt BAFU, 2023). Der Bund legt im Anhang 6 der CO₂-Verordnung fest, welche Anlagen verpflichtend am Emissionshandelssystem (EHS) teilnehmen müssen. Die Betreiber dieser Anlagen müssen dem Bund jährlich im Umfang der von diesen Anlagen verursachten Emissionen Emissionsrechte abgeben (Art. 16 CO₂-Gesetz). Für Emissionen, die nicht durch Emissionsrechte gedeckt sind, müssen 120 CHF/t CO₂ bezahlt werden (Art. 21 CO₂-Gesetz). Die Emissionsrechte für Anlagen werden jährlich ausgegeben. Ein Teil dieser Rechte wird kostenlos zugeteilt, der Rest wird versteigert (Art. 19 CO₂-Gesetz). Der Bundesrat berechnet die Gesamtmenge an Emissionsrechten im CH-EHS basierend

⁶ Siehe https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_de, eingesehen am 26.1.2024.

auf historischen Daten sowie einem Absenkepfad im Voraus. Von der Gesamtmenge von rund 4.3 Millionen Emissionsrechten im Jahr 2022, stehen rund 95% für die kostenlose Zuteilung zur Verfügung (BAFU, 2023) und die Zuteilung wird anhand von Benchmarks berechnet. Die kostenlose Zuteilung von Emissionsrechten ist ein Schutz vor CO₂-Leakage für emissionsintensive Branchen wie bspw. die Zementindustrie, welche dadurch 2022 nur für rund 8 Prozent ihrer Emissionsrechte bezahlen musste (BAFU, 2023).

Betreiber von Anlagen, welche nicht dem EHS unterstellt sind, können, sofern ihre Tätigkeit explizit im Anhang 7 der CO₂-Verordnung genannt wird, entweder auf Gesuch hin auch am EHS teilnehmen oder durch eine Verminderungsverpflichtung ihrer CO₂-Emissionen eine Abgabebefreiung erwirken (Art. 31 CO₂ Gesetz). Nach der Revision des CO₂-Gesetzes soll die optionale Abgabebefreiung über eine Verminderungsverpflichtung neu allen Unternehmen offenstehen, aber ab 2041 auslaufen (Art. 31, Entwurf revidiertes CO₂-Gesetz). Gemäss Art. 3 des CO₂-Gesetzes kann der Bundesrat auch mit einzelnen Wirtschaftszweigen im Einvernehmen mit den betroffenen Kreisen Reduktionsziele vereinbaren. Solche Vereinbarungen wurde beispielsweise mit den 29 Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) getroffen, welche nicht dem EHS unterstellt sind. Die Vereinbarung von 2022 sieht vor, dass die KVA dem EHS unterstellt werden, falls nicht bis spätestens Ende 2030 durch CO₂-Abscheidungsanlagen (CCS) 100'000 Tonnen CO₂ abgeschieden wird (BAFU, 2022).

Da das aktuelle CO₂-Gesetz nicht berücksichtigt, dass CO₂ auch abgeschieden und gespeichert werden kann, ist in der Revision des CO₂-Gesetzes für die Zeit nach 2024 in Abschnitt 3.1.5 der Botschaft (Bundesrat, 2022a) festgehalten, dass künftig für abgeschiedenes und dauerhaft gespeichertes CO₂ keine Emissionsrechte abgegeben werden müssen. Negative Emissionen sollen aber nicht im EHS, sondern als Senkenprojekt für die CO₂-Kompensation angerechnet werden.

3 Regulatorische Veränderungen EHS und CBAM

Im Rahmen des Fit-for-55-Pakets verschärft die EU die Regeln im EU-EHS, um ihre Klimaziele zu erreichen. Namentlich wird die Emissionsobergrenze stärker als bisher gekürzt und die kostenlose Vergabe der Emissionsrechte an Industrieanlagen wird bis zum Jahr 2034 schrittweise abgebaut. Im Gleichschritt führt die EU als Ausgleichsmassnahme für diese Industrien stufenweise einen Grenzausgleichsmechanismus (CBAM) ein. Dabei werden beim Import von bestimmten Gütern in die EU die bei der Herstellung anfallenden effektiven Treibhausgasemissionen (graue Emissionen) erfasst und äquivalent zum EHS bepreist. Der CBAM wird eingeführt, um bei den emissionsintensiven Industrien, welche aufgrund der Veränderungen mit steigenden Produktionskosten konfrontiert sind, CO₂-Leakage zu vermeiden und die Wettbewerbsfähigkeit dieser Industrien zu erhalten.

Seit 2020 sind die EHS der Schweiz und der EU gekoppelt. Somit haben Schweizer EHS-Teilnehmer seit 2020 in diesem Bereich die gleichen Voraussetzungen wie ihre europäische Konkurrenz, da die Emissionsrechte gleich viel kosten. Voraussetzung für die Kopplung der beiden Handelssysteme ist, dass das CH-EHS äquivalent zum EU-EHS ausgestaltet ist. Der Bundesrat beabsichtigt daher die Weiterentwicklung im EU-EHS auch analog im CH-EHS umzusetzen. Von der Einführung eines CBAM sieht er jedoch vorerst ab.

3.1 Emissionsrechte: EU zieht an, die Schweiz zieht mit

Die EU will ihre Emissionen bis 2030 gegenüber 1990 um mindestens 55 Prozent mindern, daher hat sie das Fit-for-55-Paket erlassen und 2023 die dafür notwendigen rechtlichen Weichen gestellt. Im EU-EHS werden hierfür die Emissionsrechte stärker als bisher gekürzt. Einerseits werden in Basisjahren die Emissionsobergrenzen (Caps) gekürzt und andererseits wird die Absenkrate des Caps in Form des linearen Reduktionsfaktors von aktuell 2.2 Prozent auf 4.4 Prozent erhöht (Umwelt Bundesamt, 2023). Aufgrund der Verknappung der Emissionsrechte wird deren Preis steigen, wenn die Wirtschaft aufgrund von Konjunktur oder Abwanderung nicht schwächt. Per 2025 erwarten Analysten Preise für Emissionsrechte um die 100 EUR/t CO₂ (Reuters, 2023). Im Bericht des Bundesrats wird bis 2030 mit EU-EHS Preisen von 120 EUR/t CO₂ gerechnet (Bundesrat, 2023b, S. 13). Obwohl der genaue Preisverlauf der Emissionsrechte unklar bleibt, wissen wir aus Abbildung 1, dass die Preise in den letzten zwei Jahren auf um die 80 EUR/t CO₂ gestiegen sind, und der weitere Preisverlauf eine eher steigende Tendenz aufweisen wird.

Die kostenlose Zuteilung von Emissionsrechten soll in der EU auch für emissionsintensive Industriesektoren in den Bereichen Zement, Strom, Düngemittel, Eisen & Stahl, Aluminium sowie Wasserstoff bis 2034 stufenweise auslaufen. Wegen des Wegfalls der kostenlosen Zuteilung und dem gleichzeitig erwarteten Preisanstieg führt die EU bis 2034 einen Grenzausgleichsmechanismus (CBAM) ein. Dadurch sollen gleich lange Spiesse für in der EU produzierte Güter im Vergleich zu Importen aus Drittländern geschaffen werden.

Der Bundesrat beabsichtigt prioritär die von der EU beschlossene Weiterentwicklung des EU-EHS im CH-EHS umzusetzen, damit die Äquivalenz der Systeme gewährleistet ist (siehe Bundesrat, 2023b). Dadurch bleiben die Handelssysteme weiterhin gekoppelt und die Schweiz kann am weltweit grössten Emissionshandelssystem teilnehmen. Dank der gleichwertigen Ausgestaltung der EHS kommen Schweizer Exporte⁷ in die EU in den Genuss einer CBAM-Befreiung.

⁷ Das gilt aktuell auch für Liechtenstein, Norwegen und Island.

Dem Äquivalenzprinzip folgend wird die Schweiz daher einerseits verschärfte Emissionsobergrenzen wie die EU einführen und andererseits die kostenlose Zuteilung der Emissionsrechte in den emissionsintensiven Sektoren bis 2034 herunterfahren. In der Schweiz betrifft der Wegfall der kostenlosen Zuteilung voraussichtlich nur zwölf Werke, die am CH-EHS teilnehmen, davon sechs Zementwerke.

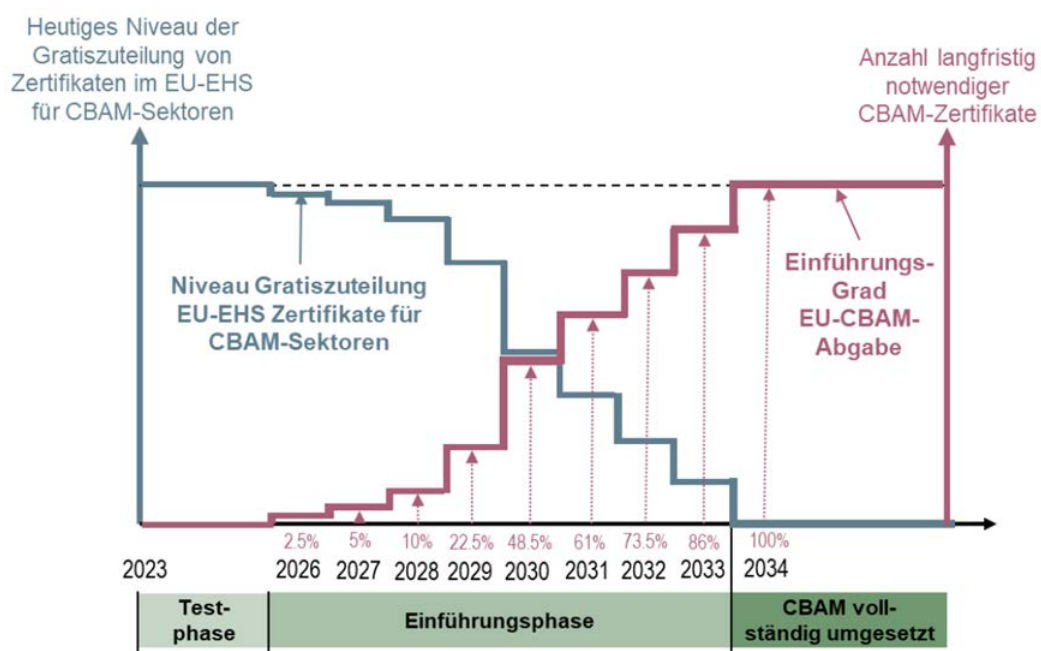
3.2 CO₂-Leakage und CBAM

Der «Carbon Border Adjustment Mechanism» (CBAM), auch CO₂-Grenzausgleichsmechanismus genannt, soll verhindern, dass die Produktion von CO₂-intensiven Produkten von einem Wirtschaftsraum mit einer hohen CO₂-Bepreisung in ein Gebiet mit einer niedrigen CO₂-Bepreisung abwandert. Das mit einer solchen Verlagerung der Produktionsstandorte einhergehende CO₂-Leakage hebt die Anstrengungen zur Internalisierung der CO₂-Kosten im Wirtschaftsraum mit einer höheren CO₂-Bepreisung aus. Durch CO₂-Leakage wandern nicht nur Arbeitsplätze ab, sondern die Umweltbilanz der betroffenen Güter kann sich in Abhängigkeit des neuen Produktionsstandortes sogar verschlechtern.

3.2.1 EU führt CBAM ein

Das EU-EHS ist das weltweit grösste Handelssystem für Emissionsrechte. Aufgrund der geplanten Verschärfungen im EU-EHS wird die EU auch die weltweite Vorreiterin in der CBAM-Einführung. Das für den CBAM erforderliche Reporting hat bereits ab 2023 begonnen und der Grenzausgleichsmechanismus wird bis 2034 graduell eingeführt, während parallel dazu die Gratis-Allokation von Emissionsrechten im EHS abgebaut wird, siehe Abbildung 2. Ab 2034 ist die EU-CBAM Abgabe zu 100 Prozent eingeführt. Die Höhe der Abgabe orientiert sich am EU-EHS-Preis, wobei eine allfällig bereits im Ursprungsland der Ware bezahlte CO₂-Abgabe angerechnet wird.

Abbildung 2 Übergang von der kostenlosen Zuteilung im EU-EHS zum CBAM



Parallel zum Abbau der Gratiszuteilung von Emissionsrechten im EU-EHS (blaue Linie) wird die Erwerbspflicht von EU-CBAM-Zertifikaten hochgefahren (rote Linie).

Quelle: Bundesrat 2023, Abbildung 4.

Im EU-CBAM werden zwei Arten von Waren unterschieden, nämlich einfache und komplexe Güter. Einfache Güter werden aus Einsatzstoffen hergestellt, die nach der CBAM-Methode keine eingebetteten grauen Emissionen aufweisen. Daher basieren die eingebetteten Emissionen von einfachen CBAM-Gütern ausschliesslich auf den Emissionen, die bei deren Herstellung entstehen.

Bei komplexen CBAM-Gütern werden auch die eingebetteten Emissionen der im Produktionsprozess verbrauchten Vorprodukte berücksichtigt, die selbst CBAM-Güter sind. Im Zementsektor ist ein typisches Beispiel für ein solches Vorprodukt der Zementklinker, der Hauptbestandteil von Portlandzement ist (EU-Kommission, 2023, S. 20 und 30). Vor dem Inkrafttreten des endgültigen Systems im Jahr 2026 findet aufgrund der Übergangsphase eine Systemprüfung statt. Gleichzeitig wird der Produktumfang der CBAM-Waren überprüft und ein Zeitplan für die Einbeziehung weiterer Produkte bis 2030 vorgelegt.

Die genaue Vorgehensweise bei der Implementierung der neuen CBAM-Regulierung ist in der Durchführungsverordnung vom 17. August 2023 festgehalten. Gemäss Abschnitt 4.3.6 zum Veredelungsverkehr («Inward Processing») des Guidance-Dokuments der EU-Kommission (EU-Kommission, 2023) sind CBAM-Produkte, die aus Drittstaaten in die EU eingeführt und nach der Verarbeitung wieder in einen Drittstaat ausgeführt werden, vom CBAM befreit. Diese Massnahme soll sicherstellen, dass EU-Exporteure in Drittländern wettbewerbsfähig bleiben: Exporteure sollen Vorprodukte aus Drittländern CBAM-befreit importieren können, wenn das verarbeitete Endprodukt wiederum für ein Drittland bestimmt ist.

Die Exporte aus der Schweiz⁸ in die EU kommen so lange in den Genuss einer CBAM-Befreiung, wie die Emissionshandelssysteme der EU und der Schweiz gekoppelt sind (EU-Kommission 2023a, S. 16), was eine gleichwertige Ausgestaltung der Systeme voraussetzt.

3.2.2 Schweiz verzichtet vorerst auf CBAM-Einführung

In der Schweiz betrifft der Wegfall der kostenlosen Zuteilung der Emissionsrechte voraussichtlich nur zwölf Werke, die am CH-EHS teilnehmen. Dazu gehören sechs Zementwerke, welche von den CBAM-Sektoren in der Schweiz rund 88 Prozent der Emissionen verursachen (Bundesrat 2023, S. 31).

Der Bundesrat sieht wegen aussenwirtschaftlichen Risiken sowie einem ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis davon ab, zeitgleich mit der EU einen Grenzausgleichsmechanismus auch für die Schweiz einzuführen (CH-CBAM). Er will vorerst die Entwicklung in der EU und insbesondere die Systemprüfung des EU-CBAM Ende 2026 abwarten, um spätestens Mitte 2026 eine Lagebeurteilung vorzunehmen. Gegen die Einführung eines CH-CBAM würden aus Sicht des Bundesrates einerseits die rechtlichen und regulatorischen Risiken sprechen, welche für die Schweiz als offene mittelgrosse Volkswirtschaft von besonderer Bedeutung seien. Andererseits seien die klimapolitischen und volkswirtschaftlichen Auswirkungen einer CBAM-Einführung begrenzt (Bundesrat 2023, S. 5). Der Bundesrat fürchtet also einerseits handelsrechtliche Risiken im Rahmen der WTO, denn grosse Handelspartner der EU haben den EU-CBAM als protektionistisch kritisiert. Ob der CBAM WTO-kompatibel ist, bleibt gemäss Bundesrat aktuell zwar offen

⁸ Das gilt aktuell auch für Lichtenstein, Norwegen und Island, da sie das EU-ETS anwenden.

(Bundesrat 2023, S. 25), gemäss einem Rechtsgutachten zuhanden des BAFU ist jedoch eine WTO-kompatible Ausgestaltung eines Schweizer CBAM durchaus möglich (Cottier u. a., 2022). Bei der Einführung eines CBAM in der Schweiz würde gegenüber der EU keine Handelshemmnisse verursacht, jedoch würde der Handel mit Drittstaaten erschwert. Hingegen würden die CO₂-Emissionen zielgerichtet reduziert und es käme zu keinem Leakage von Emissionen.

Falls die Schweiz die EHS-Revision durchführt und keinen CBAM einführt, rechnet der Bundesrat mit Mehremissionen in Drittstaaten im Jahr 2035 von 0.8 Mt CO₂-eq. Falls die EU den CBAM-Geltungsbereich ausweitet und die Schweiz keinen CBAM einführt, könnten die Mehremissionen gar 2 Mt CO₂-eq betragen (Bundesrat, 2023b, S. 39). Falls die Schweiz die EHS-Revision ohne CBAM durchführt, kommt es gemäss Simulationsrechnungen in der Schweiz im Jahr 2035 zu einer Mehrproduktion von rund 300 Mio. USD (Bundesrat, 2023b, Tabelle 6). Zusätzlich werden die CBAM-Vollzugskosten auf mehrere Millionen geschätzt. Der Bundesrat bezieht sich bei seinen Aussagen auf verschiedene Studien von Ecoplan (Ecoplan, 2023a, 2023b, 2023c, 2022).

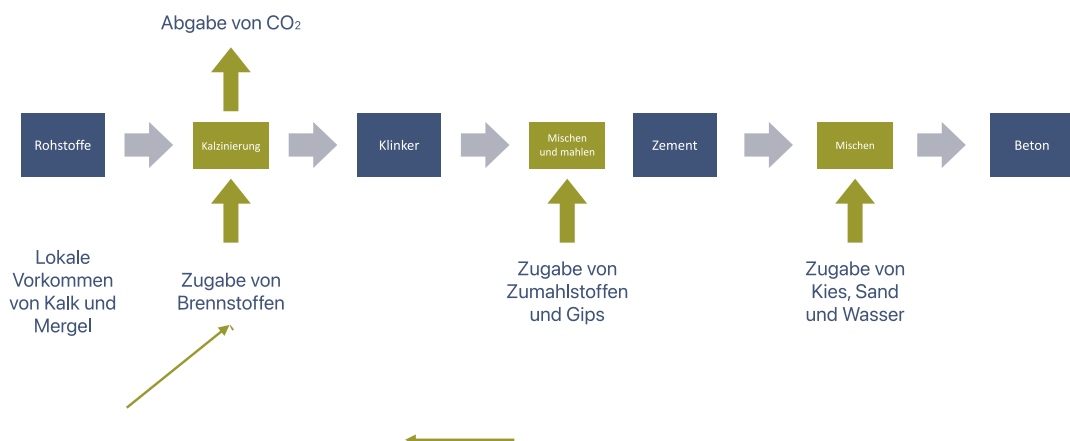
4 Zementindustrie

4.1 Zementproduktion

Beton ist nach Wasser das weltweit am meisten verwendete Material. Beton setzt sich zusammen aus dem Bindemittel Zement und den Rohstoffen Sand, Kies und Wasser. Zurzeit gibt es keine alternativen Materialien zu Beton und Zement, die den Anforderungen beim Bau von Infrastrukturen gerecht werden (Winnefeld u. a., 2022, S. 1).

Der für die Betonproduktion zentrale Bestandteil Zement wird grob betrachtet in drei Schritten hergestellt. Zuerst werden die Rohstoffe (Kalkstein, Ton, Mergel) abgebaut, zerkleinert, angereichert und gemahlen. Dieses Rohmehl wird anschliessend in Drehöfen unter starker Erhitzung (bis auf 1'450 °C) zu Zementklinker gesintert. Der Klinker wird schliesslich fein gemahlen und dadurch zum eigentlichen Zement verarbeitet. Abbildung 3 gibt einen schematischen Überblick über die Zementproduktion.

Abbildung 3 Zementproduktion



Lokale Kalk- und Mergelvorkommen werden abgebaut und unter Zugabe von Brennstoffen zu Klinker verarbeitet. Der Klinker wird gemahlen und zu Zement verarbeitet. Zement ist schliesslich ein notwendiger Bestandteil zur Produktion von Beton. Zement und Beton sind einheimische Produkte.

Quelle: Eigene Darstellung (auf der Grundlage von Nakhle u. a., 2022, S. 22; swisstopo, 2020, S. 10).

Nebst den Rohstoffen benötigt die Zementproduktion grosse Mengen an Energie. Der grösste Energiebedarf fällt bei der Herstellung des Zementklinkers an. Dementsprechend fällt dort auch der grösste Teil der CO₂-Emissionen an. Zur Klinkerproduktion werden zu 67 Prozent alternative Brennstoffe (Altpneus, Gummiabfälle, Lösungsmittel, Altöl) und zu 33 Prozent fossile Brennstoffe (Kohle, Koks, Gas, Öl) eingesetzt. Unter den alternativen Brennstoffen entfällt rund ein Viertel auf biogene Brennstoffe wie Altholz, Trockenklärschlamm, Tierfette und Tiermehl (Cemsuisse, 2023, S. 31). Durch die Erhöhung des Anteils alternativer oder sogar biogener Brennstoffe können die CO₂-Emissionen reduziert werden.

Zusätzlich entsteht bei der Klinkerproduktion CO₂ auch als Teil des Produktionsprozesses durch die sogenannte Kalzinierung (Entkarbonisierung des Kalksteins). Anders als bei dem durch den

Energieverbrauch verursachten CO₂-Ausstoss, ist der CO₂-Ausstoss durch die Kalzinierung unvermeidbar. Zwei Drittel bis drei Viertel der CO₂-Emissionen entfallen bei der Klinkerproduktion auf die Kalzinierung (swisstopo, 2020, S. 29). Insgesamt ist die Klinkerproduktion für 90 bis 95 Prozent der Treibhausgasemissionen der Zementproduktion verantwortlich. Die verbleibenden 5 bis 10 Prozent entfallen grösstenteils auf die in der Weiterverarbeitung des Klinkers zu Zement eingesetzte Energie. Insgesamt fallen in der Schweiz bei der Produktion einer Tonne Zement ungefähr 570 kg CO₂ an (Cemsuisse, 2023, S. 26 und 32). Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Treibhausgasemissionen der schweizerischen Zementindustrie auf die verschiedenen Wertschöpfungsstufen.

Abbildung 4 Treibhausgasemissionen der schweizerischen Zementindustrie



Die Zementindustrie ist in der Schweiz für rd. 25% aller Treibhausgasemissionen der Industrie verantwortlich. Der grösste Anteil der Emissionen entfällt auf die Kalzinierung. Diese Emissionen sind unvermeidbar mit der Klinkerproduktion verbunden.

Quelle: Abbildung 22 aus swisstopo (2020).

Weltweit entfallen rund 8 Prozent der anthropogenen CO₂-Emissionen auf die Zementproduktion. Damit ist sie der Industrieprozess mit der höchsten CO₂-Emission überhaupt (Winnfeld u. a., 2022, S. 1). In der Schweiz ist die Zementindustrie für ungefähr 5 Prozent aller Treibhausgasemissionen verantwortlich. Bezogen auf die Industrieemissionen beträgt der Anteil der Zementindustrie sogar 25 Prozent (Nakhle u. a., 2022, S. 5). Die Dekarbonisierung des Zementsektors ist somit ein zentrales Element zur Erreichung der Schweizer Klimaziele.

4.2 Die Schweizer Zementindustrie

Die Erfolgsgeschichte des Schweizer Zements geht auf die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts zurück. Fabrikbau, die Eisenbahn etc. machten neue Baustoffe und insbesondere neue Bindemittel erforderlich. So wurde der Portlandzement zu einem sehr gefragten Baustoff. Vorerst wurde dieser importiert, bald aber auch selbst in der Schweiz produziert. Im kalksteinreichen Jurabogen waren die erforderlichen Rohstoffe und die zur Produktion notwendig Wasserkraft vorhanden.

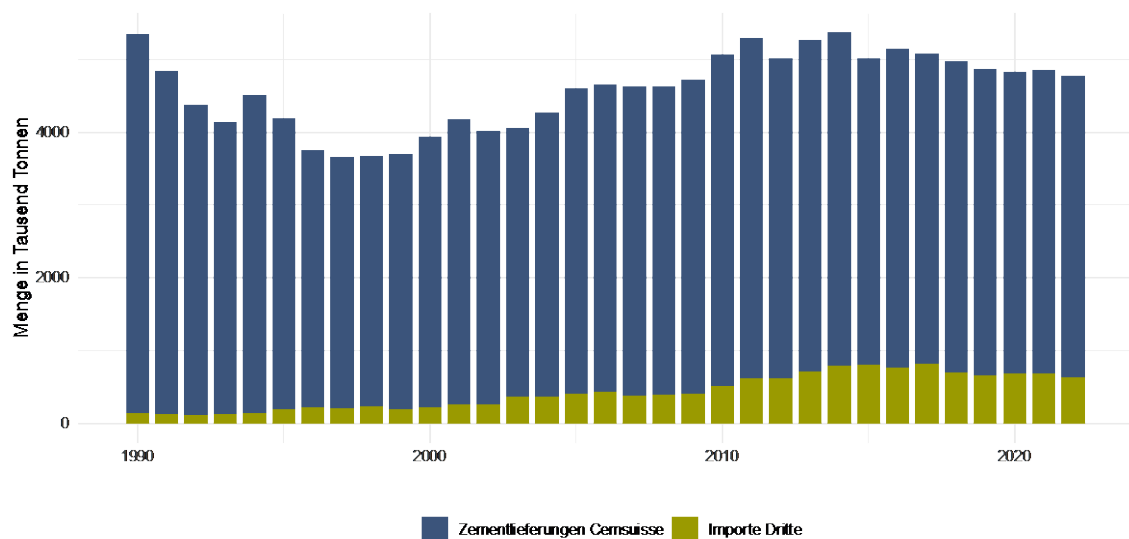
Die Industrie ist im Zuge des vermehrten Einsatzes von Beton und insbesondere Stahlbeton weitergewachsen. Anfang des 20. Jahrhunderts wurde der Schweizer Zement sogar zu einem Exportprodukt. Das Wirtschaftswachstum führte bis zu den frühen 70er Jahre zu einer Produktionskapazität von gegen 6 Millionen Tonnen. Zahlreiche Zementwerke waren damals aktiv. Zu

Beginn des 21. Jahrhunderts setzte dann eine starke Strukturbereinigung ein (Eigentümerwechseln, Fusionen und Restrukturierungen)⁹. In der Schweiz gibt es heute mit Holcim (Schweiz) AG, Jura-Cement (Jura-Cement-Fabriken AG in Wildegg sowie Juracime SA in Cornaux) und Ciments Vigier SA drei Unternehmen, die in insgesamt sechs Werken Zement herstellen. Diese sechs Zementwerke produzierten 2020 rund 4.2 Millionen Tonnen Zement. 74 Prozent davon werden in Transportbetonwerke geliefert.

Zementwerke benötigen eine grosse Fläche (10-25 ha) und erfordern Kapitalinvestitionen von 300 bis 600 Mio. CHF. Die Anlagen haben eine Lebensdauer von mehr als 50 Jahren (swisstopo, 2020, S. 10 ff.). Zementwerke werden idealerweise Nahe an den Abbaustellen der Rohstoffe gebaut und gut an das Schienen- und Strassennetz angeschlossen. Die Schweizer Zementindustrie zeichnet sich bis heute durch die Verwendung von praktisch ausschliesslich einheimischen Rohstoffen aus (Cemsuisse, 3.11.2023).

In der Schweiz wurden zwischen 2010 und 2020 jährlich fast 5 Mio. Tonnen Zement verbaut, was einem Pro-Kopf-Verbrauch von 584 kg entspricht (swisstopo, 2020, S. 12). In den nächsten zehn Jahren wird keine wesentliche Veränderung des Verbrauchs erwartet (swisstopo, 2020, S. 20).¹⁰ Abbildung 5 zeigt die Zementlieferung der Schweizer Zementwerke sowie die Zementimporte im Zeitverlauf. In den vergangenen zehn Jahren wurde der Schweizer Zementbedarf zu rund 86 Prozent durch die inländischen Zementwerke gedeckt.

Abbildung 5 Zementlieferungen Schweiz und Zementimporte



Die Zementlieferungen beziehen sich auf die Angaben der drei Schweizer Zementkonzerne. Die Importe stammen aus der Zollstatistik. Die Inlandlieferungen umfassen auch die Importe der Cemsuisse-Mitglieder, deren Importe von fertig verarbeitetem Zement ist jedoch vernachlässigbar.

Quelle: BAZG und Cemsuisse. Eigene Darstellung Polynomics.

⁹ Siehe <https://www.cemsuisse.ch/industrie-portraet>, eingesehen am 26.1.2024.

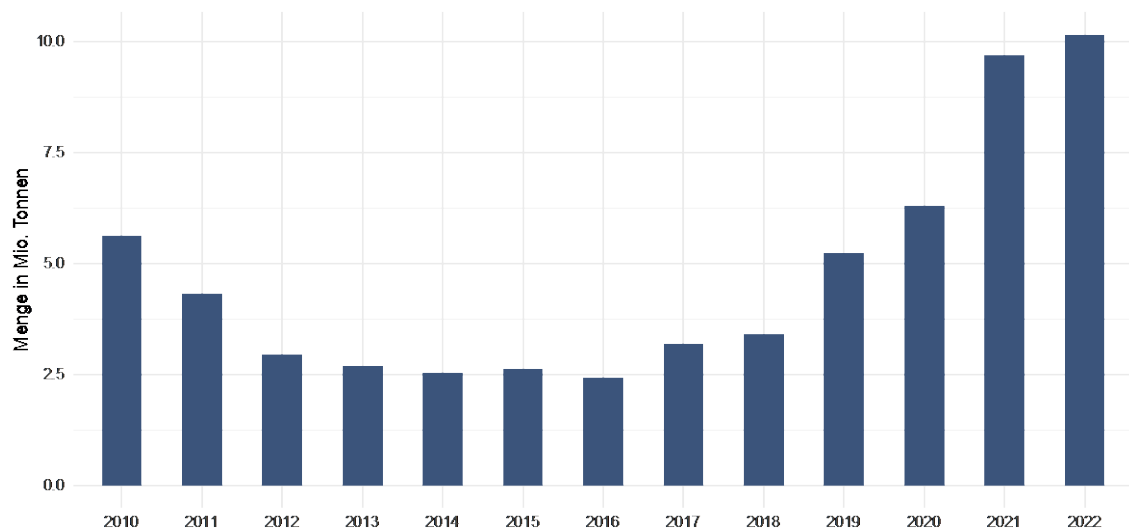
¹⁰ Weltweit wird hingegen eine Zunahme der Zementproduktion im Gleichschritt mit dem Bevölkerungswachstum erwartet. Treiber sind hauptsächlich Entwicklungsländer mit relativ hohem Bevölkerungswachstum und Defiziten in der Infrastruktur (siehe Scrivener u. a., 2018, S. 2 f.).

Die Schweizer Zementindustrie produziert mit lokalen Rohstoffen¹¹ und ohne staatliche Beihilfen Zement für den Schweizer Markt (Exporte ins Ausland sind vernachlässigbar). Durch die lokale Produktion in der Nähe der Verwendungsorte ist sie gegenüber ausländischen Anbietern wettbewerbsfähig.

4.3 Importe erzeugen Wettbewerbsdruck für Schweizer Zementwerke

Die Wettbewerbssituation, in der sich die Schweizer Zementproduzenten befinden, lässt sich mit einem Blick auf die Handelsströme der EU und Drittstaaten veranschaulichen. Da die Transportkosten im Vergleich zum Materialwert hoch ausfallen, verfügt jedes Zementwerk über einen gewissen räumlichen Wettbewerbsvorteil. Dieser wird jedoch durch niedrigere Gestehungskosten der Konkurrenten relativiert. Betrachtet man die in die EU importierten Zement- und Klinkermengen, so ist seit 2016 ein deutlicher Anstieg zu beobachten (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6 Zement- und Klinkerimporte in die EU von ausserhalb der EU (inkl. CH)



Seit 2016 nehmen die Importe von Zement und Klinker in die EU stetig zu. Im Jahr 2022 betragen sie 10.2 Mio. Tonnen.

Quelle: Eurostat und Cemsuisse. Eigene Darstellung Polynomics.

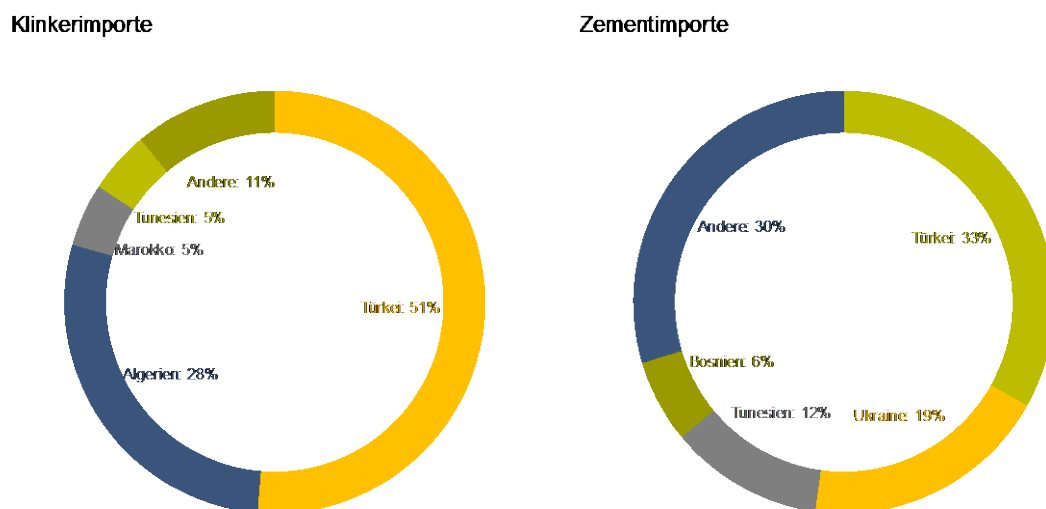
Die Zunahme der Importe aus Drittländern in die EU nahm gleichzeitig mit dem Anstieg der Preise für die CO₂-Emissionsrechte zu (vgl. Abbildung 1), was ein Indikator dafür sein könnte, dass die Verteuerung der Klinkerproduktion in der EU durch die Kosten für den Erwerb von CO₂-Emissionsrechten zu einem zunehmenden Wettbewerbsnachteil für die europäischen Produzenten führt. Die ebenfalls gestiegenen Energiepreise in Europa könnten einen zusätzlichen Faktor für die steigende Attraktivität von Importen darstellen. Wie Abbildung 7 darlegt sind die beiden wichtigsten Herkunftsländer für Klinkerimporte in die EU die Türkei (51 Prozent) und Algerien (28 Prozent).

Abbildung 7 macht zudem deutlich, dass sowohl Zement als auch Klinker teilweise über grössere Distanzen in die EU transportiert werden. Gemäss Gesprächen mit Experten der Schweizer Zementindustrie hat der Import von Klinker den Vorteil, dass er als Schüttgut transportiert und

¹¹ Siehe <https://www.cemsuisse.ch/industrie-portraet/#>, eingesehen am 26.1.2024.

«universell» zur Herstellung verschiedener Zementsorten verwendet werden kann. Zement ist hingegen ein spezifisches Gemisch und beim Transport muss darauf geachtet werden, dass die Feuchtigkeit unter Kontrolle bleibt. Hingegen hat Zement aufgrund seiner höheren Dichte seinerseits einen Transportvorteil gegenüber Klinker.

Abbildung 7 Herkunftsländer für Importe in die EU im Jahr 2022



Der in der Produktion CO₂-intensive Klinker wird hauptsächlich aus der Türkei (51%) und Algerien (28%) in die EU importiert.

Quelle: Cemsuisse (Eurostat). Eigene Darstellung Polynomics.

Gemäss Aussagen eines Experten der Zementindustrie wurden als Folge der gestiegenen Energiepreise und der zunehmenden Kosten für den Erwerb von CO₂-Emissionsrechten in Europa bereits Mahlwerke gebaut, in denen importierter Klinker zu Zement verarbeitet wird. Ein konkretes Beispiel dafür seien die neuen Geschäftsmodelle des Startups von Cem'In'Europe, das in Sète (Frankreich) eine grosse Hafeninfrastuktur und zwei Mahlstationen aufbaut. Klinker werde auf dem Seeweg angeliefert und von Sète aus verarbeitet und verteilt. Gemäss eigenen Angaben plant bzw. betreibt Cem'In'Europe zudem ein Mahlwerk beim Rheinhafen in Ottmarsheim (Frankreich in unmittelbarer Nähe von Deutschland und der Schweiz) mit dem Ziel, nebst dem Elsass und Baden-Württemberg, primär Kunden in der Schweiz zu beliefern.

Es besteht somit eine konkrete Gefahr für die Schweizer Zementindustrie, dass in europäischen Nachbarländern Mahlwerke gebaut werden, die Klinker aus Drittstaaten verarbeiten. Der in diesen europäischen Mahlstationen verarbeitete Klinker kann von dort aus in Nicht-EU-Länder, wie die Schweiz eines ist, exportiert werden, ohne dass das europäische Zementwerk eine Grenzabgabe leisten muss. Der CBAM-Durchführungsverordnung der EU (EU-Kommission, 2023, vgl. Abschnitt 4.3.6 zu inward processing) entnehmen wir, dass Importe von Vorprodukten, die zu Produkten verarbeitet werden, die anschliessend wieder aus der EU exportiert werden, CBAM-befreit sind. Mit dieser Klausel zum Veredelungsverkehr sollen Exporte aus der EU wettbewerbsfähig bleiben.

4.4 Erwartete Entwicklung der Klinkerkosten

Da die Klinkerproduktion die Hauptursache für die CO₂-Emissionen der Zementindustrie ist, fokussieren wir die folgenden Überlegungen auf Klinker. Die Gesteungskosten von Klinker eines Schweizer Zementwerks liegen leicht unter CHF 75 pro Tonne (siehe Nakhle u. a., 2022, S. 39). Diese Zahl hat ein Experte aus der Zementindustrie uns gegenüber als plausibel bestätigt.

Die oben dargelegten Importstatistiken zeigen, dass Klinker rentabel in die EU importiert werden kann. Gemäss Aussagen des Industrieexperten kostet eine Tonne türkischer Klinker verladen auf einem Transportschiff im türkischen Hafen ungefähr EUR 35 pro Tonne. Der Transport als Schüttgut bis zum belgischen Hafen in Gent¹² kostet zusätzlich rund EUR 20 pro Tonne. Für den Weitertransport bis nach Basel sind zusätzlich etwa EUR 20 pro Tonne zu veranschlagen. Da Zement und Klinker zollfrei in die Schweiz importiert werden können, bedeutet dies, dass der türkische Klinker franko Basel rund CHF 70 kostet. Der Schweizer Klinker ist demgegenüber zwar leicht teurer, der Preisunterschied ist jedoch zu gering, um eine umfassende Importlieferkette inkl. Kundenbetreuung vor Ort aufzubauen.

Bei steigenden Preisen für die Emissionsrechte verschlechtert sich die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Zementproduzenten. Wie Abbildung 1 zu entnehmen ist, stieg der Preis für Emissionsrechte in der Vergangenheit bereits über EUR 100 pro Tonne CO₂. Da künftig die Emissionsrechte verknappt werden und gleichzeitig die Gratiszuteilung zurückgefahren wird, erachten wir es als ein plausibles Szenario, dass die Zementindustrie künftig CHF 100 pro Tonne CO₂ bezahlen muss. Falls für die Zementindustrie künftig durch heute getätigte Investitionen in die CCS-Technologie die Möglichkeit zur CO₂-Abscheidung besteht, ist davon auszugehen, dass sich die Vermeidungsgrenzkosten und die Preise für Emissionsrechte angleichen. Wir gehen deshalb vereinfachend davon aus, dass die Kosten pro emittierte oder vermiedene Tonne CO₂ künftig CHF 100 betragen wird.

Die Produktion einer Tonne Zement verursacht durchschnittlich 570 kg CO₂ und der Klinkerfaktor im Schweizer Zement beträgt durchschnittlich 0.71 (Nakhle u. a., 2022; swisstopo, 2020). Daraus folgt, dass eine Tonne Klinker ungefähr 800 kg CO₂ verursacht,¹³ was Kosten für den Erwerb von Emissionsrechten in der Höhe von CHF 80 pro Tonne Klinker zur Folge hat.

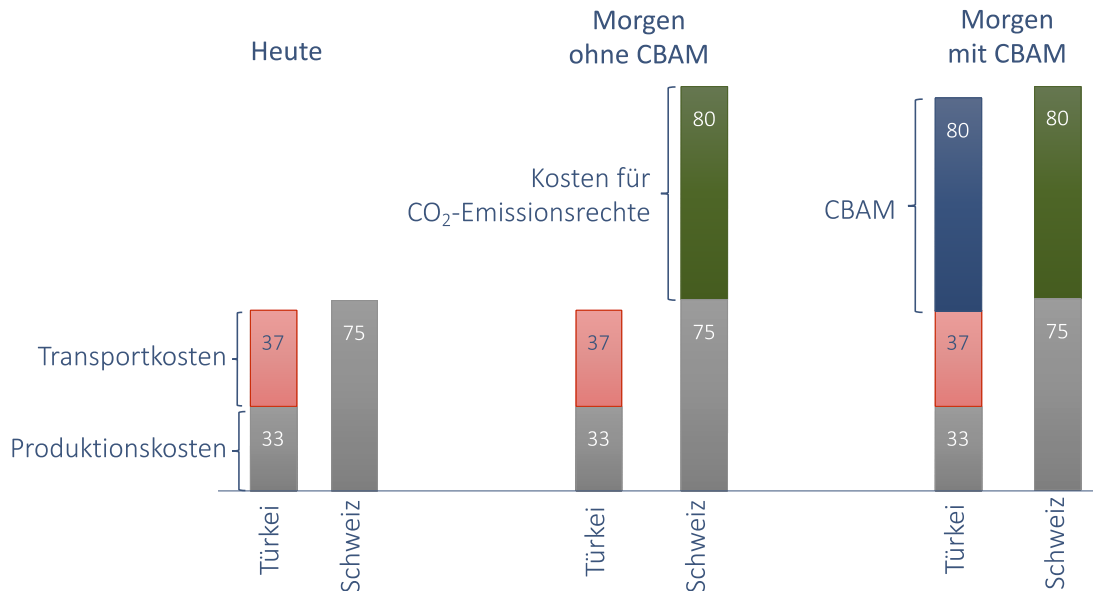
Diese Überlegungen sind in Abbildung 8 zusammengefasst. Sie zeigt links die heutige Situation, in der die Schweizer Zementproduzenten gegenüber ausländischen Konkurrenten wettbewerbsfähig sind. Durch den erwarteten Kostenanstieg aufgrund der höheren Kosten für den Erwerb von Emissionsrechten bzw. aufgrund der Kosten für die CO₂-Abscheidung sind die Schweizer Zementproduzenten ohne die Einführung eines Schweizer CBAM nicht mehr konkurrenzfähig. Klinker aus Drittstaaten wie der Türkei können wesentlich günstiger importiert und zu Zement verarbeitet werden.

Anstatt den Klinker in die Schweiz zu importieren und dort zu verarbeiten, können Zementwerke in Europa den Klinker CBAM-befreit aus Drittstaaten importieren und den damit hergestellten Zement in die Schweiz exportieren. Damit könnten die Schweizer Zementwerke nicht nur die Klinkerproduktion ans Ausland verlieren, sondern die gesamte Zementproduktion.

¹² Der Hafen in Gent ist ein wichtiger Knotenpunkt in Europa für den Transport von Schüttgütern.

¹³ $570/0.71 = 802.82$

Abbildung 8 Erwartete Entwicklung der Produktionskosten für Klinker aus der Schweiz im Vergleich zum Import aus Drittstaaten



Die Abbildung verdeutlicht zum einen die heutige Kostensituation bei der Herstellung von Klinker inklusive der Wettbewerbssituation. Zum anderen verdeutlicht die Abbildung die Entwicklung der Kosten und Wettbewerbssituation von Morgen entweder mit oder ohne Einführung des CBAM.

Quelle: Expertengespräch und eigene Berechnungen Polynomics.

Die höheren Kosten für Klinker wirken sich auf die Kosten von Zement aus. Ausgehend von einem Klinkerfaktor von 0.71 führt eine Verdoppelung der Klinkerkosten zu einer Erhöhung der Kosten für die Zementproduktion in der Grössenordnung von rund 70 Prozent. Gemäss Angaben eines Branchenexperten beträgt in der Betonproduktion der Gestehungskostenanteil von Zement ca. 40 Prozent (vgl. Tabelle 1). Somit ist zu erwarten, dass bei einer Verdoppelung der Klinkerpreise die Gestehungskosten von Beton um rund 30 Prozent steigen.

Tabelle 1 Zusammensetzung der Gestehungskosten für Beton

Kostenbestandteil	Magerbeton	Konstruktionsbeton Hochbau	Konstruktionsbeton Tiefbau
Wasser	Weniger als 1%	Weniger als 1%	Weniger als 1%
Zement	26%	39%	40%
Sand und Kies	46%	41%	34%
Weitere Kosten	27%	19%	25%

Je nach Betonsorte ist Zement der wichtigste bzw. zweitwichtigste Kostenbestandteil in der Betonproduktion. Bei einem Klinkeranteil von 0.71 steigen bei einer Verdoppelung der Klinkerkosten die Zementkosten um rd. 70% und die Gestehungskosten für Beton um rd. 30% (40% von 70%).

Quelle: Angaben eines Experten aus der Betonbranche.

4.5 Zementwerke verwerten Abfälle

Aufgrund des hohen Energiebedarfs der Zementindustrie spielen die Zementwerke eine potenziell wichtige Rolle in der Kreislaufwirtschaft. Rund zwei Drittel ihrer Brennstoffe sind alternative Brennstoffe, wie Altöl, Lösungsmittel, Altpneus, Kunststoffe, Trockenklärschlamm, Altholz (Cemsuisse, 2023, S. 12 und 31). Im Rahmen der Anstrengungen zur Reduktion der CO₂-Emissionen ist eine Zunahme der Verwertung alternativer Brennstoffe zu erwarten: «Für die Erreichung des Netto-Null-Ziels ist es zentral, dass die Zementindustrie auch zukünftig Zugang zu ausreichend alternativen Brennstoffen erhält» (Cemsuisse, 2021, S. 21).

Bei der Optimierung der Schweizer Abfallverwertung ist die Zementindustrie ein wichtiger Faktor. So wird insbesondere die Möglichkeit, geeignete Abfallfraktionen in Zementwerken direkt verwerten zu können hervorgehoben. In einer Studie zur optimierten Abfallwirtschaft verwerten Zementwerke rund 10 Prozent aller Abfälle aus Haushalten, Gewerbe und Industrie (Dettli u. a., 2014, S. 57). Ein Vorteil der Verwertung der Abfälle zur Klinkerproduktion besteht darin, dass, anders als bei Kehrichtverbrennungsanlagen, keine Schlacke entsteht, die zulasten späterer Generationen deponiert werden muss.

Nebst der Verbrennung alternativer Brennstoffe zur Wärmeerzeugung können bei der Zementproduktion alternative Rohmaterialien anstelle von Kalk und Mergel verwendet werden. So kann beispielsweise verunreinigte Erde, Hochofenschlacke, Flugasche (ein Nebenprodukt aus Kohlekraftwerken) als Klinkerersatzstoffe dienen.

5 CBAM-Szenarioanalyse

Die Auswirkungen einer Nicht-Einführung des CH-CBAM für die Zementindustrie sowie die Umwelt hängen von verschiedenen möglichen Entwicklungen ab. Im Folgenden diskutieren wir unterschiedliche Szenarien. Hierzu beschreiben wir in Abschnitt 5.1 die Annahmen, die wir den jeweiligen Szenarien zu Grunde legen. Anschliessend stellen wir in Abschnitt 5.2 die zentralen Aspekte vor, die sich zwischen den Szenarien unterscheiden können und diskutieren die Indikatoren, auf welche wir zur Beurteilung der Auswirkungen fokussieren (Abschnitt 5.3). Daraus entwickeln wir einen Entscheidungsbaum zur Analyse der Handlungsoptionen (Abschnitt 5.4) und leiten daraus die erwarteten Auswirkungen einer Einführung bzw. Nicht-Einführung eines Schweizer CBAM ab (Abschnitt 5.5).

5.1 Annahmen für die Szenarioanalyse

Für unsere Szenarioanalyse treffen wir Annahmen zu den folgenden drei Themen:

- 1 Annahmen zu den Produktionskosten und den CO₂-Preisen
- 2 Annahmen zu CO₂-Reduktion und den Investitionen in die CCS-Technologie
- 3 Annahmen zur Nachfrage nach Zement

Annahmen zu den Produktionskosten und den CO₂-Preisen

Ausgehend von den im Abschnitt 0 entwickelten Erkenntnissen wird in den nachfolgenden Szenarien unterstellt, dass die CO₂-Preise deutlich steigen werden. Die Gestehungskosten für Schweizer Klinker steigen mindestens um das Zweifache und die Kosten für die Zementproduktion am Standort Schweiz um mindestens 70 Prozent.

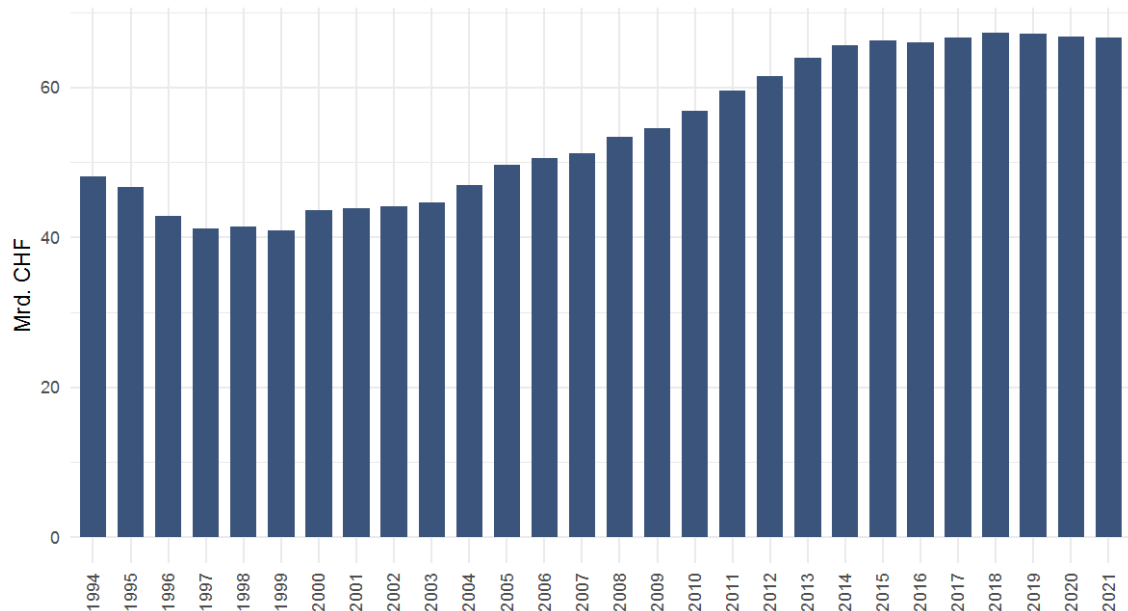
Annahmen zu CO₂-Reduktion und den Investitionen in die CCS-Technologie

Neben den Annahmen zu den Produktionskosten betrifft eine zweite Annahme die Rolle der Zementindustrie bei der Erfüllung der schweizerischen Klimaziele. Wie in Abschnitt 4.1 beschrieben, entstehen bei der Kalzinierung und damit bei der Herstellung von Klinker CO₂-Emissionen. Diese sind zu einem grossen Teil nicht vermeidbar (Bundesrat, 2022b, S. 4). Gleichzeitig hat sich die Zementindustrie das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2050 klimaneutral zu sein (siehe Cemsuisse, 2021). Um dies zu erreichen, müssen entsprechende Investitionen in die Abscheidetechnologie (CCS-Investitionen) getätigt werden. Im Rahmen der Szenarien wird angenommen, dass sich solche Investitionen rentieren, sofern zum einen ein Grenzausgleichsmechanismus (CBAM) implementiert ist und zum anderen die Nachfrage nach Schweizer Zement im Vergleich zu heute unverändert bleibt.

Annahmen zur Nachfrage nach Zement

Schliesslich gehen wir bei der Ableitung der nachfolgenden Szenarien und der Analyse der Auswirkungen davon aus, dass sich die inländische Nachfrage nach Zement mittelfristig stabil bleibt. Diese Annahme basiert auf der Einschätzung, dass sich die zukünftige Bautätigkeit im Vergleich zur Vergangenheit nicht wesentlich verändern wird. Es liegen keine Substitute für Zement bzw. Beton vor, die dieselben baulichen Funktionen wahrnehmen können.

Abbildung 9 Bauausgaben in der Schweiz zu laufenden Preisen



In der Abbildung sind die nominalen Bauausgaben abgetragen. Die Entwicklung der letzten Jahre verharrt auf einem ähnlichen Niveau. Für die Beurteilung der Szenarien gehen wir von einer grundsätzlich unveränderten Bautätigkeit aus.

Quelle: Bundesamt für Statistik. Eigene Darstellung Polynomics.

Die jüngsten parlamentarischen Beschlüsse zeigen, dass die Schweiz «noch nicht gebaut ist». Das Parlament will beispielsweise die Bahn stärken, Tunnel bauen und die A1 auf sechs Spuren ausbauen. Zudem wird durch verdichtetes Bauen Beton auch für Wohnungs- und Geschäftsbauten weiterhin attraktiv bleiben.

Die Schweiz verbaut jährlich ungefähr 40 Mio. Tonnen Beton (Böni u. a., 2021; Matasci u. a., 2019, S. 42) wozu schätzungsweise sämtlicher in der Schweiz produzierte Zement (4.6 Mio. Tonnen) notwendig ist.¹⁴

5.2 Zwei zentrale Umfeldaspekte

Für die Analyse der Auswirkungen haben wir zwei zentrale Umfeldaspekte identifiziert, die das erwartete Verhalten der Zementindustrie bestimmen und sich damit auf die Ergebnis-Indikatoren (vgl. Abschnitt 5.3) auswirken:

- Entscheidung zur Einführung bzw. Nichteinführung eines Schweizer CBAM und
- Zahlungsbereitschaft der Bauherren für CO₂-freien Zement

Im Folgenden gehen wir kurz auf diese beiden Aspekte ein:

¹⁴ Normalbeton besteht ca. zu 13% (300 kg/m³) aus Zement (Betonsuisse, 2022, S. 3). 4.6 Mio. Tonnen Zement dividiert durch 13% ergibt 35 Mio. Tonnen Beton.

Einführung CBAM

Wir unterscheiden zwei Fälle:

1. **Einführung CBAM:** In diesem Fall wird analog der Vorgehensweise in der EU der Grenzausgleichsmechanismus auch in der Schweiz eingeführt. Dadurch werden Wettbewerbsnachteile von Importen aus Ländern ohne CO₂-Verteuerung verhindert.
2. **Nichteinführung CBAM:** In diesem Fall verzichtet die Schweiz auf die Einführung eines Grenzausgleichs. Die Zementindustrie sieht sich in der Folge Wettbewerbsnachteilen mit Ländern ohne CO₂-Verteuerung gegenüber.

Zahlungsbereitschaft für CO₂-freien Zement

Die Zahlungsbereitschaft der Bauherren für CO₂-freien Zement (bzw. Zement, für dessen Herstellung entsprechende CO₂-Emissionsrechte erworben wurden) ist aus Sicht der Zementindustrie ein wichtiges Element der Zementnachfrage. Aus diesem Grund unterscheiden wir die beiden folgenden Fälle:

3. **Hohe Zahlungsbereitschaft für CO₂-freien Zement:** Sind genügend viele Bauherren bereit, den markanten Aufpreis (70 Prozent Preissteigerung oder mehr) für CO₂-freien Zement zu zahlen, so könnte die Schweizer Zementindustrie ihre Wettbewerbsfähigkeit gegenüber günstigerem, aber CO₂-haltigen Zement möglicherweise aufrechterhalten.
4. **Niedrige Zahlungsbereitschaft für CO₂-freien Zement:** Ist die Zahlungsbereitschaft für CO₂-freien Zement gering, so spielen Qualitätsunterschiede in Bezug auf den CO₂-Anteil im Zement nur eine geringe Bedeutung für die Nachfrage. Die Schweizer Zementindustrie ist somit einem starken Preiswettbewerb durch Produzenten aus Drittländern ausgesetzt.

5.3 Beurteilungskriterien

Die möglichen Ergebnisse (vgl. Abschnitt 5.4) beurteilen wir anhand verschiedener Indikatoren. Im Fokus stehen die folgenden Dimensionen:

- Externalitäten auf den CCS-Markt und die Kreislaufwirtschaft
- Ausmass des CO₂-Leakage
- Standortattraktivität Schweiz für die Zementherstellung

Im Folgenden werden diese kurz erläutert.

Externalitäten auf den CCS-Markt und die Kreislaufwirtschaft

Gemäss Bundesrat braucht es für die Erreichung des Netto-Null-Ziels 2050 gerade für die nicht vermeidbaren CO₂-Emissionen in den Bereichen Kehrrechtverwertung und Zement eine CCS-Infrastruktur bestehend aus Abscheideanlagen sowie Transport- und Speichermöglichkeiten (Bundesrat, 2022b). Aus diesem Grund werden in der aktuell und bis zum Jahr 2030 laufenden Pionierphase die notwendigen Rahmenbedingungen geschaffen, damit zwischen den Jahren 2030 und 2050 der CCS-Markt-Hochlauf umgesetzt werden kann. Die Zementindustrie spielt dabei eine wichtige Rolle. Im Hinblick auf die Amortisation der geplanten Transport- und Speicherinfrastrukturen ist die abgeschiedene Menge an CO₂ zentral: Je grösser die abgeschiedene Menge, desto leichter lassen sich die Investitionen in die Infrastruktur amortisieren. Je nach Umfeld (vgl. Abschnitt 5.2) ist mit einem unterschiedlichen Investitionsverhalten der Zementindustrie in die CCS-Technologie und damit mit einer grösseren oder kleineren Menge abgeschie-

denem CO₂ zu rechnen. Durch das Verhalten der Zementindustrie sind somit positive (Zementindustrie investiert in CCS) als auch negative (Zementindustrie investiert nicht in CCS) Externalitäten in Bezug auf den geplanten Hochlauf des CCS-Marktes zu erwarten.

Ebenfalls sind Externalitäten auf die Kreislaufwirtschaft auszumachen. Konkret geht es um den Beitrag der Zementindustrie bei der Kehrrechtverwertung. Im Rahmen der Zementherstellung werden neben primären auch sekundäre Brennstoffe aus der Abfallwirtschaft zur Energieerzeugung verwendet (vgl. Abschnitt 4.5). Im Gegensatz zur Verbrennung in den Kehrrechtverbrennungsanlagen entsteht dabei keine Schlacke. Ohne Zementwerke müssten allenfalls zusätzliche Kehrrechtverbrennungskapazitäten erstellt werden. Ein Verbleib der Klinkerproduktion in der Schweiz leistet somit einen positiven Beitrag zur Kreislaufwirtschaft.

Ausmass des CO₂-Leakage

Neben den diskutierten Externalitäten ist bei der Beurteilung der Szenarien auch das jeweils unterschiedliche Ausmass an CO₂-Leakage, also der Verlagerung von CO₂-Emission in Länder mit weniger strengen Auflagen, zu beachten. Je nach Verhalten der Zementindustrie in den verschiedenen Szenarien ist dabei mit einem geringeren oder grösserem CO₂-Leakage zu rechnen. Je grösser das CO₂-Leakage in einem Szenario ausfällt, desto höher ist der Anteil des importierten CO₂, was einer glaubhaften schweizerischen Klimapolitik entgegenläuft.

Standortattraktivität Schweiz für die Zementherstellung

Der letzte Beurteilungsindikator betrifft die Auswirkungen auf die Standortattraktivität der Schweiz für die Zementindustrie. Je nach Szenario nimmt der Preiswettbewerb für die Zementwerke in der Schweiz zu. Dabei spielen die Unsicherheiten in Bezug auf die Einführung des CBAM und im Hinblick auf die Entwicklung der Zahlungsbereitschaft eine wichtige Rolle, inwieweit die schweizerische Zementindustrie am Standort Schweiz ihre CCS-Investitionen tätigt oder nicht. Dabei ist zu beachten, dass es bei den in der Schweiz aktiven Zementunternehmen um Konzerne handelt, die gleichzeitig auch an anderen (europäischen) Standorten Zement herstellen. Im Extremfall kann es zu einer Abwanderung der Zementherstellung aus der Schweiz führen.

5.4 Analyse des Verhaltens mittels Entscheidungsbaum

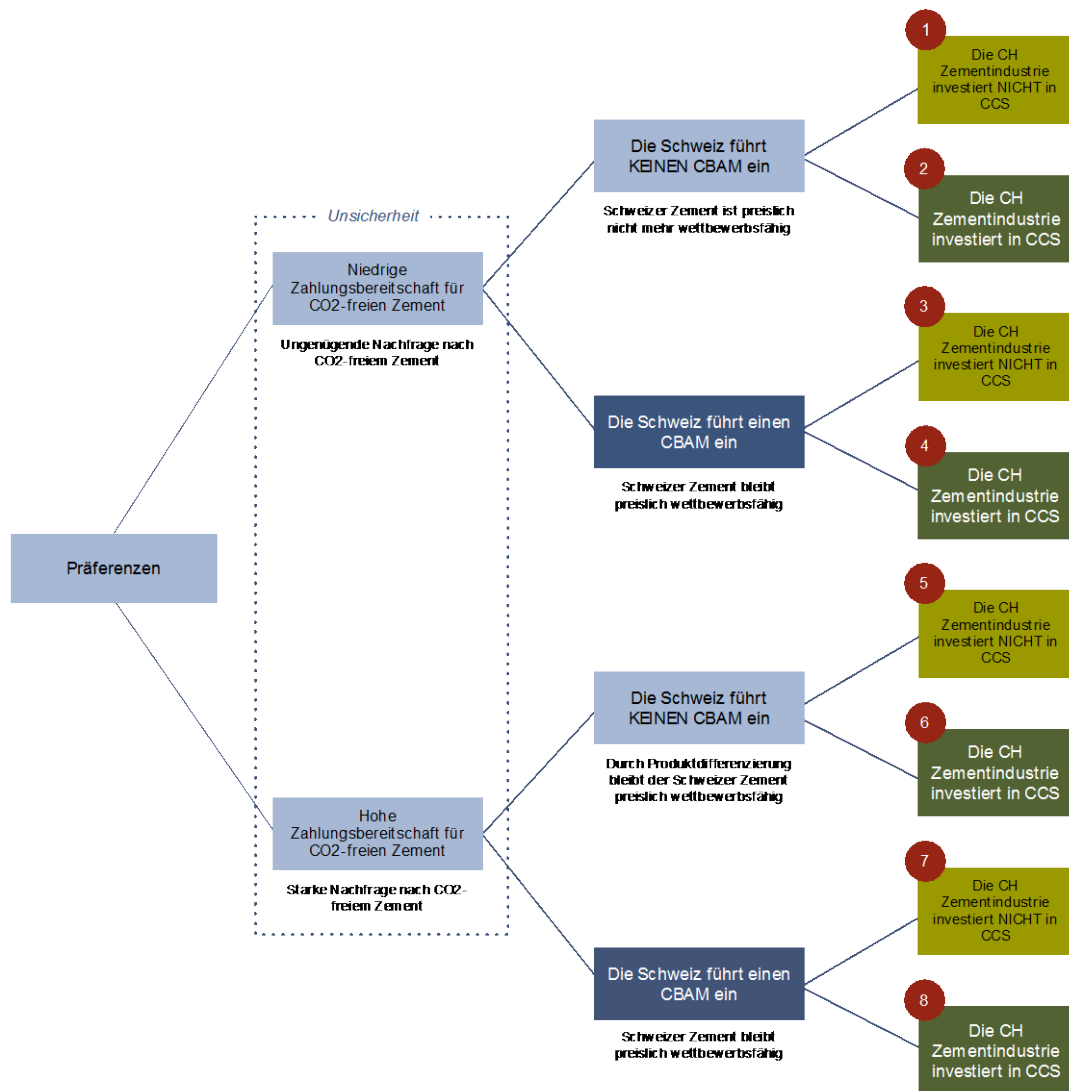
Die beiden zentralen Aspekte «(Nicht-)Einführung CBAM» und «Hohe/Niedrige Zahlungsbereitschaft» können schematisch vereinfacht in einem Entscheidungsbaum zusammengefasst werden. Abbildung 10 beginnt mit den beiden möglichen Welten «niedrige Zahlungsbereitschaft für CO₂-freien Zement» und «hohe Zahlungsbereitschaft für CO₂-freien Zement». Obwohl eine der beiden Welten tatsächlich zutreffen wird, besteht Unsicherheit über den wahren Zustand. Die beiden Entscheidungen «CBAM einführen?» und «in CCS-Technologie investieren?» erfolgen ohne das Wissen, in welchem Zustand die Welt sich befindet. Diese Unsicherheit wird durch die gepunktete Linie veranschaulicht.

Für jeden der beiden Zustände der Welt gibt es vier mögliche Endzustände. Diese sind in der Abbildung durch die grünen und nummerierten Kästen dargestellt. Die hellgrünen (ungerade nummerierten) Kästen stehen für mögliche Endzustände, in denen die Zementindustrie nicht in die CCS-Technologie investiert hat und die dunkelgrünen (gerade nummerierten) Kästen stehen für die vier Endzustände, in denen die Zementindustrie in die CCS-Technologie investiert hat. Die Konsequenzen auf die drei Indikatoren (Externalitäten CSS-Markt, CO₂-Leakage und Standortattraktivität) unterscheiden sich je nach Endzustand.

Durch Einführung eines CBAM (dunkelblaue Kästen) bleibt die Schweizer Zementindustrie unabhängig der tatsächlichen Zahlungsbereitschaft wettbewerbsfähig. Der Grenzausgleich sichert der Zementindustrie genügend Nachfrage nach Zement selbst in dem Fall, in dem die Bauherren nur eine niedrige Zahlungsbereitschaft für CO₂-freien Zement haben. Die Bauherren können zwar weiterhin auf CO₂-belasteten Zement aus Drittstaaten ausweichen, der CBAM-Aufschlag führt jedoch dazu, dass auch bei diesem Zement die Kosten für die CO₂-Emissionen internalisiert sind. Durch den CBAM ist in der Schweiz somit nur noch Zement erhältlich, der entweder tatsächlich kein CO₂ mehr enthält oder dessen CO₂-Gehalt durch Emissionszertifikate oder durch die CBAM-Abgabe kompensiert wurde. Es handelt sich dabei nicht um einen Schutz der Schweizer Zementindustrie, sondern um einen Schutz vor zu billigem CO₂-belasteten Zement. Die Bauherren können weiterhin auf Zement aus Europa (CBAM-befreit aber mit Pflicht zum Erwerb von Emissionsrechten) oder auf Zement aus Drittstaaten (CBAM-pflichtig) ausweichen, d. h. es besteht Wettbewerb wie bisher.

Bei Nicht-Einführung eines CBAM (hellblaue Kästen) ist die Situation differenzierter. Hier kommt es darauf an, ob sich die Welt im Zustand «hohe Zahlungsbereitschaft» oder im Zustand «niedrige Zahlungsbereitschaft» befindet. Ist die Zahlungsbereitschaft der Bauherren für CO₂-freien Zement hoch genug, könnte sich die Schweizer Zementindustrie möglicherweise mit klimaneutralem Zement erfolgreich auf dem Markt positionieren. Da die Schweizer Zementindustrie bereits heute gegenüber den ausländischen Konkurrenten wettbewerbsfähig ist, könnte sie sich vermutlich einen genügend hohen Anteil der Zementnachfrage sichern. Den Bauherren bleibt es aber auch in diesem Fall weiterhin möglich auf CO₂-freien Zement aus Europa oder auf CBAM-belasteten Zement aus Drittstaaten auszuweichen.

Abbildung 10 Entscheidungsbaum



Schematisch vereinfachte Darstellung der Herausforderungen der Zementindustrie anhand eines Entscheidungsbaumes. Am Anfang steht die Unsicherheit über das Ausmass der Zahlungsbereitschaft für CO₂-freien Zement. Die darauffolgenden Entscheidungen zur Einführung oder Nicht-Einführung eines CBAM bzw. der Entscheidung in CCS-Technologie zu investieren, erfolgen ohne das Wissen darüber, wie hoch die Zahlungsbereitschaft tatsächlich ist. Diese Unsicherheit wird durch die gepunktete Linie dargestellt.

Quelle: Polynomics.

Befindet sich die Welt hingegen im Zustand «niedrige Zahlungsbereitschaft», so verliert die Zementindustrie ohne Einführung eines CBAM ihre Wettbewerbsfähigkeit. Die Bauherren weichen in diesem Fall aufgrund der hohen Preisunterschiede (siehe Abschnitt 4.4) zwischen CO₂-freiem und CO₂-belastetem Zement auf Importe aus Drittstaaten aus. Es besteht die Möglichkeit, dass lediglich Klinker aus Drittstaaten importiert und in der Schweiz zu Zement verarbeitet wird, oder dass direkt Zement importiert wird.

In jedem der vier möglichen Zustände der Welt (blaue Kästen) kann die Zementindustrie entweder in die CCS-Technologie investieren oder nicht investieren (grüne Kästen). Gemäss unseren Annahmen wird die Zementindustrie immer in CCS-Technologie investieren, falls der CBAM

eingeführt wird (Kästen Nr. 4 und 8). Ob sie auch in CCS-Technologie investiert, falls der CBAM nicht eingeführt wird, hängt von der Zahlungsbereitschaft der Bauherren für CO₂-freien Zement ab. Erachtet die Zementindustrie eine hohe Zahlungsbereitschaft als genügend wahrscheinlich, so kann sich die Investition in CCS-Technologie ex ante lohnen. Trotzdem kann ex post die Zahlungsbereitschaft niedrig sein. In diesem Fall befindet sich die Industrie im Kasten Nr. 2: Es wurde kein CBAM eingeführt, die Industrie hat in CCS investiert und die Zahlungsbereitschaft ist niedrig. Als Konsequenz verliert die Schweizer Zementindustrie ebenfalls ihre Wettbewerbsfähigkeit.

Die Unsicherheit über die Zahlungsbereitschaft der Bauherren für CO₂-freien Zement ist somit ein zentrales Element. Einige Faktoren sprechen dafür, dass die Zahlungsbereitschaft tatsächlich hoch sein könnte:

- Das öffentliche Beschaffungsrecht legt seit seiner Revision im Jahr 2021 bewusst Wert darauf, dass nebst dem Preis auch Qualitätsaspekte genügend berücksichtigt werden können. Es fördert zwar wie bisher den «wirtschaftlichen Einsatz der öffentlichen Mittel», neu aber auch dessen «volkswirtschaftlich, ökologisch und sozial nachhaltigen Einsatz» (Art. 2 lit. a BöB). Damit besteht die Grundlage dafür, dass öffentliche Bauherren bei ihrer Beschaffung teureren CO₂-freien Zement bzw. Beton berücksichtigen können.
- Der politische Wille hin zu einer klimaneutralen Schweiz (z. B. Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit, KIG) lässt auf eine hohe Zahlungsbereitschaft schliessen. Auch gesellschaftlich stossen Nachhaltigkeitsthemen auf Resonanz.
- Bei den privaten Bauherren könnten sich Unternehmen aufgrund der zunehmenden Bedeutung ihrer «corporate social responsibility» zunehmend in der Pflicht sehen, Wert auf nachhaltiges und klimaneutrales Bauen zu legen. Aufgrund der höheren öffentlichen Visibilität könnte dies insbesondere für grössere Unternehmen zutreffen.

Trotzdem bleibt die Unsicherheit darüber bestehen, ob genügend viele Bauherren in der Schweiz mit genügend grossem Nachfragevolumen bereit sind, deutlich mehr für Zement und damit für Beton zu bezahlen.

- Es ist fraglich, ob der im neuen öffentlichen Beschaffungsrecht geschaffene Spielraum, der eine stärkere Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien erlaubt, von den Vergabestellen auch tatsächlich genutzt wird.
- Gemäss Auskunft eines Experten aus der Betonbranche gewinnt bei einigen Bauherren zwar die Nachhaltigkeit an Bedeutung, so dass eine gewisse Nachfrage nach «grünerem» Beton besteht. Betrachtet man hingegen den gesamten Markt, so spielt der Preis bei der Vergabe immer noch eine dominante Rolle. Der Experte erwartet zumindest in der mittleren Frist keine genügend grosse Veränderung im Nachfrageverhalten der (öffentlichen und privaten) Bauherren.
- Eine Voraussetzung dafür, dass die Bauherren die Verwendung von nachhaltigem Beton in Ausschreibungen einfordern können ist, dass der CO₂-Gehalt des Betons klar gemessen und zertifiziert werden kann. Gemäss Aussage eines Experten aus der Betonindustrie gibt es derzeit mehrere Messverfahren, die sich hinsichtlich Präzision und Einfachheit in der Anwendung unterscheiden. Es bräuchte hier noch eine Konsolidierung hin zu einem einheitlichen und in der Branche allgemein anerkannten Messsystem. In Europa gibt es solche Bestrebungen im Rahmen der Environmental Product Declaration (EPD).

- In konjunkturell schwierigen Zeiten steigt die Bedeutung der Kosten und damit der Baupreise. Die Bereitschaft, deutlich mehr für CO₂-freien Beton zu zahlen, wird konjunkturellen Schwankungen unterliegen.

Wir sehen berechtigte Zweifel daran, dass die Zahlungsbereitschaft bei genügend vielen Bauherren genügend hoch ist. Aufgrund dieser Unsicherheit bezüglich der Zahlungsbereitschaft für CO₂-freien Zement muss die Zementindustrie damit rechnen, dass sie ihre CO₂-reduzierten Zemente möglicherweise nicht in notwendiger Masse absetzen kann und folglich getroffene CCS-Investitionen nicht amortisiert werden können.

5.5 Ergebnis der Szenarioanalyse

Die Analyse des Entscheidungsbaums hat gezeigt, dass bei einer Nicht-Einführung des CBAM nur dann mit Investitionen in CCS-Technologie durch die Zementindustrie zu rechnen ist, wenn die Zahlungsbereitschaft der Bauherren mit genügend hoher Wahrscheinlichkeit genügend hoch ist. Bisher haben wir aber ausgeblendet, dass die Zementindustrie nicht nur vor der Frage steht, *ob* sie in CCS-Technologie investieren will, sondern auch *wo* sie investieren will. Falls das Investitionsumfeld in der Schweiz unattraktiv wird, bedeutet dies nicht, dass die Industrie überhaupt nicht in Abscheidetechnologie und -infrastruktur investiert. Sie kann ihre Investitionen anstelle in der Schweiz auch im Ausland tätigen.

Erwartetes Verhalten und Auswirkungen bei Einführung des CBAM

Aufgrund unserer Analyse erwarten wir, dass die Schweizer Zementindustrie in die CCS-Technologie investiert, falls die Schweiz einen CBAM einführt. In diesem Fall entsteht keine regulatorisch induzierte Unsicherheit und die Schweizer Zementhersteller bleiben konkurrenzfähig. Im Gleichgewicht befinden wir uns in Kasten Nr. 4 oder Nr. 8 von Abbildung 10.

Tabelle 2 Auswirkungen auf die Indikatoren bei Einführung des CBAM

Standortattraktivität	Externalitäten	CO ₂ -Leakage
Die Schweiz bleibt als Produktionsstandort für Zement attraktiv. Die Produktion von Zement in der Schweiz ist ohne staatliche Beihilfen konkurrenzfähig gegenüber ausländischen Konkurrenten. Durch den CBAM wird diese Wettbewerbsfähigkeit erhalten.	Positive Externalitäten für CCS-Markt und Kreislaufwirtschaft: Die Investitionen in Abscheidetechnologien der Zementindustrie tragen zum Hochfahren des CCS-Marktes bei. Die Zementwerke können ausserdem weiterhin spezifische Abfallfraktionen verwerten und damit einen nützlichen Beitrag im Rahmen der Kreislaufwirtschaft leisten.	Verhinderung von CO ₂ -Leakage: Indem Zement und Beton weiterhin in der Schweiz mit Schweizer Rohstoffen hergestellt wird, können Transportkosten und damit verbundene Emissionen niedrig gehalten werden. Die mit Emissionsrechten kompensierten oder künftig mittels entsprechender Installationen abgeschiedenen Treibhausgasemissionen ermöglichen der Schweiz das Erreichen ihres Netto-Null-Ziels.

Erwartetes Verhalten und Auswirkungen bei Nicht-Einführung des CBAM

Die Rentabilität von Investitionen ist aufgrund von Angebots- und Nachfrageentwicklungen inhärent unsicher. Unternehmerische Tätigkeit zeichnet sich durch bewusstes und kalkuliertes Eingehen von Risiken aus. Zur unternehmerischen Unsicherheit kommt vorliegend jedoch eine regulatorisch ausgelöste Unsicherheit hinzu. Bei einer Nicht-Einführung des CBAM besteht aufgrund der Unsicherheit über die Zahlungsbereitschaft ein beachtliches Risiko, Investitionen in die CCS-Technologie in der Schweiz nicht amortisieren zu können (vgl. Analyse des Entscheidungsbaums in Abschnitt 5.4).

Auch die fehlende «option-to-wait» (O'Brien u. a., 2003) ist in diesem Kontext relevant. CCS-Projekte erfordern eine geraume Planungs-Vorlaufzeit und aufgrund einer bereits konkret besseren Ausgangslage in der EU ist zu erwarten, dass die Schweizer Zementindustrie nicht auf bessere Zeiten in der Schweiz wartet, sondern vielmehr Investitionen in Frankreich, Italien oder Deutschland tätigt. Die Konzerne sind nicht zwingend auf die Zementproduktion vor Ort in der Schweiz angewiesen, sondern können die Schweizer Nachfrage auch aus den umliegenden Ländern bedienen. Die Zementkonzerne investieren somit in CCS-Anlagen, tun dies aber nicht in der Schweiz, weil sich dieselben Mittel im grenznahen Ausland rentabler einsetzen lassen. Im Gleichgewicht befinden wir uns entweder in Kasten Nr. 1 oder 5 von Abbildung 10.

Tabelle 3 Auswirkungen auf die Indikatoren bei Nicht-Einführung des CBAM

Standortattraktivität	Externalitäten	CO ₂ -Leakage
Die Schweiz ist als Produktionsstandort für Zement nicht attraktiv. Die Zementindustrie wandert ins benachbarte Ausland ab.	Die Zementindustrie investiert in der Schweiz nicht in die CCS-Technologie, was negative Externalitäten auf das Hochfahren des gesamten CCS-Markts hat. Der Kreislaufwirtschaft geht durch den Wegfall der Klinkerproduktion ein «natürlicher» Verwertungspartner verloren, der durch andere Massnahmen ersetzt werden muss.	In der Schweiz kann weiterhin CO ₂ -belasteter Zement verbaut werden. Je nach Ausmass der Nachfrage nach solchem Zement kommt es zu CO ₂ -Leakage. Solcher Zement kann entweder direkt aus Drittstaaten importiert werden oder aus Zementwerken in der EU stammen. Letztere können gemäss unserem Verständnis im Rahmen des Veredelungsverkehrs CO ₂ -belasteten Zement CBAM-befreit in die Schweiz liefern. Die Erreichung des Netto-Null-Ziels ist in Frage gestellt.

6 Schlussfolgerungen

Die Schweizer Zementindustrie entstand und behauptete sich bisher in einem wettbewerblichen bzw. kaum regulierten Umfeld. Regulierungen beschränkten sich auf die Abbaurechte von Kalkstein und Mergel. Auch die Zementindustrie in der EU war traditionell in einem vergleichbaren Umfeld tätig.

Die Einführung eines Schweizer CBAM sichert die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Zementindustrie. Es handelt sich um eine flankierende Massnahme, mit der die durch die politische Massnahme einer CO₂-Preis-Erhöhung induzierte Unsicherheit (sind Schweizer Bauherren bereit, für CO₂-freien Zement freiwillig einen markanten Preisaufschlag zu zahlen?) beseitigt wird. Ein Schweizer CBAM führt dazu, dass Schweizer Bauherren die CO₂-Kosten bei allen ihren Zementoptionen berücksichtigen müssen: Sie können entweder CO₂-freien Zement kaufen oder der CO₂-Gehalt im Zement wird über die CBAM-Abgabe bzw. über den Kauf von Emissionszertifikaten internalisiert.

Dabei handelt es sich keineswegs um einen Schutz der einheimischen Zementindustrie, denn die Bauherren können weiterhin Zement aus Europa oder sogar aus Drittstaaten einführen. In Europa herrscht dasselbe System mit den CO₂-Emissionsrechten und bei Importen aus Drittstaaten würden durch den CBAM-Aufschlag an der Grenze gleichlange Spiesse mit EU-, Nicht-EU- und Schweizer-Zementlieferanten geschaffen.

Ohne einen Schweizer CBAM, bzw. ohne andere Massnahmen mit vergleichbarer Wirkung, droht eine Abwanderung der Zementindustrie bzw. Klinkerproduktion ins Ausland. Solange die Bereitschaft der Bauherren nicht da ist, für CO₂-freien Zement einen deutlichen Aufpreis zu zahlen, würde in der Schweiz künftig weiterhin CO₂-belasteter Zement verbaut und die Erreichung Netto-Null-Ziel somit in Frage gestellt.

Nebst dem direkten Zementimport aus Drittstaaten besteht die Gefahr, dass vermehrt Klinkerimporte aus Drittstaaten in EU-Nachbarländer stattfinden und dort in Mahlstationen verarbeitet und in die Schweiz (CBAM-befreit) exportiert werden. Wie in Abschnitt 4.3 dargelegt, gibt es bereits konkrete solche Projekte an Meer- und Rheinhäfen in Frankreich, die ein solches Geschäftsmodell implementieren.

Der Verzicht auf den CBAM führt ausserdem zu negativen Externalitäten. Insbesondere der politische Wille des Bundesrats, in der Schweiz ein gutes regulatorisches Umfeld für den CCS-Markt zu schaffen, würde konterkariert, da neben den KVA die Zementwerke wichtige Akteure eines zukünftigen CCS-Marktes sind. Zudem kann die Zementindustrie aufgrund des erwarteten Rückzugs vom Schweizer Markt auch ihre Rolle in der Kreislaufwirtschaft (v.a. Abfallverwertung) nicht mehr spielen. Der CBAM-Verzicht löst somit auch aus der Sicht der Schweizer Klimapolitik eine unerwünschte Entwicklung aus.

Quellenverzeichnis

- BAFU, 2023. Emissionshandel für Betreiber von Anlagen: Wichtigste Zahlen 2022 (Stand 31. August 2023). BAFU.
- BAFU, 2022. Vereinbarung mit Kehrrechtverbrennungsanlagen. Bundesamt für Umwelt.
- Betonsuisse, 2022. Natürlicher Beton - Der Faktencheck.
- Böni, H., Gauch, M., & Matasci, C., 2021. Wie viel Material verbraucht die Schweiz? Die Volkswirtschaft 36–38.
- Bundesamt für Energie BFE, 2022. Energieperspektiven 2050+: Exkurs Wasserstoff: Hintergrund zum Einsatz in den Szenarien der Energieperspektiven 2050+. Bern.
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2023. Emissionshandelssystem für Betreiber von Anlagen [WWW Document]. URL <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klimawandel-stoppen-und-folgen-meistern/schweizer-klimapolitik/emissionshandel/schweizer-emissionshandelssystem--ehs-.html> (zugegriffen 5.1.24).
- Bundesrat, 2023a. Bundesrat will den CO₂-Emissionshandel ohne Grenzaufgaben weiterentwickeln. Medienmitteilungen. URL <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-95765.html> (zugegriffen 31.10.23).
- Bundesrat, 2023b. Auswirkungen von CO₂-Grenzausgleichsmechanismen auf die Schweiz. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 20.3933 APK-N vom 25. August 2020.
- Bundesrat, 2022a. Botschaft zur Revision des CO₂-Gesetzes für die Zeit nach 2024. Bern.
- Bundesrat, 2022b. CO₂-Abscheidung und Speicherung CCS und Negativemissionstechnologien NET - Wie sie schrittweise zum langfristigen Klimaziel beitragen können. Der Bundesrat, Bern.
- Cemsuisse, 2023. Jahresbericht. Verband der Schweizerischen Zementindustrie (cemsuisse), Bern.
- Cemsuisse, 2021. Roadmap 2050 - Klimaneutraler Zement als Ziel. Cemsuisse, Bern.
- Cottier, T., Espa, I., & Holzer, K., 2022. Rechtsgutachten zur Einführung eines CO₂-Grenzausgleichsmechanismus in der Schweiz. World Trade Institute, Universität Bern, Bern.
- Detli, R., Fasko, R., Frei, U., & Habermacher, F., 2014. Transformation der Abfallverwertung in der Schweiz für eine hohe und zeitlich optimierte Energieausnutzung. econcept AG, Zürich.
- Ecoplan, 2023a. Auswirkungen von CO₂-Grenzausgleichsmechanismen in der Schweiz: Aktualisierung - Analyse mit einem Mehrländer-Gleichgewichtsmodell. Ecoplan, Bern.
- Ecoplan, 2023b. Vollzugskosten von CO₂-Grenzausgleichsmechanismen in der Schweiz - Vollzugskosten für den Staat und die Unternehmen. Ecoplan, Bern.
- Ecoplan, 2023c. Einnahmen aus CO₂-Grenzausgleichsmechanismen.
- Ecoplan, 2022. Auswirkungen von CO₂-Grenzausgleichsmechanismen in der Schweiz - Analyse mit einem Mehrländer-Gleichgewichtsmodell. Ecoplan, Bern.
- Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, 2003. CO₂-Zielvereinbarung mit der Zementindustrie.

- EU-Kommission, 2023. Guidance document on CBAM implementation for importers of goods into the EU.
- Matasci, C., Gauch, M., & Böni, H., 2019. Projekt MatCH: Material- und Energieflüsse der schweizerischen Volkswirtschaft. Empa.
- Nakhle, C., Eckle, P., & Krüger, M., 2022. Decarbonizing Cement - Technology assessment and policy relevant evidence for the decarbonization of the Swiss cement industry. ETH Zürich | sus.lab, Bern.
- O'Brien, J.P., Folta, T.B., & Johnson, D.R., 2003. A real options perspective on entrepreneurial entry in the face of uncertainty. *Manage Decis Econ* 24, 515–533. <https://doi.org/10.1002/mde.1115>
- Reuters, 2023. Analysts raise EU carbon price forecasts after reform agreement [WWW Document]. URL <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/analysts-raise-eu-carbon-price-forecasts-after-reform-agreement-2023-04-28/> (zugegriffen 6.2.24).
- Scrivener, K.L., John, V.M., & Gartner, E.M., 2018. Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO₂ cement-based materials industry. *Cement and Concrete Research* 114, 2–26. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>
- SDA, 2023. Parlamentsbeschlüsse zum revidierten CO₂-Gesetz im Überblick [WWW Document]. Die Bundesversammlung. URL https://www.parlament.ch/de/services/news/Seiten/2023/20231220200514058194158159038_bsd156.aspx (zugegriffen 6.2.24).
- swisstopo, 2020. Rohstoffe zur Herstellung von Zement – Bedarf und Versorgungssituation in der Schweiz. Bundesamt für Landestopografie (swisstopo), Wabern.
- Umwelt Bundesamt, 2023. Der EU-Emissionshandel wird umfassend reformiert. Umweltbundesamt. URL <https://www.umweltbundesamt.de/themen/der-eu-emissionshandel-wird-umfassend-reformiert> (zugegriffen 6.2.24).
- Winnefeld, F., Leemann, A., German, A., & Lothenbach, B., 2022. CO₂ storage in cement and concrete by mineral carbonation. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 38, 100672. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100672>

Polynomics AG
Baslerstrasse 44
CH-4600 Olten

www.polynomics.ch
polynomics@polynomics.ch

Telefon +41 62 205 15 70