

A high-angle photograph of a massive concrete bridge with multiple arches, spanning a deep, lush green forest valley. The bridge's structure is light gray and contrasts with the dense green foliage below. The perspective is from above, looking down at the bridge and the valley.

cem+
suisse

Roadmap 2050

Klimaneutraler Zement als Ziel

Die Schweizer Zementindustrie
bekennt sich zum Netto-Null-
Ziel bis 2050. Wie sie ihren
Beitrag dazu leisten will, wird in
dieser Roadmap beschrieben.

Roadmap 2050

Klimaneutraler Zement als Ziel

Wieso kann man nicht einfach auf Zement verzichten?	2
Wieso ist Schweizer Zement so wichtig?	4
Woher kommt das CO ₂ ?	6

Eine Industrie mit einem Plan

30 Jahre erfolgreiche CO ₂ -Reduktion	8
Wie man das geschafft hat	10

Annahmen und Grenzen des Modells

Annahmen des Modells für die Zielerreichung bis 2050	12
Grenzen des Modells	13
Zement als Senke	14

Die Roadmap im Detail

Stellhebel der Zementindustrie	16
Klimaneutraler Zement	18
Wie Beton weiter zu einer klimaneutralen Zukunft beiträgt	20

Rahmenbedingungen und Erfolgsfaktoren

Wieso kann man nicht einfach auf Zement verzichten?

Zement ist der Bestandteil, der dem Beton seine wesentlichen Eigenschaften verleiht: Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Robustheit. Das Bindemittel besteht in erster Linie aus Kalkstein, Ton oder Mergel. Brennt man diese Gesteine bei hohen Temperaturen, entsteht Klinker. Dieses Vorprodukt ist der Hauptbestandteil von Zement. Mischt man den fertigen Zement mit Wasser, setzt eine chemische Reaktion ein, die zur Verfestigung und Aushärtung des Stoffes führt. Gemischt mit Sand und Kies entsteht Beton.

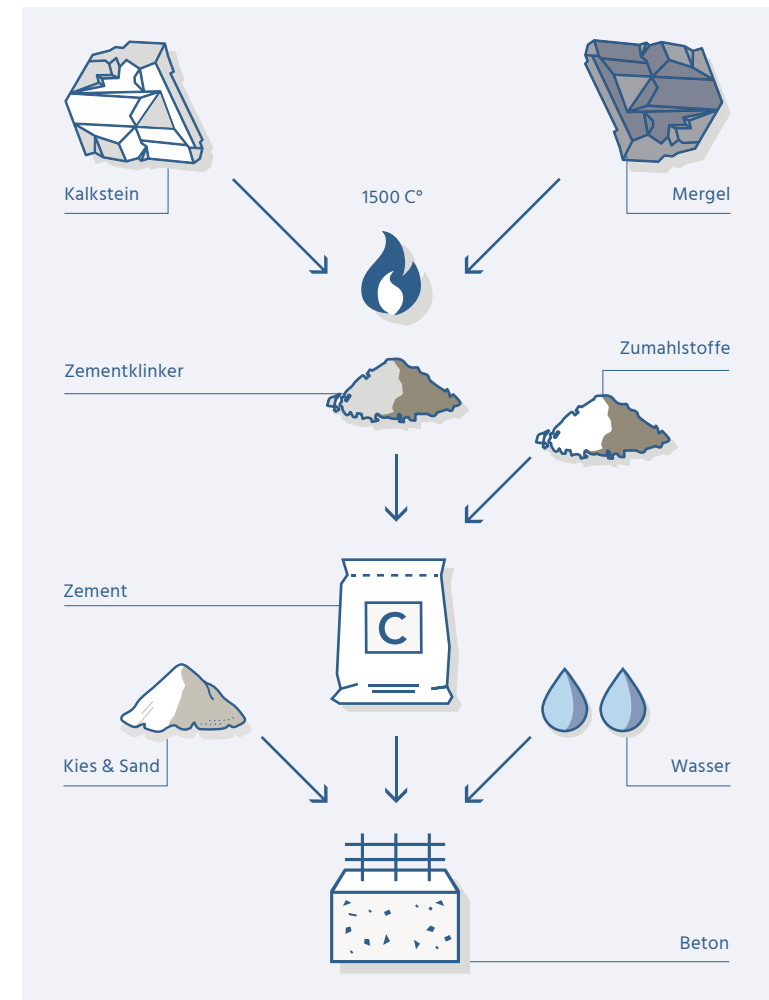
Beton ist als Multitalent der Baustoff unserer Zeit schlechthin und das **Fundament unserer Gesellschaft**. In welchen Lebensbereich der modernen Gesellschaft man immer schaut, überall leistet Beton gute Dienste. Besonders an diesem Baustoff ist die Vielfältigkeit seiner Anwendungsmöglichkeiten sowie seine vielseitigen Eigenschaften:

- **Beton ist dauerhaft**
- **Beton ist belastbar**
- **Beton widersteht Druck und Feuchte**
- **Beton schafft effiziente und flexible Tragstrukturen**
- **Beton ist nicht brennbar**
- **Beton ist vollständig recyclebar**

Auch eine **nachhaltige Zukunft** ist ohne Zement und Beton undenkbar. Sowohl die Klimastrategie des Bundes zu Netto-Null 2050, wie auch ein 2020 erschienener Bericht über die Rohstoffversorgung in der Schweiz, geht von einem stabilen Zementverbrauch in Zukunft aus. Denn auch in einer dekarbonisierten Welt braucht es weiterhin den vielseitigen Baustoff und seine zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten. Zement ermöglicht:

- **Die Erstellung von solider und dauerhafter Infrastruktur (Wasserversorgung, Verkehr, etc.)**
- **Energie-effizienten Wohnraum für eine stetig wachsende Gesellschaft**
- **Verdichtung, damit die Naturräume weiterhin erhalten bleiben**
- **Transportinfrastruktur, sei es Schiene oder auf der Strasse**
- **Nachhaltige Energiegewinnung (beispielsweise Wasserkraft)**
- **Schutz vor Naturgefahren**

Eine Zukunft ohne Zement ist also nicht denkbar – eine Zukunft von CO₂-neutralem Zement ist jedoch machbar. Dies legt diese Roadmap dar.



Aus gebranntem Kalkstein und Mergel entsteht Zementklinker, welcher zusammen mit Zumahlstoffen zu Zement wird. Vermischt mit Wasser, Kies und Sand entsteht der wichtigste Baustoff unserer Zeit: Beton.

Wieso ist Schweizer Zement so wichtig?

Man meint oft, Bildung sei der einzige Rohstoff der Schweiz. Zweifellos ist Bildung von zentraler Bedeutung, denn sie rüstet die Menschen für ein selbstbestimmtes Leben. Die Schweiz verfügt jedoch auch über weitere wichtige Rohstoffe, die trotz ihres hohen Vorkommens und ihrer zentralen Rolle in unserem Leben in der öffentlichen Wahrnehmung oft untergehen: Mineralische Rohstoffe wie Kalkstein und Mergel, aus denen Zement hergestellt wird, Kies und Sand oder auch Hartgesteine sind in der Schweiz reichlich vorhanden.

Beton, der wichtigste Baustoff unserer Gesellschaft, kann zu hundert Prozent aus Schweizer Rohstoffen produziert werden. Lange Transportdistanzen und damit einhergehend hohe Emissionen können vermieden werden. Umwelteffekte werden in unserer Industrie nicht einfach ausgelagert. Die Herstellung unterliegt strengen Schweizer Umweltauflagen und die Industrie trägt aktiv zu einer effektiven Umwelt- und Klimapolitik bei.

- **Zement ist vollständig regional**
- **Die Rohstoffe sind in der Schweiz geologisch gesehen ausreichend vorhanden**
- **Die Transportwege sind kurz**

Die Versorgung mit Zement ist jedoch nicht der einzige Vorteil, der eine einheimische Herstellung mit Zement mit sich bringt:

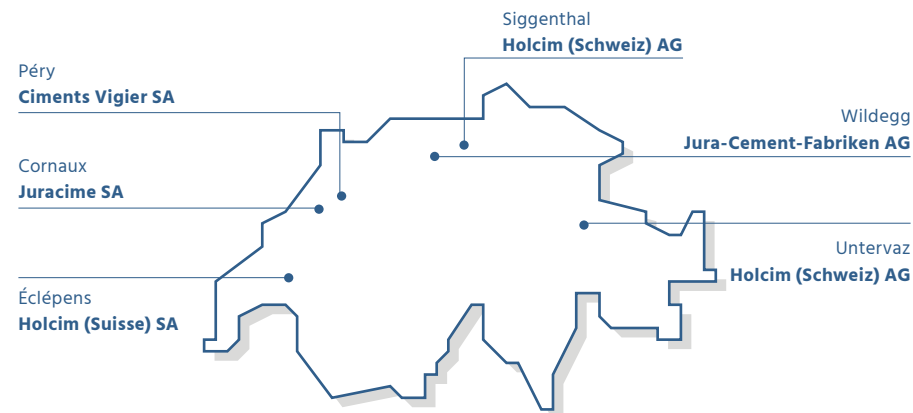
Die Zementherstellung ist Teil der Kreislaufwirtschaft und Partner der Abfallwirtschaft

Als Roh- und Brennstoffe kommen heute immer mehr alternative Materialien zum Zug. Die Zementindustrie verwertet Abfallfraktionen wie kontaminierte Erden, Altreifen, Lösungsmittel oder Klärschlamm stofflich und thermisch, ohne dass zu deponierende Rückstände übrigbleiben.

Die CO₂-Emissionen der Schweiz werden durch den Einsatz von alternativen Brennstoffen reduziert und gleichzeitig können primäre Rohstoffe geschont werden. Die deutschsprachigen Länder liegen bezüglich des Einsatzes von alternativen Brennstoffen vorne. Auch in der Schweiz liess sich 69,1 Prozent der im Jahr 2020 benötigten Brennstoffenergie durch alternative Brennstoffe substituieren.

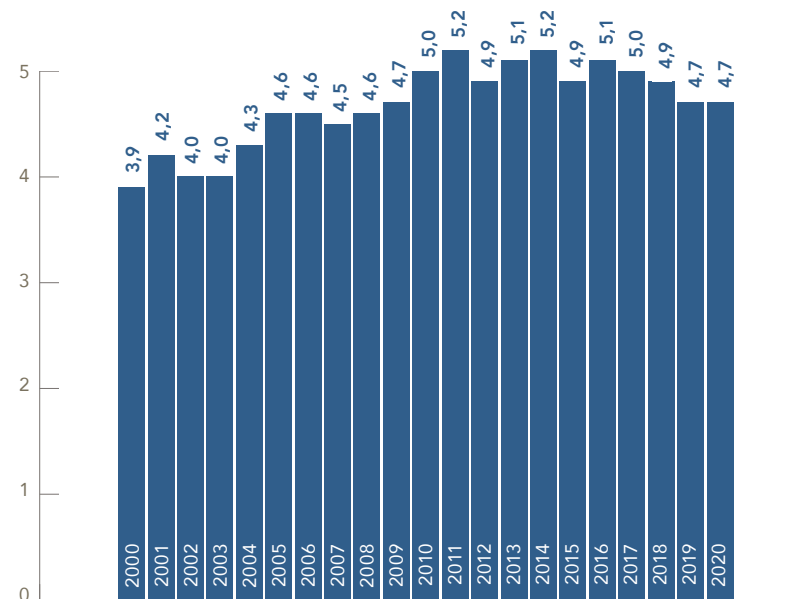
Eine inländische Zementproduktion verhindert zudem eine Auslagerung von Umwelteffekten ins Ausland.

Produktionsstandorte



Zementbedarf in der Schweiz

in Millionen Tonnen

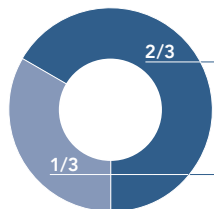


Woher kommt das CO₂?

Der wichtigste Bestandteil von Zement ist der Klinker, der die Bindereaktion des Betons zusammen mit Wasser auslöst. Die Klinkerproduktion ist sehr energieintensiv. Neben den CO₂-Emissionen aus Brennstoffen verursacht sie zudem CO₂-Prozessemissionen, die bei der Kalzinierung, d.h. der Umwandlung von Kalkstein (CaCO₃) zu gebranntem Kalk (CaO) entstehen. Der Kohlenstoff aus dem Kalkstein wird so in die Atmosphäre freigesetzt. Diese Emissionen werden als geogene Emissionen bezeichnet.

Diese prozessbedingten Emissionen lassen sich nicht mit Effizienzsteigerungen des Brennvorgangs oder dem Einsatz von alternativen oder biogenen Brennstoffen senken. Sie sind unmittelbar mit der Herstellung von Zementklinker verbunden. Die Prozessemissionen machen rund zwei Drittel der CO₂-Emissionen pro Tonne Zement aus.

Herkunft der Emissionen

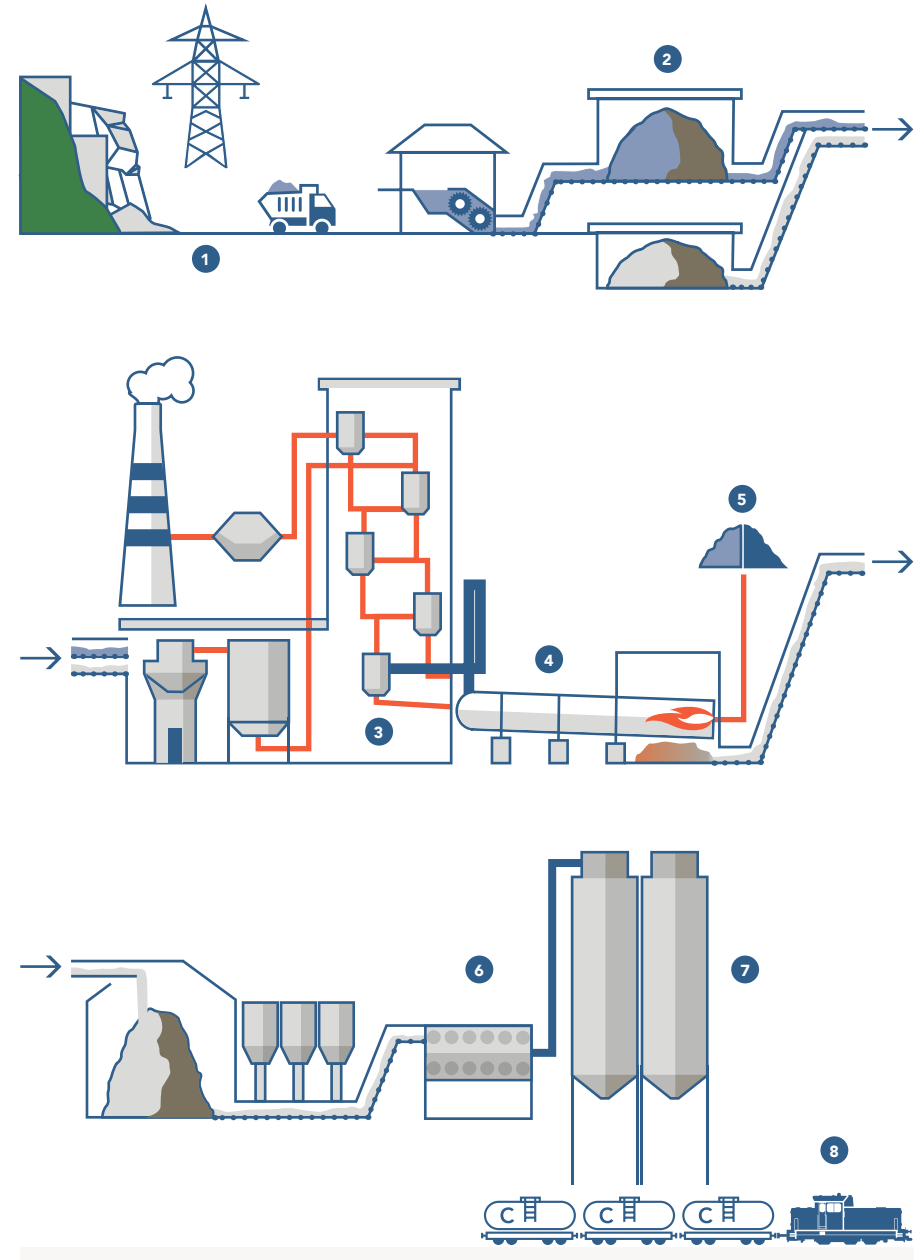


Geogene Emissionen
respektive Prozessemissionen

Restliche Emissionen (beispielsweise
Emissionen von Brennstoffen, Transport
und Elektrizität)

Herstellungsprozess

- 1 Abbau von Rohmaterialien (Kalkstein und Mergel)
- 2 Vorbereitung des Rohmaterials
- 3 Vorheizen des Materials durch Abwärme
- 4 Klinkerbildung im Zementofen bei 1500° C
- 5 Brennstoffe (z.B. Altreifen, Altholz, Klärschlamm, Kunststoffabfälle)
- 6 Mahlen des Klinkers
- 7 Mischen des fertigen Zements
- 8 Transport via Bahn oder Strasse



30 Jahre erfolgreiche CO₂-Reduktion

Die Schweizer Zementindustrie handelt

Die Zementindustrie bekennt sich zu den Schweizer Klimaschutzzielen sowie zur CO₂-Neutralität bis zum Jahr 2050. Ohne die Reduktionen der Zementindustrie hätte die Schweiz die Kyoto-Ziele nicht erreicht. Seit 1990 konnten die gesamten CO₂-Emissionen in der Zementherstellung um 35% gesenkt und pro Tonne Zement um rund 30% gesenkt werden.

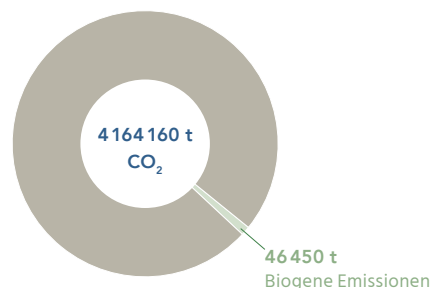
Schweizer Zementindustrie ist innovativ

Sie setzt das weltgrösste Elektrofahrzeug in einem Schweizer Steinbruch ein. Sie nutzt die Bremsenergie von Transportbändern um Strom herzustellen, nutzt Abwärme konsequent aus, versorgt so diverse Gemeinden mit Fernwärme und wird stets digitaler.

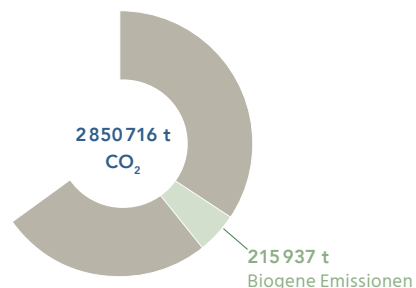
Schweizer Zementwerke gehören international zu den Spitzenreitern

Die Schweiz ist zusammen mit Deutschland und Österreich weltweit führend beim Einsatz von alternativen Brennstoffen. Sie deckt bereits 69,1% der benötigten Brenneenergie durch den Einsatz solcher Brennstoffe.

Emissionen 1990



Emissionen 2019

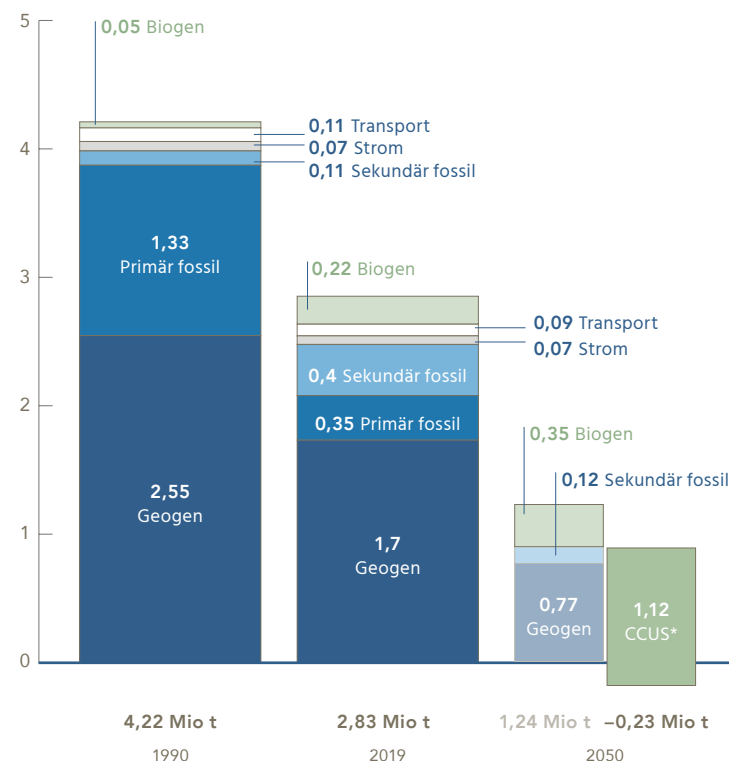


Gesamtemissionen der Zementindustrie

in Millionen Tonnen

Untenstehend sind die bisherigen totalen CO₂-Emissionen der Schweizer Zementindustrie nach Herkunft dargestellt (biogene Emissionen gelten als klimaneutral). Die Emissionen 2050 basieren auf den Annahmen dieser

Roadmap, werden jedoch fast vollständig abgeschieden und gelangen nicht in die Atmosphäre. Nachfolgend wird in dieser Roadmap Kilogramm CO₂ / Tonne Zement verwendet, um die Überlegungen unabhängig von der Produktion darzulegen.



* «Carbon Capture and Storage» respektive «Carbon Capture and Utilization»

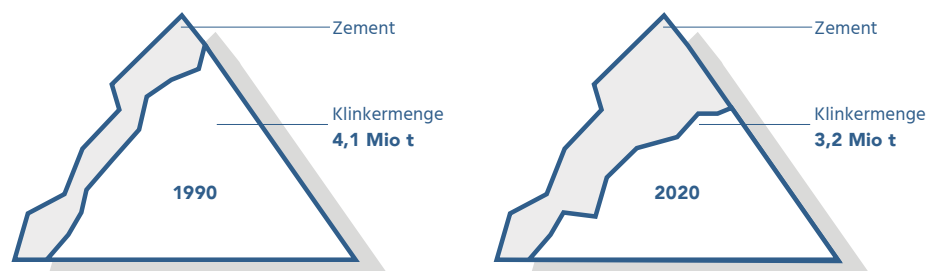
Wie man das geschafft hat

- **Herstellung klinkerreduzierter Zementen**
- **Vermehrte Nutzung von biogenen Brennstoffen**
- **Effizientere Prozesse (z.B. Umstellung von Nass- zu Trocken-Verfahren)**
- **Bessere Mahlprozesse, dadurch weniger Stromverbrauch**
- **Steigerung der thermischen Effizienz von Anlagen**
- **Stetige Verbesserungen bestehender Anlagen durch Automatisierungen und verbesserten Kontrollprozessen**
- **Einsatz von alternativen Rohmaterialien**

Besonders die Reduktion von Klinker im Zement stellt dabei einen grossen Hebel für die Reduktion von Emissionen dar, denn damit verringert man die sogenannten geogenen Emissionen. Diese sind aufgrund der chemischen Reaktion, welche beim Brennen von Kalk entsteht, untrennbar mit der Herstellung von Zement verbunden.

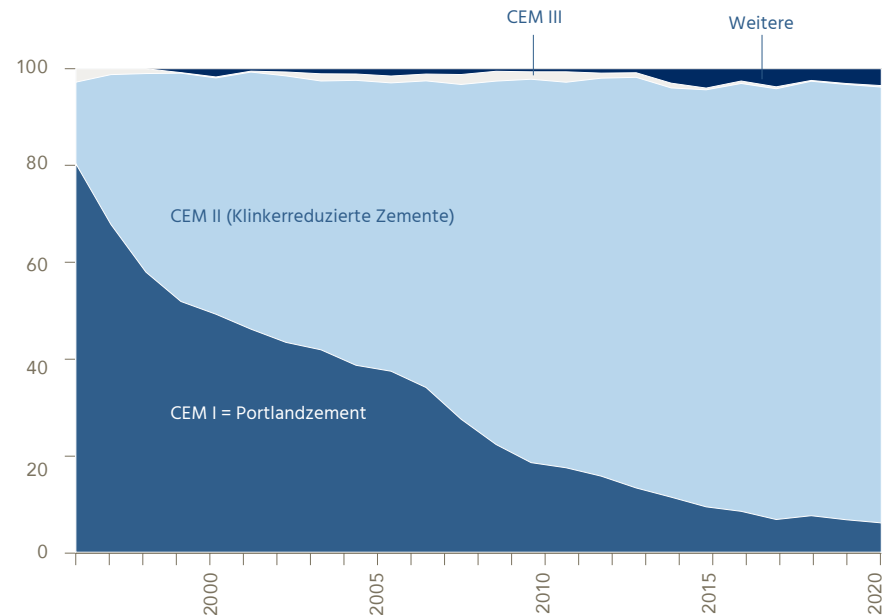
In der Schweiz werden heute fast ausschliesslich klinkerreduzierte Zemente eingesetzt. War vor Jahren Portlandzement CEM I mit 95% Klinkergehalt vorherrschend, so dominieren heute weitgehend CEM II/B. Würde man heute noch die gleichen Zemente nutzen wie 1990, müsste man rund eine Million Tonnen Klinker mehr herstellen.

Klinkermenge, die man heute benötigen würde, wenn man noch dieselben Zemente verwenden würde wie 1990:



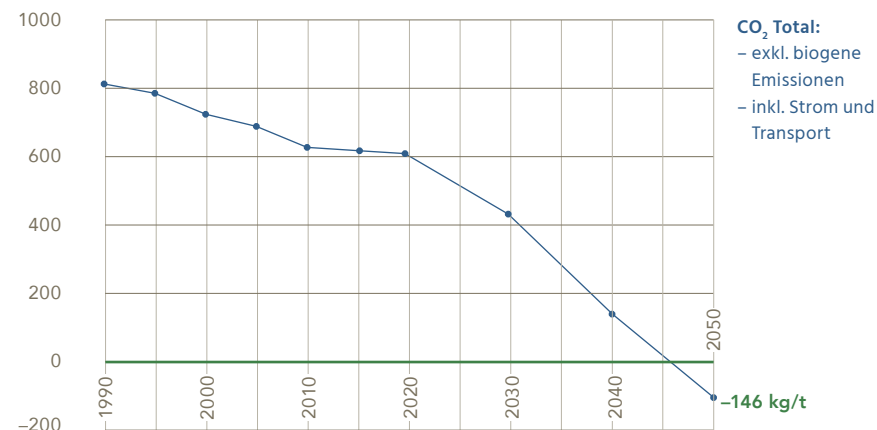
Zementlieferung nach Sorten

Prozentuale Anteile Zementsorten



Absenkipfad Cemsuisse

in kg/t Zement



Annahmen und Grenzen des Modells

Annahmen des Modells für die Zielerreichung bis 2050

Produktion	Dieser Fahrplan basiert auf dem derzeitigen Bedarf an Beton und geht davon aus, dass diese Menge konstant bleiben wird. Reduziert wird jedoch bis 2050 die Klinkermenge im Zement, wie auch die Zementmenge im Beton.
Zement und Beton	CO ₂ -ärmere Formulierungen werden vom Markt akzeptiert und breit eingesetzt.
Transport	Der Verkehr wird bis 2050 nahezu dekarbonisiert sein.
Brennstoffe	Alternative Brennstoffe sind verfügbar und zugänglich, so dass 100% der benötigten Energie durch Ersatzbrennstoffe geliefert werden kann.
Biogene Brennstoffe	Biogene Brennstoffe sind breit verfügbar und decken bis im Jahr 2050 rund 60% der benötigten Brennenergie. Dadurch entstehende und gleichzeitig durch Carbon Capture and Storage entstehende Emissionen sind als negative Emissionen zu betrachten.
Strommix	Der Strommix wird bis 2050 nahezu dekarbonisiert und in ausreichender Menge vorhanden sein.
Energiebedarf	Der Energiebedarf pro Tonne Klinker bleibt konstant.
CCS/CCU	«Carbon Capture and Storage» (CCS) respektive «Carbon Capture and Utilization» (CCU) ist technisch einsetzbar, eine geeignete Infrastruktur für den Transport, die Lagerung und die Nutzung von CO ₂ ist verfügbar bis 2050. Erste Anlagen stehen bereits 2030 zur Verfügung und leisten eine Reduktion. Es wird eine Abscheidgrad von 90% angenommen.
Karbonatisierung	Beton absorbiert während seiner gesamten Lebensdauer auf natürliche Weise CO ₂ und wirkt aufgrund eines Prozesses, der als Karbonatisierung bezeichnet wird, effektiv als Kohlenstoffsenke. Diese Roadmap geht von einer globalen Durchschnittsrate der natürlichen Karbonatisierung von 20% der ursprünglichen geogenen Emissionen aus.
Planungssicherheit	Die Nutzung von mineralischen Rohstoffen in der Schweiz ist langfristig gegeben.

Grenzen des Modells

Kompensationen	Das Modell umfasst ausschliesslich Massnahmen zur direkten Reduktion der Emissionen, Kompensationen in Form von Zertifikaten sind nicht Teil der Roadmap und daher nicht berücksichtigt.
Betonstrukturen	Potentielle Einsparungen von Material durch schlankere Betonstrukturen sind ein wichtiges Einsparpotential bis die Klimaneutralität von Zement erreicht ist. Sie sind jedoch nicht als Massnahme berücksichtigt.
Fokus Zement	Im Modell sind die Massnahmen und Auswirkungen der Zementherstellung betrachtet. Weitere Komponenten in fertigen Bauteilen, wie zum Beispiel Zuschlagstoffe und Stahl, sind in dieser Roadmap nicht berücksichtigt.
Mineralisation	Verfahren, welche die Speicherung von CO ₂ in Beton beschleunigen respektive erhöhen, sind nicht Teil der Überlegungen.
Thermische Effizienz	Einsparungen beim Energieverbrauch von Gebäuden dank dem Einsatz von Beton und somit besserer Isolation von Gebäuden sind nicht eingerechnet.

Berechnungsgrundlagen

Emissionen: Die Werte zu den CO₂-Emissionen beziehen sich auf die Angaben der cemsuisse-Mitglieder. Diese lagen verifiziert für das Jahr 2019 vor.

Produktion: weitere Angaben wie Liefermengen oder Brennstoff-Anteile beziehen sich auf die Angaben der cemsuisse-Mitglieder für 2020.

Zement als Senke

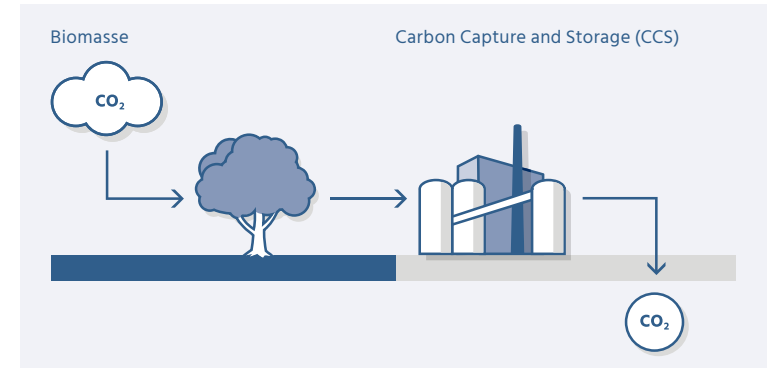
Um in der Klimapolitik das Ziel von Netto-Null zu erreichen, ist bei der Herstellung von Zement die Anwendung von Negativemissionstechnologien – z.B. mittels CCUS – unabdingbar.

Bei «Carbon Capture» wird mittels technischen Verfahren das CO₂ aus dem Abgasstrom am Hochkamin abgeschieden und kann anschliessend verwendet werden. Im Gegensatz zu anderen Verfahren, welche das CO₂ aus der Luft abscheiden, ist die direkte Abscheidung an einer grossen Punktquelle (wie bei einem Zementwerk) einfacher und weniger energieintensiv.

Verwendet man das abgeschiedene CO₂, zählt das Verfahren zu «Carbon Capture and Utilization» (CCU). Das Molekül kann mittels chemischen Prozessen umgewandelt werden und beispielsweise von der chemischen Industrie als Rohmaterial verwendet werden. Die Bandbreite an Produkten ist entsprechend sehr gross und reicht von synthetischen Treibstoffen bis zur Plastikherstellung. Bereits heute arbeitet die Zementindustrie weltweit mit Nachdruck an verschiedenen erfolgversprechenden Projekten.

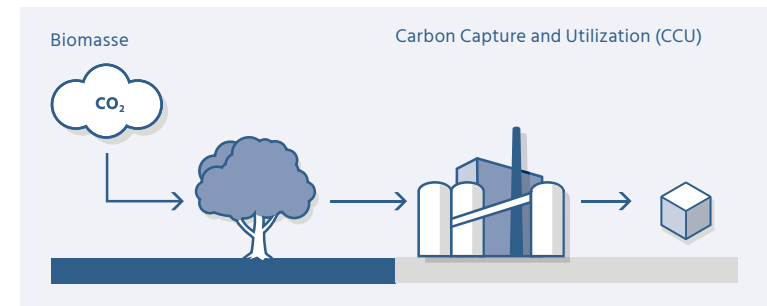
Wird das abgeschiedene CO₂ hingegen langfristig gelagert, spricht man von «Carbon Capture and Storage» (CCS). Dabei wird das Gas in stillgelegte, geologische Lagerstätten (beispielsweise leere Öl- und Gas-Lagerstätten) gepumpt und dort sicher und langfristig gelagert.

Die direkt am Kamin abgeschiedenen Emissionen sind dabei teils aus dem Gestein, also geogenen Ursprungs. Eine dauerhafte Speicherung dieser Emissionen gilt als klimaneutral. Hat das CO₂ jedoch einen biologischen Ursprung (Klärschlamm, Altholz) und wird anschliessend ebenfalls dauerhaft gespeichert, sind diese als negative Emissionen zu werten.



CO₂ wird in grossem Mass in der Natur gebunden, wird jedoch im natürlichen Zyklus auch wieder freigesetzt. Verwendet man in Zementwerken Brennstoffe natürlicher (sprich biogener) Quellen, kann man es

abscheiden und anschliessend sicher in unterirdischen Lagerstätten lagern. Damit wird insgesamt CO₂ der Atmosphäre entzogen, die Zementherstellung wird also eine sogenannte Senke.



Eine langfristige Speicherung funktioniert auch, wenn aus dem rückgewonnenen CO₂ dauerhafte Produkte (z.B. Plastik) hergestellt werden. Auch hier kann die Zement-

industrie ein wichtiger Teil dieser Kette sein. Alternativ können auch synthetische Treibstoffe hergestellt werden, welche jedoch nicht zu einer Senkenleistung führen.

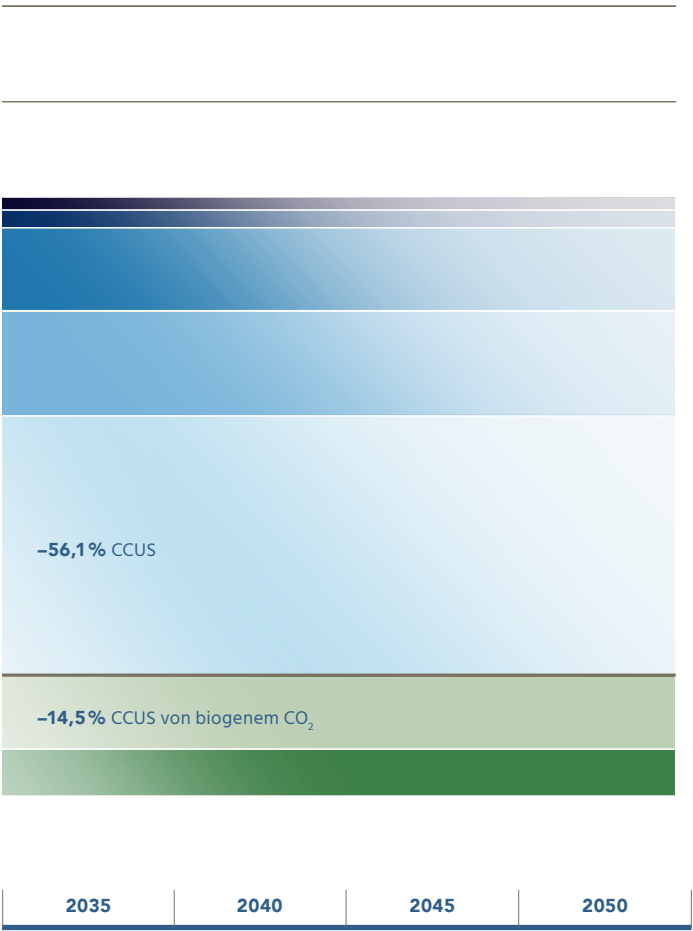
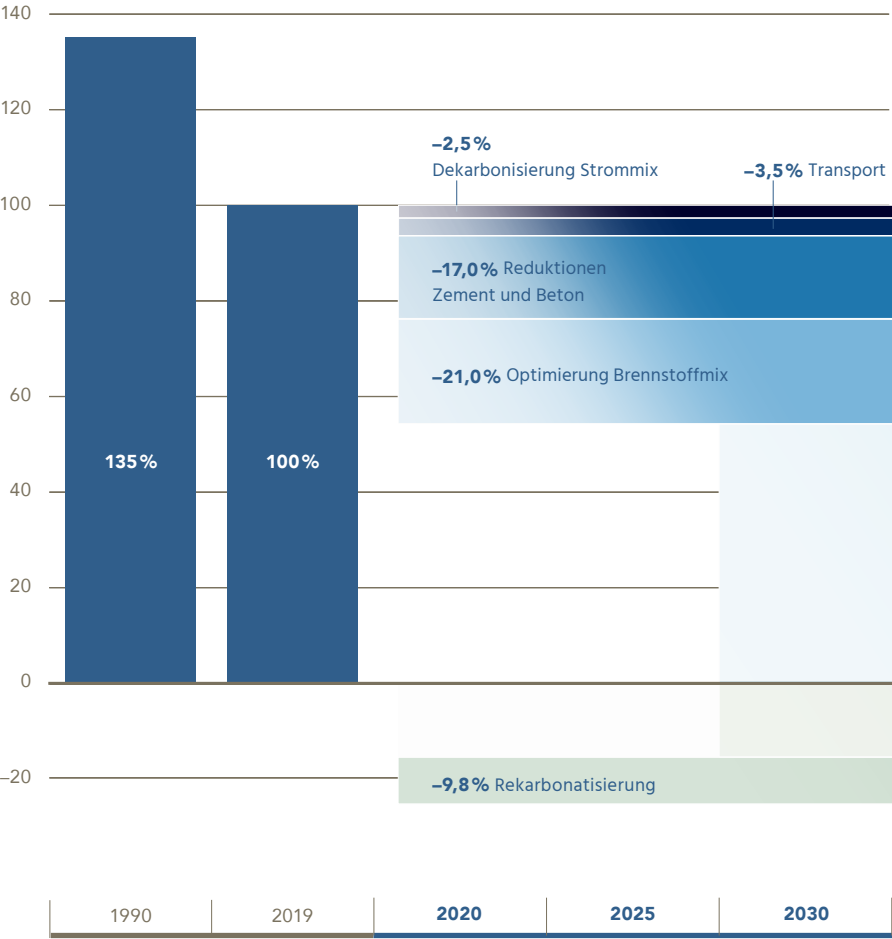
Stellhebel der Zementindustrie

Gesamtemission pro Tonne Zement 2019: 600 kg CO₂



Klimaneutraler Zement

Reduktionen CO₂ / t Zement von 2019 bis 2050



Wie Beton weiter zu einer klimaneutralen Zukunft beiträgt

Thermische Effizienz

Unsere Wohngebäude verbrauchen vor allem beim Heizen und Kühlen Energie. Beton spielt bei modernen Energiesparlösungen eine gewichtige Rolle, denn er speichert durch seine grosse Masse hervorragend Energie.

Recyclingbeton

Recyclingbeton erfreut sich steigender Beliebtheit, denn er schont Schlüsselressourcen wie Kies und wertvolle Deponieräume und schliesst dadurch den Stoffkreislauf nachhaltig.

Mehr Betonrecycling bedeutet weniger Kiesabbau und weniger Deponien bzw. Schonung von Deponievolumina. Die konstante Qualitätssicherung im Rückbau und in der Aufbereitung macht die Beschaffung von qualitativ hochwertigem Betonabbruch erst möglich. Beim Betonabbruch sind hohe Recyclinganteile erreichbar – Beton ist somit unbegrenzt recyclebar.

Nachhaltige Bauweisen

Umweltbetrachtungen sind zudem immer aus einem breiten Blickwinkel heraus vorzunehmen: Kann ein Gebäude beispielsweise umgenutzt werden, lassen sich dadurch Bauabfälle und Deponiematerial vermeiden.

Dies ist deutlich nachhaltiger, als die Reduktion der CO₂-Emissionen pro einzelnen Bauteil, welches eine halb so lange Lebensdauer aufweist.

Rahmenbedingungen und Erfolgsfaktoren

Zugang zu alternativen Brennstoffen

Für die Erreichung des Netto-Null-Ziels ist es zentral, dass die Zementindustrie auch zukünftig Zugang zu ausreichend alternativen Brennstoffen erhält. Dies gilt insbesondere für jene biogenen Ursprungs, da damit eine Senkenleistung in der Zementherstellung ermöglicht wird.

Rahmenbedingungen für bahnbrechende Technologien

Ein weiterer, zentraler Baustein ist die Umsetzung und Skalierung von bahnbrechenden Technologien im Bereich CCS respektive CCU. Dafür braucht es entsprechende politische und juristische Rahmenbedingungen, welche die nötige Planungs- und Investitionssicherheit für solche Projekte garantieren.

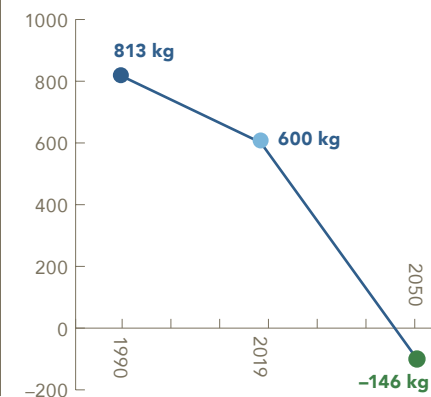
Engagement aller Akteure

Alle beteiligten Akteure müssen an einem Strick ziehen, damit die oben genannten Technologien zum Einsatz kommen. Dies umfasst die gesamte Wertschöpfungskette, aber auch den Staat, welcher beispielsweise mit dem Klimafonds im neuen CO₂-Gesetz Forschung und Entwicklung für solche nachhaltigen Lösungen unterstützen kann.

Planungssicherheit

Zementwerke müssen über Planungssicherheit verfügen, damit Investitionen in die geplanten Schritte auch langfristig Sinn ergeben. Dies betrifft einerseits die Abbaubewilligungen für Rohmaterialien, andererseits auch die geltenden Bedingungen bei der Luftreinhaltung oder den Instrumenten der Klimapolitik (Emissionshandelsystem und entsprechende Grenzausgleichsmassnahmen). Zudem muss gegeben sein, dass das abgeschiedene CO₂ weitertransportiert und verwendet oder gelagert werden kann.

CO₂ pro Tonne Zement



cemsuisse

Verband der Schweizerischen Cementindustrie

Association suisse de l'industrie du ciment

Marktgasse 53, 3011 Bern

T 031 327 97 97, F 031 327 97 70

info@cemsuisse.ch

www.cemsuisse.ch

Ausgabe Mai 2021

