

Wie kann das «Netto-Null»-Ziel bis 2050 für Grosseemittenten im Industriesektor erreicht werden?

Lars Kistler | Abteilung für Umwelt | 062 835 33 60

Um den globalen Temperaturanstieg auf maximal 1,5°C gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen, müssen bis spätestens 2050 die Treibhausgasemissionen auf «Netto-Null» reduziert werden – auch im Kanton Aargau. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen Grosseemittenten in die Pflicht genommen werden.

In der letzten Ausgabe UMWELT AARGAU wurde der erste Teil der Klimastrategie des Kantons Aargau, der sogenannte Klimakompass, vorgestellt (Nr. 87, Seiten 51 bis 54, «Mit dem Klimakompass Richtung Netto-Null»). Um das Ziel Netto-Null zu erreichen, muss der Kanton Aargau seine momentan 4,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr auf null reduzieren. Im Folgenden wird der Fokus auf Grosseemittenten in den Industriesektoren Zement, Kehrlichtverbrennung und chemische Industrie gelegt. Als Grosseemittenten gelten Betriebe, die jährlich mehr als 0,1 Millionen Tonnen CO₂ emittieren. Wie könnten diese Emissionen verhindert werden und wie viel kostet dieser Aufwand etwa?

Übersicht kantonale Emissionsdaten

Der Monitoring-Bericht zu energieAARGAU erschien am 25. November 2020. Mit Hilfe des Modells «ECOSPEED Region» werden die kantonalen Treibhausgasemissionen berechnet. Für das Jahr 2018 belaufen sich die Treibhausgasemissionen auf 4,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Rund 3,8 Millionen Tonnen davon waren CO₂. Davon gelten wiederum rund 82 Prozent oder 3,1 Millionen Tonnen als energetische CO₂-Emissionen. Insbesondere bei den grossen Energieverbrauchern ist ein erheblicher Anteil der CO₂-Emissionen nicht energetisch (hauptsächlich prozessbedingte Emissionen der Zementindustrie).

Von den rund 3,1 Millionen Tonnen energetische CO₂-Emissionen 2018 waren zirka 1,4 Millionen Tonnen ver-

kehrbedingt, 1 Million Tonnen stammen aus der Wirtschaft – Industrie und Gewerbe (inkl. Dienstleistungen und Grossverbraucher) – und 0,7 Millionen Tonnen aus den Haushalten. Im ECOSPEED-Modell nicht einberechnet werden die Emissionen der Kehrlichtverbrennungsanlagen.

Überschaubare Anzahl Grosseemittenten

Neben dem ECOSPEED-Modell steht zusätzlich das öffentlich zugängliche Schadstoffregister «SwissPRTR» (Protocol on Pollutant Release and Transfer Register) zur Verfügung. Ab einem Schwellenwert von 0,1 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr ist ein Unternehmen gesetzlich verpflichtet, diese Emissionen im öffentlichen Schadstoffregister anzugeben (Anhang 2 PRTR-V).

Die direkten Angaben der Unternehmen zeigen, dass im Kanton Aargau jährlich mehr als 1,4 Millionen Ton-

nen CO₂ durch fünf Firmen aus drei Industriesektoren emittiert werden. Das ist mehr als alle Haushalte im Kanton Aargau zusammen. Mehr als 1 Million Tonnen werden dabei nur durch die beiden Zementwerke emittiert. Rund 0,7 Millionen Tonnen davon sind prozessbedingt. Diese Emissionen entstehen dadurch, dass es beim Brennvorgang durch die Kalzinierung des Kalksteins zu Branntkalk zu einer Freisetzung von CO₂ kommt. Diese Emissionen können bei gleichbleibender Produktionsmenge folglich nicht vermindert werden.

«Netto-Null»-Zielsetzung: Wie soll reduziert werden?

Dem Klima ist es reichlich egal, ob Emissionen prozessbedingt (nicht energetisch) oder energiebedingt (energetisch) sind. Möchte man das «Netto-Null»-Ziel erreichen und damit die Klimaerwärmung auf 1,5°C begrenzen, sind die CO₂-Emissionen der Grosseemittenten auf «Netto-Null» zu reduzieren. Das Erreichen von «Netto-Null» Emissionen für Unternehmen stützt sich auf zwei Bedingungen:

- Reduktion energetischer Emissionen
- Reduktion von prozessbedingten Emissionen

Was sind CO₂-Äquivalente?

CO₂-Äquivalente sind eine Masseinheit, die den Effekt aller Treibhausgase aufs Klima vergleichbar machen will. Die verschiedenen Treibhausgase tragen unterschiedlich stark zum Treibhauseffekt bei und halten sich unterschiedlich lang in der Erdatmosphäre. Methan und Lachgas beispielsweise sind sehr viel klimaschädlicher als CO₂.

Wie viel schädlicher ist nun Methan wirklich? Das kann man mithilfe von CO₂-Äquivalenten berechnen: Man vergleicht die Wirkung einer Tonne CO₂ mit jener von einer Tonne Methan – meistens über einen Zeitraum von 100 Jahren. Eine Tonne Methan ist rund 25-mal klimaschädlicher als eine Tonne CO₂. Eine Tonne Methan entspricht also zirka 25 Tonnen CO₂-Äquivalenten.

Für die Reduktion braucht es entsprechende Technologien. Dies soll am Beispiel der Emissionen der Zementindustrie aufgezeigt werden. Während man das Ziel bei den energetischen Emissionen über die klassischen Methoden wie Energieeffizienz, Einsatz alternativer Brennstoffe oder sogar eine Elektrifizierung der Zementproduktion erreichen kann, geht es bei den Zementwerken vor allem um die prozessbedingten Emissionen. Die technologische Lösung für diese Emissionen ist eine Abscheidung des CO₂-Gases aus der Abluft der Zementfabriken, das sogenannte Carbon Capture.

Carbon Capture

Es gibt eine Reihe von technischen Möglichkeiten, CO₂ aus der Abluft von Zementwerken abzutrennen. In erster Linie wird unterschieden zwischen «Pre-Combustion» (Vorverbrennung), «Post-Combustion» (Nachverbrennung) und «Oxyfuel» (Verbrennung mit reinem Sauerstoff). Diese technischen Möglichkeiten sind unterschiedlich fortgeschritten. In Pilotprojekten konnten bisher die verschiedenen Technologien

Energetische und nicht energetische CO₂-Emissionen

Im Berechnungsmodell des Kantons Aargau wird zwischen energetischen und nicht energetischen CO₂-Emissionen unterschieden. Energetische Emissionen sind Emissionen, die beim Einsatz eines Energieträgers (durch Verbrennungsprozesse) entstehen. Die nicht energetischen Emissionen stammen vorwiegend aus industriellen Prozessen und der Landwirtschaft (Tierhaltung und Bodennutzung). Insbesondere bei den grossen Energieverbrauchern ist ein erheblicher Anteil der CO₂-Emissionen «nicht energetisch» – dies sind dann vor allem prozessbedingte Emissionen.

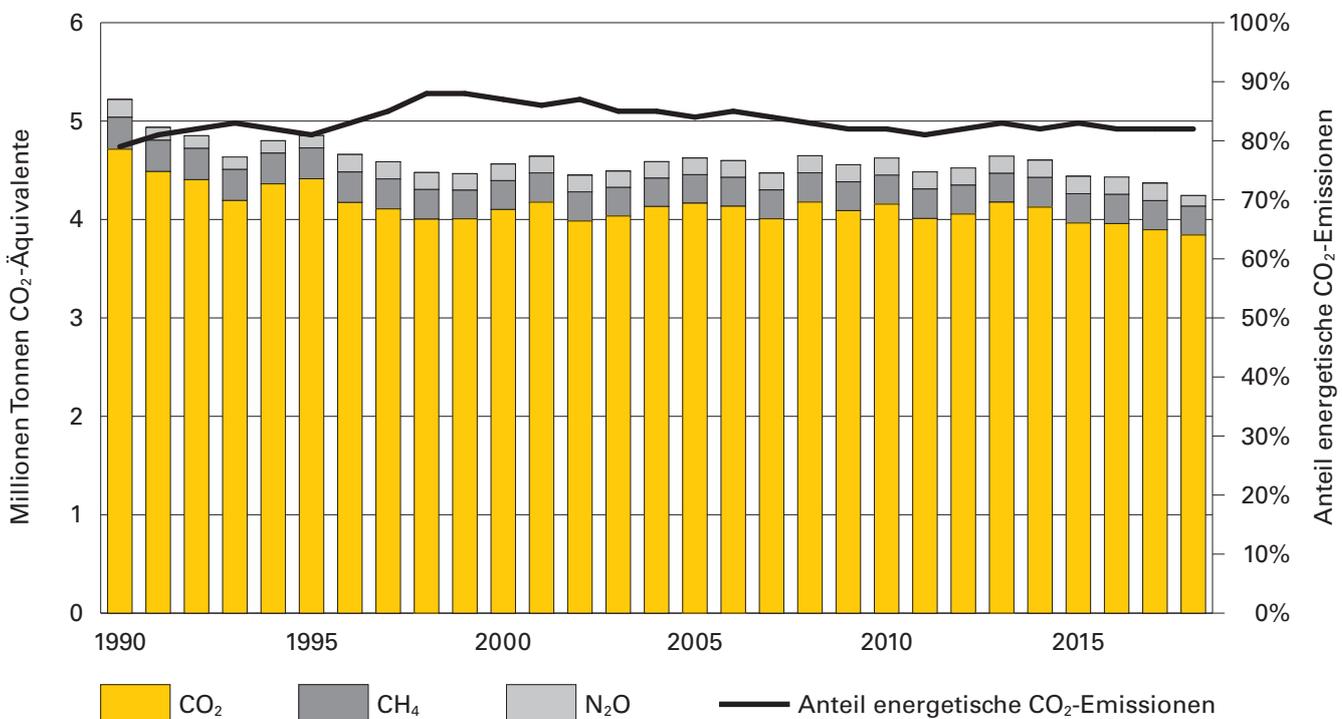
In der Zementindustrie sind beispielsweise rund zwei Drittel der CO₂-Emissionen prozessbedingt. Diese Emissionen entstehen dadurch, dass es beim Brennvorgang durch die Kalzinierung des Kalksteins zu Branntkalk zu einer Freisetzung von CO₂ kommt. Da es sich um rohstoffbedingte Prozessemissionen handelt, lassen sich diese nicht vermeiden. Die Emission ist bei der Herstellung von Zement gegeben.

Genau gleich ist die Thematik bei den Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). Das Verbrennen von Abfall verursacht CO₂, daher kann man sagen, dass bei den KVAs alle CO₂-Emissionen prozessbedingt sind.

erfolgreich getestet werden. Kommerziell verfügbar ist aber erst eine dieser Technologien. Dabei handelt es sich um ein Post-Combustion-Verfahren, wo das Abgas mit Monoethanolamin (MEA) gewaschen wird. Das MEA kann dabei bei Temperaturen von zirka 40°C und erhöhtem Druck von rund acht

Bar CO₂ chemisch absorbieren. In einem nächsten Schritt kann diese Absorptionsreaktion mit hohen Temperaturen und niedrigem Druck umgekehrt werden, sodass man das gereinigte absorbierte CO₂-Gas isolieren kann. Die Abscheidungsrate beträgt dabei 90 Prozent.

Kantonale Treibhausgasemissionen seit 1990



Rund 3,8 Millionen Tonnen CO₂ (oranger Anteil im Balkendiagramm) wurden 2018 im Kanton Aargau emittiert. Davon gelten zirka 82 Prozent als «energetische CO₂-Emissionen». Das sind Emissionen, die beim Einsatz eines Energieträgers (durch Verbrennungsprozesse) entstehen und reduzierbar sind.

Quelle: Monitoring-Bericht 2020

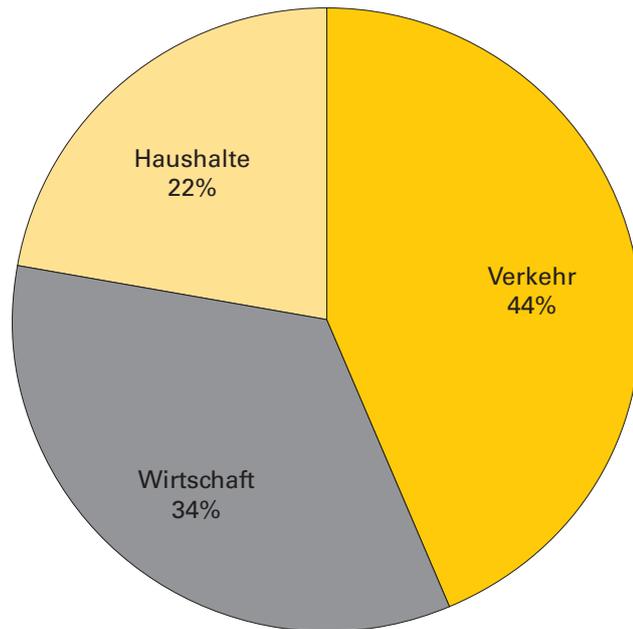
Speicherung des Kohlenstoffdioxids (Storage)

Wenn man das CO₂ abgetrennt hat, stellt sich die Frage, wohin damit? Über 1 Million Tonnen potenziell abcheidbare CO₂-Emissionen pro Jahr im Kanton Aargau – das sind gewaltige Mengen, für die es Platz braucht. In der Schweiz wurden bereits Abschätzungen zum Potenzial für die CO₂-Sequestrierung (behälterlose Einlagerung in tiefen unterirdischen Gesteinsschichten) gemacht. Es ist allerdings unwahrscheinlich, dass grössere Speicher vor 2050 eröffnet werden können. Daher muss dieser Speicherplatz ausserhalb der Schweiz gefunden werden – beispielsweise in Norwegen, 3000 Meter unter dem Meer. Norwegen hat bereits mehr als 20 Jahre Erfahrung mit der Speicherung von CO₂ im norwegischen Kontinentalschelf und mit einem Speicherpotenzial von 70 Milliarden Tonnen CO₂ auch mehr als genug Platz. Im Rahmen des «Northern Lights»-Projektes wird europäischen Unternehmen angeboten, ihr CO₂ zu einem «Onshore terminal» an der Norwegischen Westküste zu verschiffen, wo es zur Endlagerung sicher und bleibend unter dem Meeresboden von Norwegen eingelagert wird.

Herausforderungen beim Transport und Kostenbewältigung

Bevor das CO₂ verschifft werden kann, muss es zuerst an die Nordsee gelangen, dies ist eine weitere Herausforderung. Für den Transport von einer Million Tonnen abgeschiedenes CO₂ aus den Aargauer Zementwerken

Energetische CO₂-Emissionen im Kanton Aargau nach Verbraucherguppen im Jahr 2018



Gemäss ECOSPEED Region wurden für das Jahr 2018 rund 3,1 Millionen Tonnen energetische CO₂-Emissionen berechnet. Der Verkehr ist dabei der Hauptemittent mit zirka 1,4 Millionen Tonnen CO₂. Quelle: Monitoring-Bericht 2020

bräuchte es etwa 7860 Kesselwagen à 111 Kubikmeter pro Jahr, um das CO₂ über die Schienen nach Norwegen zu bringen. Schweizweit wird der Schienenverkehr diese enormen Mengen langfristig nicht bewältigen können, sodass die logische Schlussfolgerung der Bau einer CO₂-Pipeline analog der Gastransitleitung Holland-Italien bedeuten würde.

Die Kosten der kommerziell verfügbaren MEA-Technologie belaufen sich auf ungefähr 74 Franken pro Tonne

vermiedenes CO₂. Für den Transport auf Schienen nach Rotterdam kommen weitere 78 Franken pro Tonne CO₂ dazu. Zirka 47 Franken pro Tonne CO₂ müssen zusätzlich für die Verschiffung und die Einlagerung gerechnet werden. Die Kosten für die Abscheidung könnten durch effizientere, aber noch nicht kommerziell verfügbare Technologien bis auf 40 Franken pro Tonne CO₂ reduziert werden. Mit Pipelines bis Rotterdam könnten die Transportkosten auf zirka 26 Franken

Grossemittenten im Kanton Aargau im Jahr 2018

Inhaberin	Schadstoff	Luft (kg/a)
GEKAL Buchs	Kohlendioxid	157'027'220
KVA Turgi	Kohlendioxid	134'263'837
DSM Nutritional Products AG	Kohlendioxid	99'159'013
Jura-Cement-Fabriken	Kohlendioxid	496'205'000
Holcim (Schweiz) AG	Kohlendioxid	527'374'000
Total		1'414'029'070

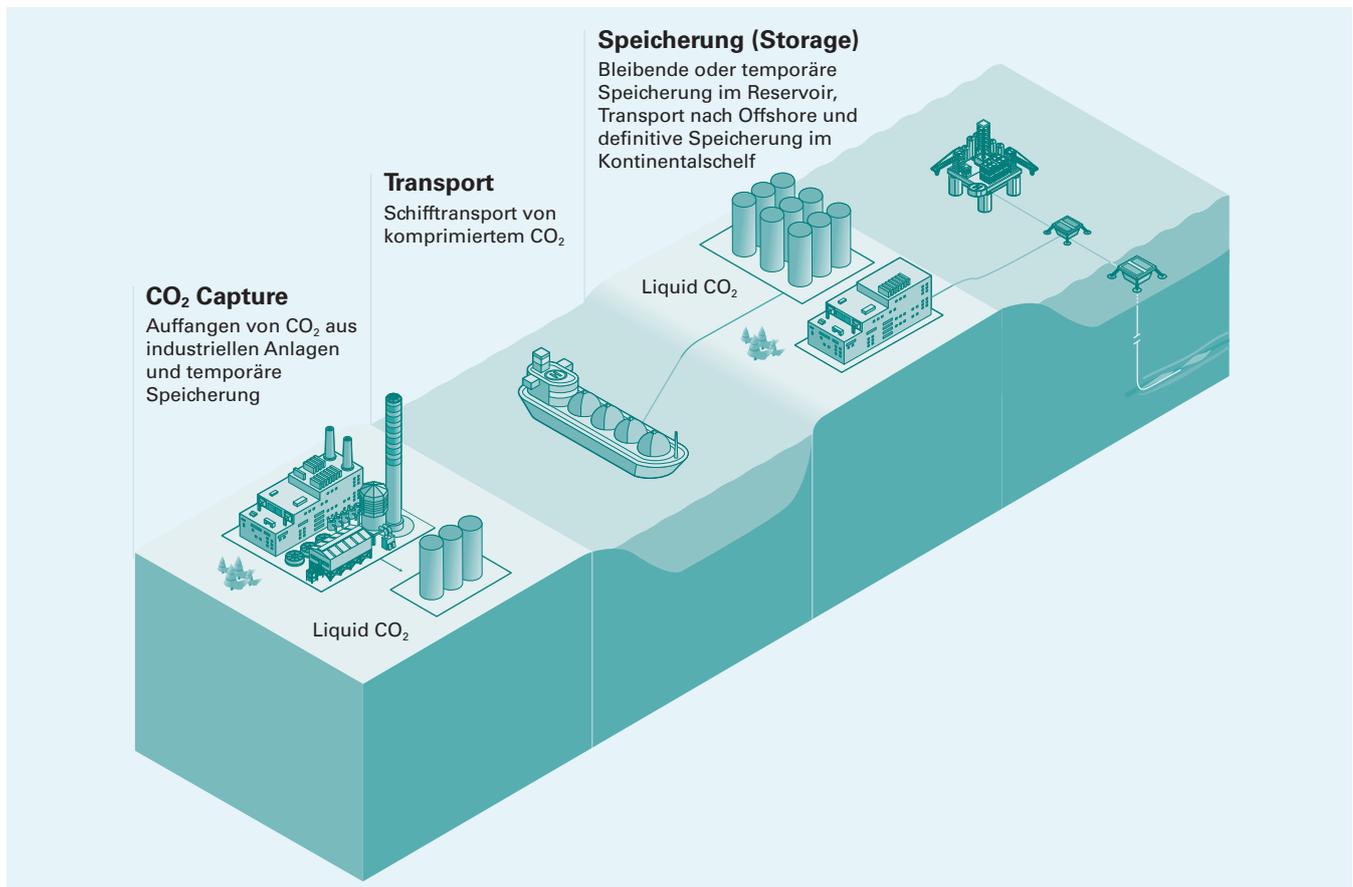
Ab einem Schwellenwert von 0,1 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr ist ein Unternehmen gesetzlich verpflichtet, diese Emissionen im öffentlichen Schadstoffregister anzugeben.

pro Tonne CO₂ reduziert werden. Würden für die Einlagerung statt Schiffe ebenfalls Pipelines verwendet, würde der Transport von Rotterdam ins «Endlager» nur noch 23 Franken pro Tonne CO₂ kosten. Zusammengefasst heisst das, dass sich je nach Technologie und Transportmethode die totalen Kosten auf 89 bis 199 Franken pro Tonne CO₂ belaufen. Der aktuelle Marktpreis für ein Zertifikat für eine Tonne emittiertes CO₂ liegt bei 66 Franken. Ein Zertifikat berechtigt zum Ausstoss von einer Tonne CO₂. Daher ist es für die Unternehmen aktuell nicht wirtschaftlich, diese Emissionen zu vermeiden. Konkrete Pläne von CO₂-Auffangananlagen für Grosse mittlen gibt es im Kanton Aargau noch keine. Die Zukunft diesbezüglich ist noch ungewiss. Fakt ist aber: Will man das «Netto-Null»-Ziel in der Schweiz erreichen, müssen Grosse mittlen CO₂-Emissionen gezwungenermassen vermeiden. Die «Carbon Capture and Storage»-Technologien sind dabei unverzichtbar.



Bau des Schweizer Teilstücks der Gastransitleitung Holland-Italien: Das Schweizer Teilstück dieser Gasleitung hatte man damals nach einer Planungs- und Bauzeit von rund drei Jahren am 8. April 1974 eingeweiht. Wird für das «Netto-Null»-Ziel ein ähnliches Infrastrukturprojekt nötig sein?

Quelle: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



«Carbon Capture and Storage»-Prozess: In der Schweiz wird es vor 2050 keine grösseren Speichermöglichkeiten für CO₂ geben. Im Rahmen des «Northern Lights»-Projekttes können europäische Unternehmen ihr CO₂ im norwegischen Kontinentalschelf einlagern.

Quelle Equinor.com