

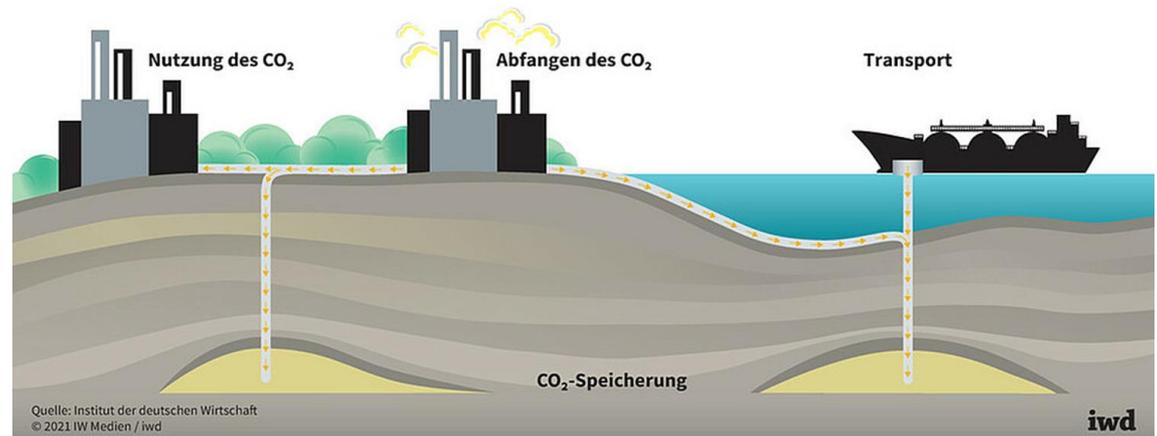
Lösung des CO₂-Problems der Industrie durch Speicherung im Meeresboden?

Josef Waltisberg, dipl. Ing. ETH

Donnerstag, 24.10.2024



CO₂-Speicherung und -Nutzung



Waltisberg
Consulting

Erweiterte Version
mit
Zusatzinformationen



KANTONSSCHULE WOHLLEN

Das Thema: Einlagerung von CO₂ im Boden

Weltklima-Rat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change):

«Die internationalen Klimaziele werden nur dann erreicht, wenn CO₂ auch aus der Atmosphäre entfernt *) und im Boden eingelagert wird.»

***) Anmerkung JW: bzw. in den Emissionen abgefangen und nicht in die Atmosphäre gelangt**



Der Schweizer Bundesrat entschied im November 2023:

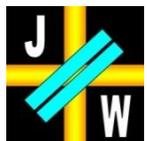
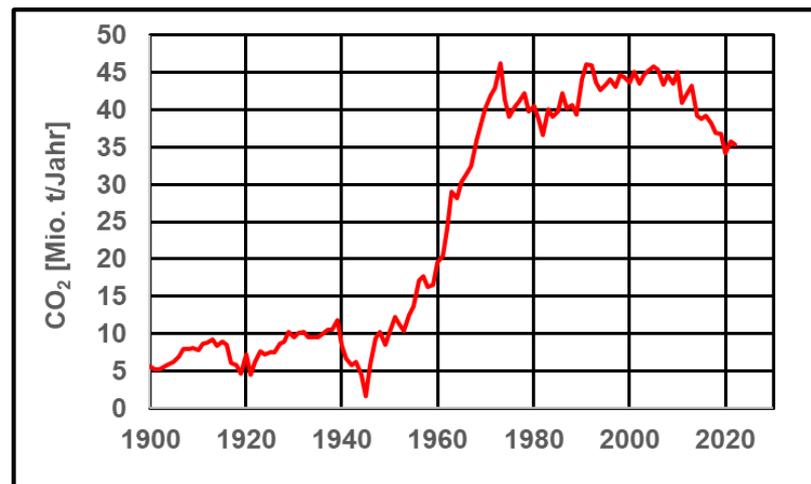
- **Die Schweiz darf ab 2024 CO₂ exportieren und unter dem Meer einlagern**
- **Die Speicherung ist klimapolitisch unumgänglich, um die internationalen und nationalen Klimaziele zu erreichen.**



Unvermeidbare Emissionen



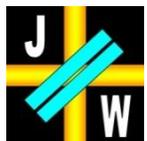
- CO₂-Emissionen Schweiz (2021): 35 Mio. [t] globalcarbonatlas.org 2021
- Die Schweiz wird den CO₂-Ausstoss bis 2050 nicht auf null reduzieren können. Das BAFU (Bundesamt für Umwelt) rechnet damit, dass rund 12 Millionen Tonnen CO₂ oder rund ein Viertel des heutigen Ausstosses **unvermeidbar** ist.
- Von diesen zwölf Millionen Tonnen sind sieben Millionen direkt aus der Luft zu filtern. Fünf Millionen Tonnen können aus Industrieabgasen (Zementwerke und Kehrlichtverbrennungsanlagen) abgeschieden werden.





Warum ist der CO₂-Ausstoss bei der Zementproduktion so hoch?

Hinweis:
Publizierte Zahlen sind je nach Quelle leicht unterschiedlich



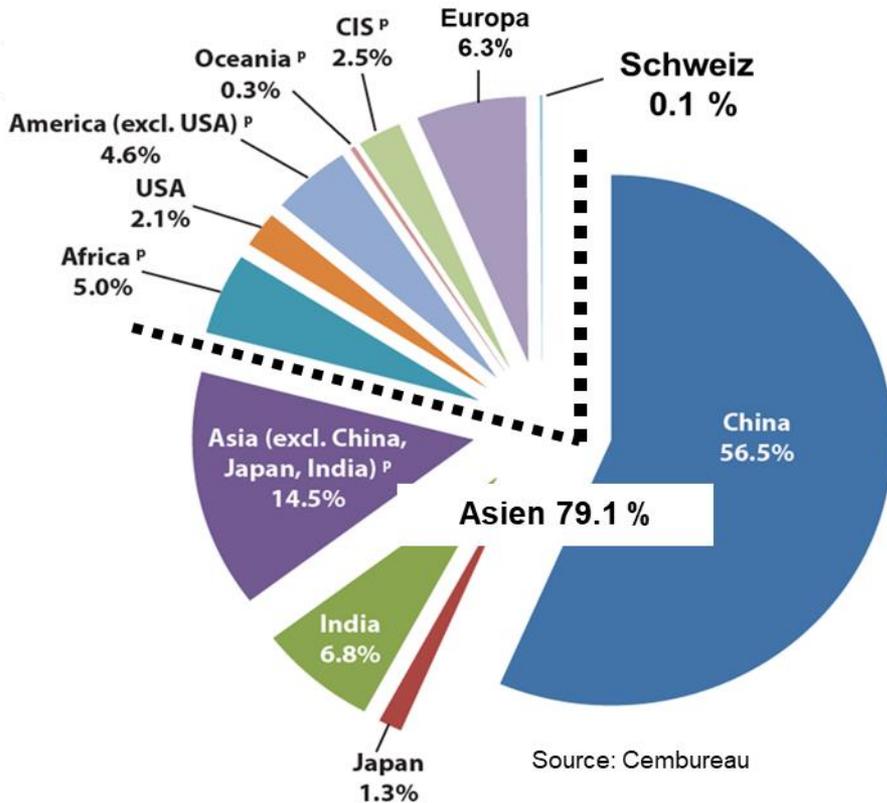
Zement weltweit



Zementproduktion: ~ 4.1 Mia. [t]

CO₂-Emission: ~ 2.8 Mia. [t]

~ 7 - 8 [%] des totalen
CO₂-Ausstosses der Welt



Gesamtemissionen an CO₂
Wäre die Zementindustrie ein Land (2019)

1. China 10.71 Mia. [t]
2. USA 4.82 Mia. [t]
3. **Zement** 2.8 Mia. [t]
4. Indien 2.46 Mia. [t]



.....
Schweiz 0.04 Mia. [t]

Carbon Dioxide Information Center; Nur CO₂ (2019)

Schweizer Zementindustrie (2021)
2.45 Mio. [t/Jahr]
(7.0 [%] der CO₂-Emission
Schweiz)



CO₂-Bildung aus dem Rohmaterial (Kalzinierung)

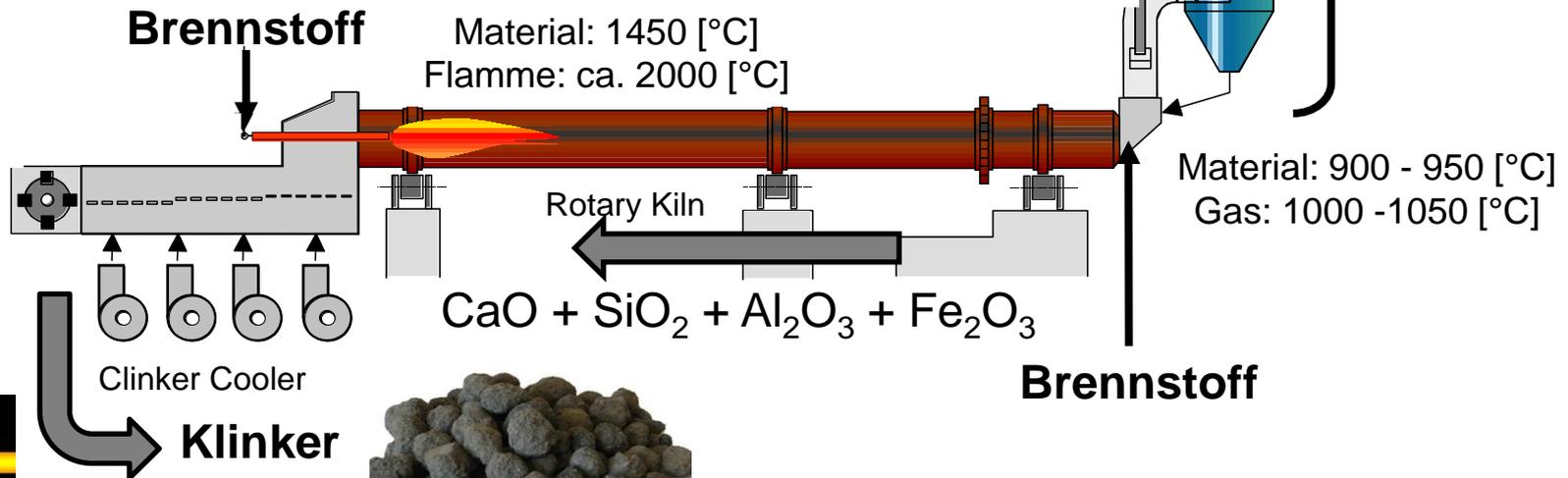
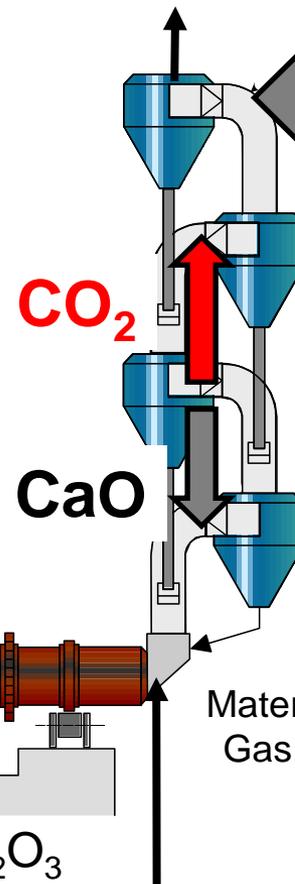
CO₂ – Bildung im Zementofen

Brennstoff: Verbrennung $C + O_2 \rightarrow CO_2$
 ca. 100 bis 150 [kg/kg Klinker]
 → ca. 1/3 der CO₂-Emission

Rohmehl: Kalzinierung $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
 ca. 500 bis 550 [kg/kg Klinker]
 → ca. 2/3 der CO₂-Emission

Rohmehl
 gemahlenes
 Rohmaterial
 ca. 77 [%]
CaCO₃

Kalzinierung
CaCO₃
 → **CaO + CO₂**



CO₂-Reduktion zwischen 1990 und 2020



Reduktion durch:

1. Schliessen von Werken mit veralteten Produktionsmethoden + Prozessverbesserungen
2. Einsatz von «Alternativen Brennstoffen»
3. Reduktion von Klinkeranteil im Zement



CO₂-Reduktion; Schliessen von Werken



- Zwischen 1992 und 2013 wurden in der Schweiz von 13 Zementwerken 7 geschlossen; meistens veraltete Produktionsverfahren (Beispiele: Olten, Roche, Brunnen, Thayngen, ...)
- Heute (2024) gibt es noch folgende Werke
 - 1: Holcim (Suisse) SA, Eclépens
 - 2: Juracime SA, Cornaux
 - 3: Vigier Cement AG, Péry
 - 4: Jura-Cement, Werk Wildegg
 - 5: Holcim (Schweiz) AG, Siggenthal
 - 6: Holcim (Schweiz) AG, Untervaz



Hürlimann Zement, Brunnen



Zementwerk Thayngen



CO₂-Reduktion über «alternative» Brennstoffe



CO₂ kann durch alternative Brennstoffe («Abfälle») reduziert werden:

- Alternative Brennstoffe («Abfälle») haben in der Regel einen geringeren C-Gehalt und emittieren daher weniger CO₂; $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- Alternative Brennstoffe haben Anteile von sogenanntem biogenem Kohlenstoff. Der CO₂-Ausstoss dieses Anteils wird nicht gezählt.



Altöl



Lösungsmittel



Altreifen



Fleischmehl



Plastik



Klärschlamm



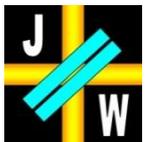
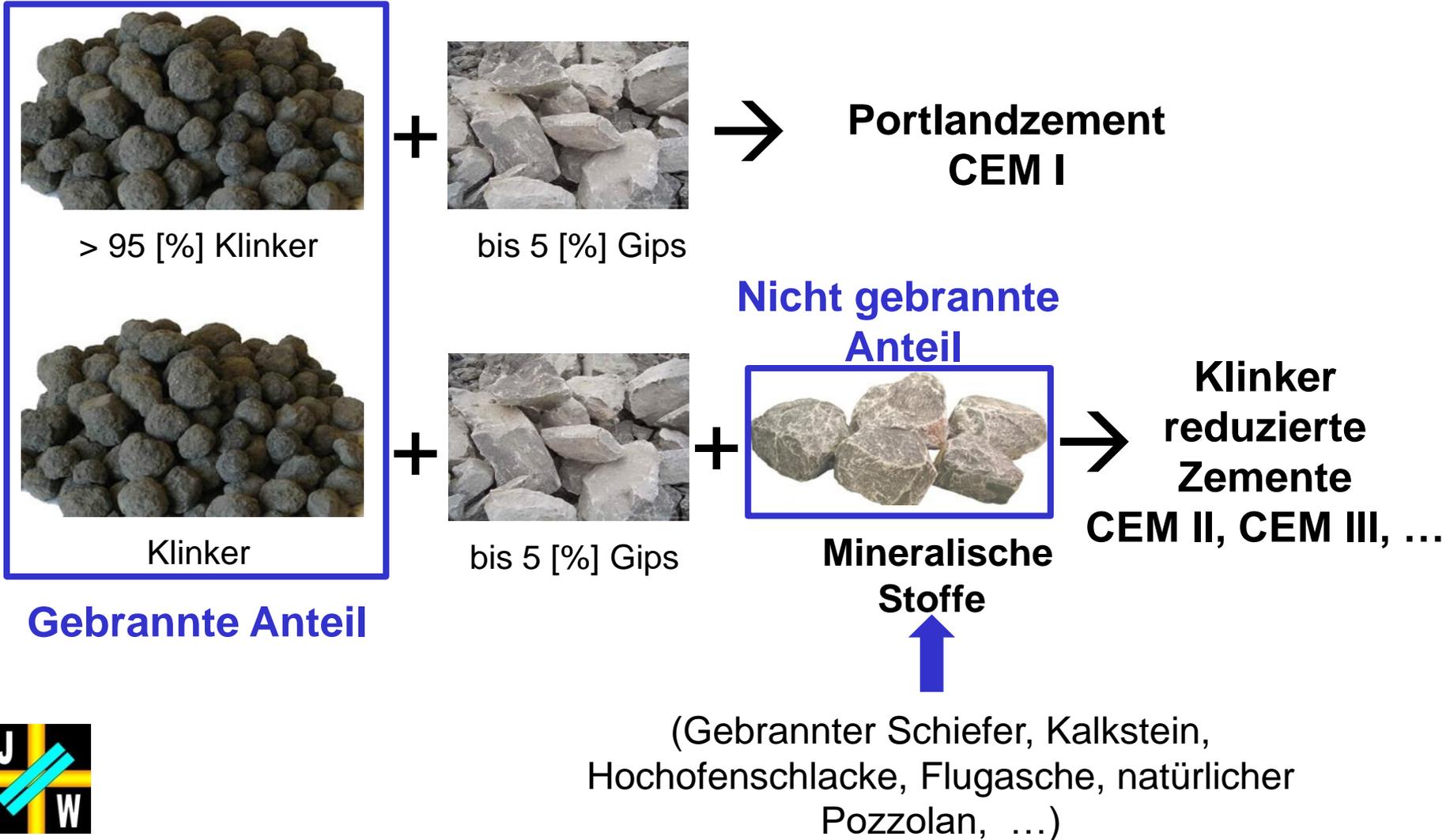
Altholz

Biogen sind Stoffe, die durch lebende Organismen in natürlichen Prozessen entstanden sind und nicht aus fossilen Ressourcen herrühren. Biogenes CO₂ entsteht bei der Verbrennung von Biomasse (z.B. Holz) oder von Biomasseanteilen.

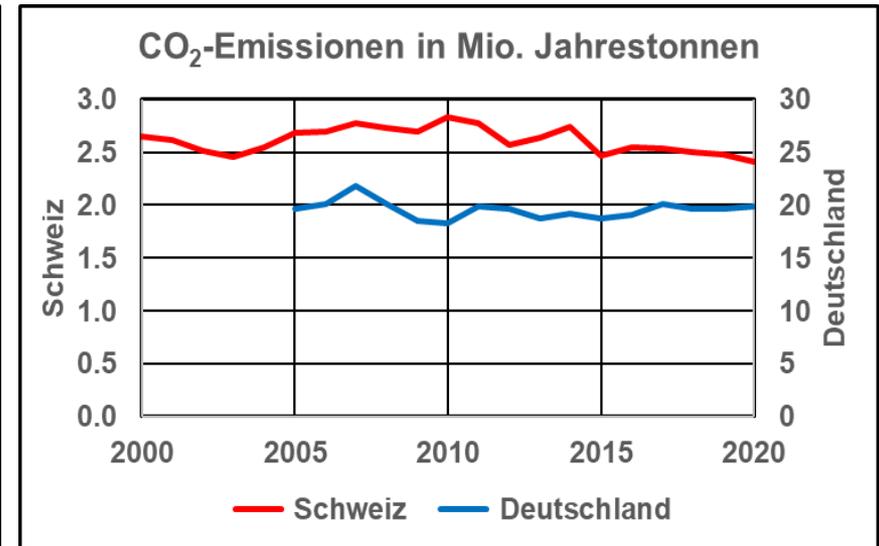
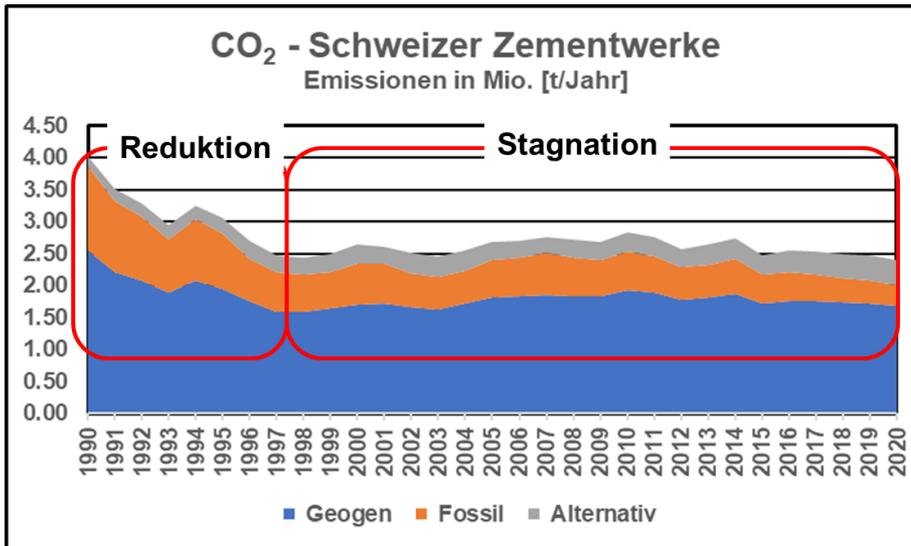
Einfluss nur auf ~ 1/3 der CO₂-Emissionen!



Reduktion des Klinkeranteils im Zement



Erfolg dieser Massnahmen von 1990 bis 2020



Reduktion: 39.2 [%]

1990: 4.03 Mio. [t CO₂/Jahr] (Bezugsjahr der Vereinbarungen)

2021: 2.45 Mio. [t CO₂/Jahr]

Stopp von Fabriken +
Prozessverbesserungen
Alternative Brennstoffe
Reduktion des Klinkers

+ Zementproduktion = ± 0





Geplante CO₂-Reduktionen der Schweizer Zementindustrie 2020 – 2050

- Verschiedene Branchen haben «Roadmaps», etc. veröffentlicht oder sind Vereinbarungen eingegangen
- Beispiele Schweiz
 - ▶ Schweizer Zementindustrie (cemsuisse)
 - ▶ Schweizer Branchenverband der Kehrrechtverwertungsanlagen
 - ▶



Roadmap cemsuisse 2020 - 2050



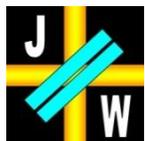
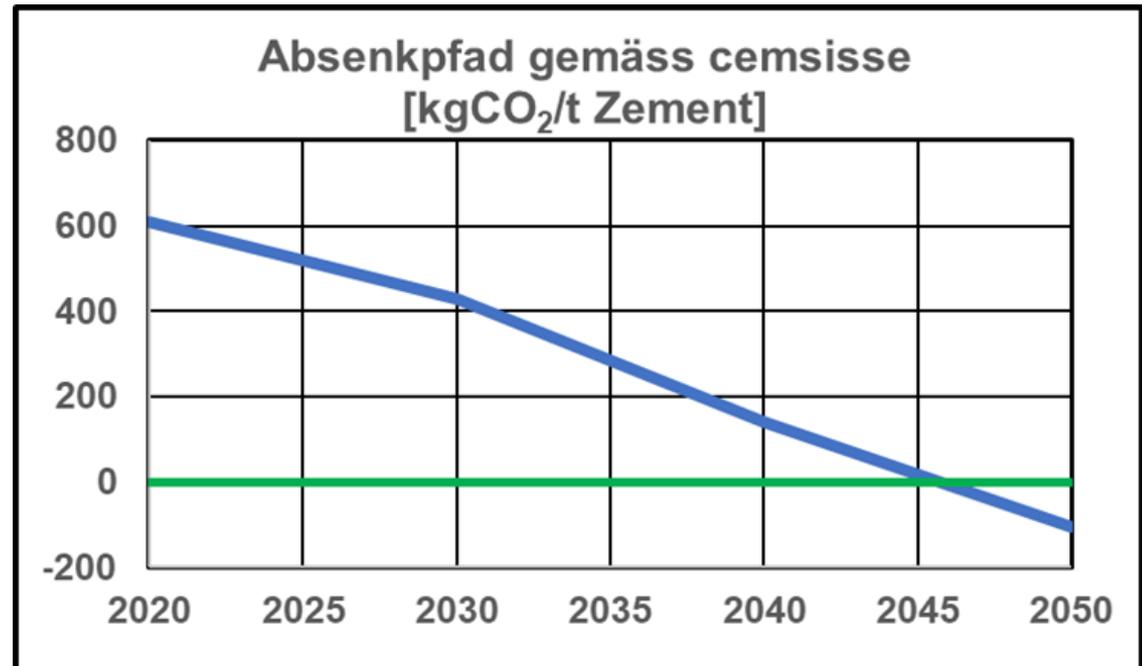
Reduktion gemäss Roadmap	CO ₂ - Reduktion	
	[kg/t Zement]	Mio. [t/Jahr] *)
1. Brennstoffe	-125.8	-0.53
2. Neue Zementsorten und Beton	-101.9	-0.43
Transport	-21.0	-0.09
Elektrizität	-15.1	-0.06
Rekarbonatisierung	-58.6	-0.25
3. CCS/CCU	-423.7	-1.79
TOTAL	-746.1	-3.14

1.36 Mio.
[t/Jahr]



**cem⁺
suisse**
Verband
der Schweizerischen
Cementindustrie

*) Bezogen auf die Jahresproduktion
2019 von 4.214 Mio. [t] Zement



Geplante Reduktionsmassnahmen 2020 – 2050



1. Brennstoffe:

Steigerung der Alternativen von heute 79 auf 100 [%] und Steigerung der biogenen Brennstoffe

→ **Sehr schwierig zu realisieren**

- ▶ Man hat schon heute Probleme diesen Anteil zu steigern
- ▶ Meldung Radio Argovia vom 28.06.2024 08:00

Neue Anlage für Brennstoffe bei Holcim in Siggenthal, in Betrieb 2028 (nach Würgerbauer); 70 – 100 Mio. CHF

Reduktion von CO₂ von 450'000 auf 420'000 [t/Jahr] (Reduktion ~ 6.7 [%])

2. Neue Zementsorten und Beton

Für alle «neuen» Zementarten gilt: Solange sich die mindestens gleichwertige Leistungsfähigkeit dieser sogenannten Öko-Zement nicht aufzeigen lässt, werden die heutigen Zemente weiterhin das massgebliche Baumaterial bleiben.

Es ist **schwierig abzuschätzen**, welche Bedeutung die neuen Zemente (Ökozemente) bis 2050 erreichen und welche CO₂-Reduktionen zu erwarten sind.





3. CCS und CCU: - 423.7 [kg/t Zement] oder -1.79 Mio. [t/Jahr]

CCU: Carbon Capture and Utilization
(Kohlenstoffabscheidung und Nutzung)

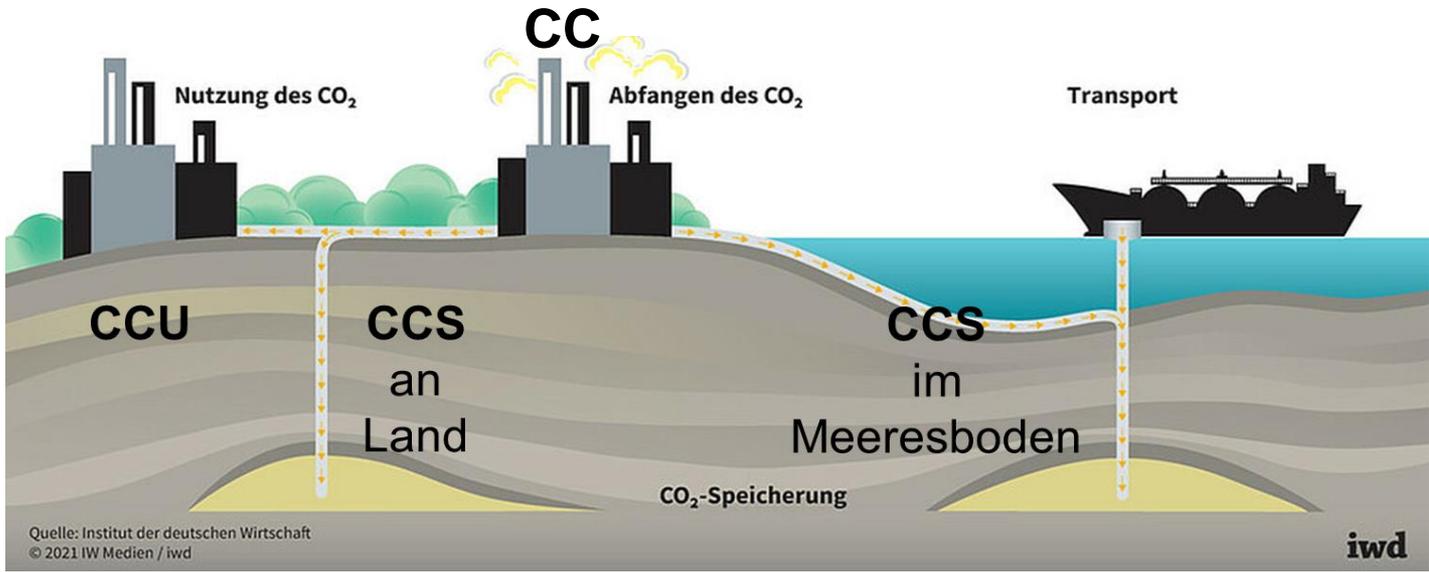
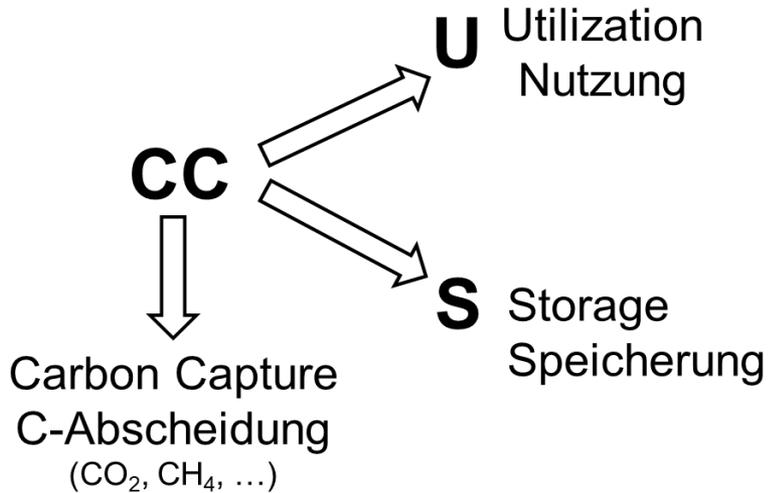
CCS: Carbon Capture and Storage
(Kohlenstoffabscheidung und Speicherung)

Neue Massnahme:

- **Es muss etwa 60 - 70 [%] des CO₂-Ausstosses der 6 Schweizer Zementwerke abgeschieden und genutzt oder gespeichert werden!**
N.B. Weltweit wären das etwa 1.5 Mia. [t] (nur Zementindustrie)
- **Auch andere Industrien werden diesen Weg gehen müssen.**
Beispiel: Der Branchenverband der Kehrrechtverwertungsanlagen (KVA) der Schweiz hat sich verpflichtet entstehendes CO₂ künftig einzufangen und im Untergrund einzulagern.



CCU/CCS



CC: CO₂ – Abscheidung

Abscheidung aus der Atmosphäre
Schweizer Startup-Unternehmen Climeworks hat die weltweit erste Industrieanlage zur Abscheidung von CO₂ aus der Atmosphäre entwickelt. (Direct Air Capture, DAC)



In der Atmosphäre beträgt der CO₂-Gehalt heute (Sept. 2024) 422.03 [ppm] oder 0.0422 [%]

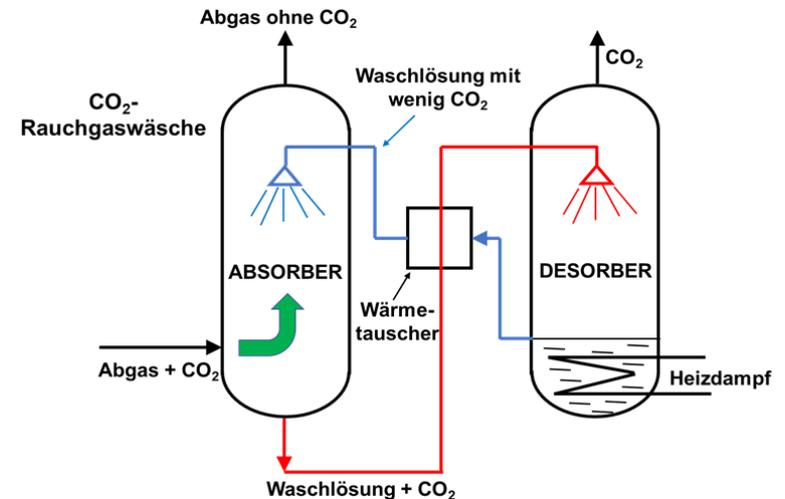
Durchschnitt Monat September 2024
<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/mlo.html>



Waltisberg
Consulting

Abscheidung aus Abgasen von grossen Emittenten (Zementwerke)

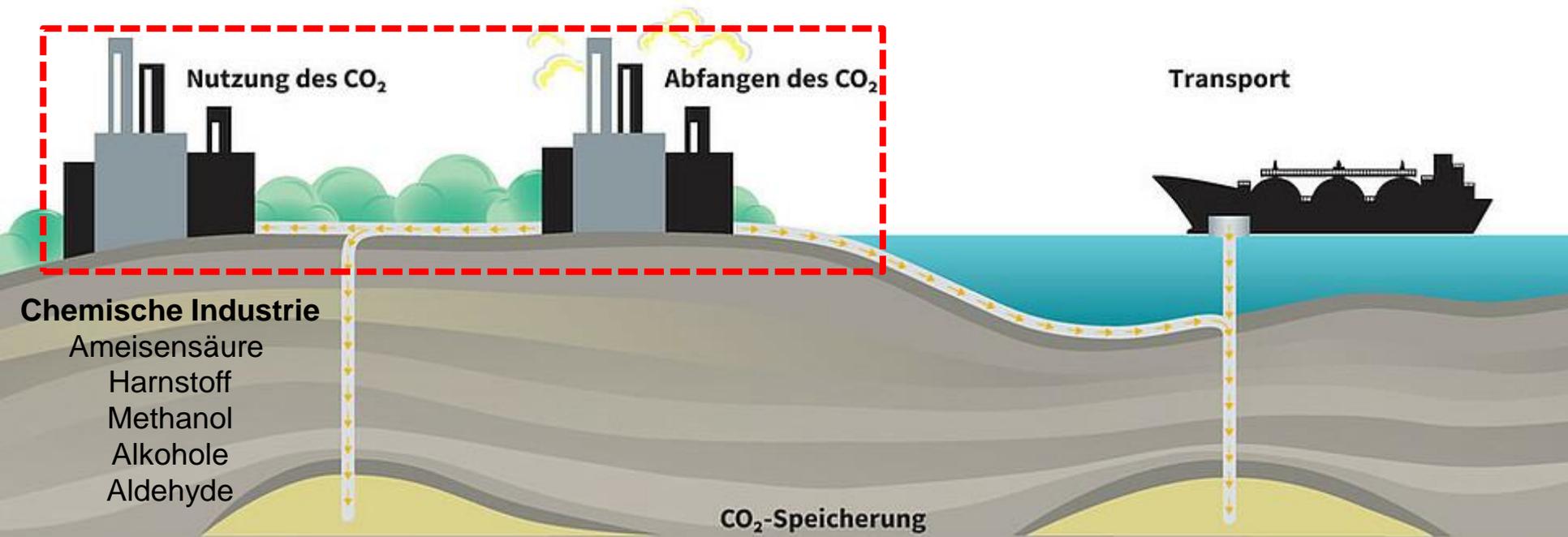
- Der CO₂-Gehalt im Abgas von Zementanlagen ist relativ hoch (ca. 17 bis 22 [vol-%]).



- Mit entsprechenden Anlagen (hier ein Beispiel) kann CO₂ direkt aus dem Abgas gewonnen werden.

CO₂ Nutzung

CO₂-Speicherung und -Nutzung

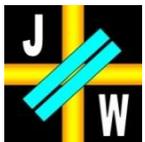


Chemische Industrie

Ameisensäure
Harnstoff
Methanol
Alkohole
Aldehyde

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft
© 2021 IW Medien / iwd

iwd



Waltisberg
Consulting

CCU : CO₂ – Abscheidung und Nutzung



KOHLENDIOXID ALS WERTVOLLER ROHSTOFF

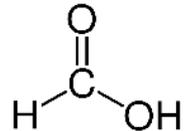
Rohrdorfer baut als erstes deutsches Zementwerk eine CO₂-Abscheideanlage

OVB-online
(Oberbayerisches Volksblatt)

veröffentlicht: 17.03.2022 - 08:41



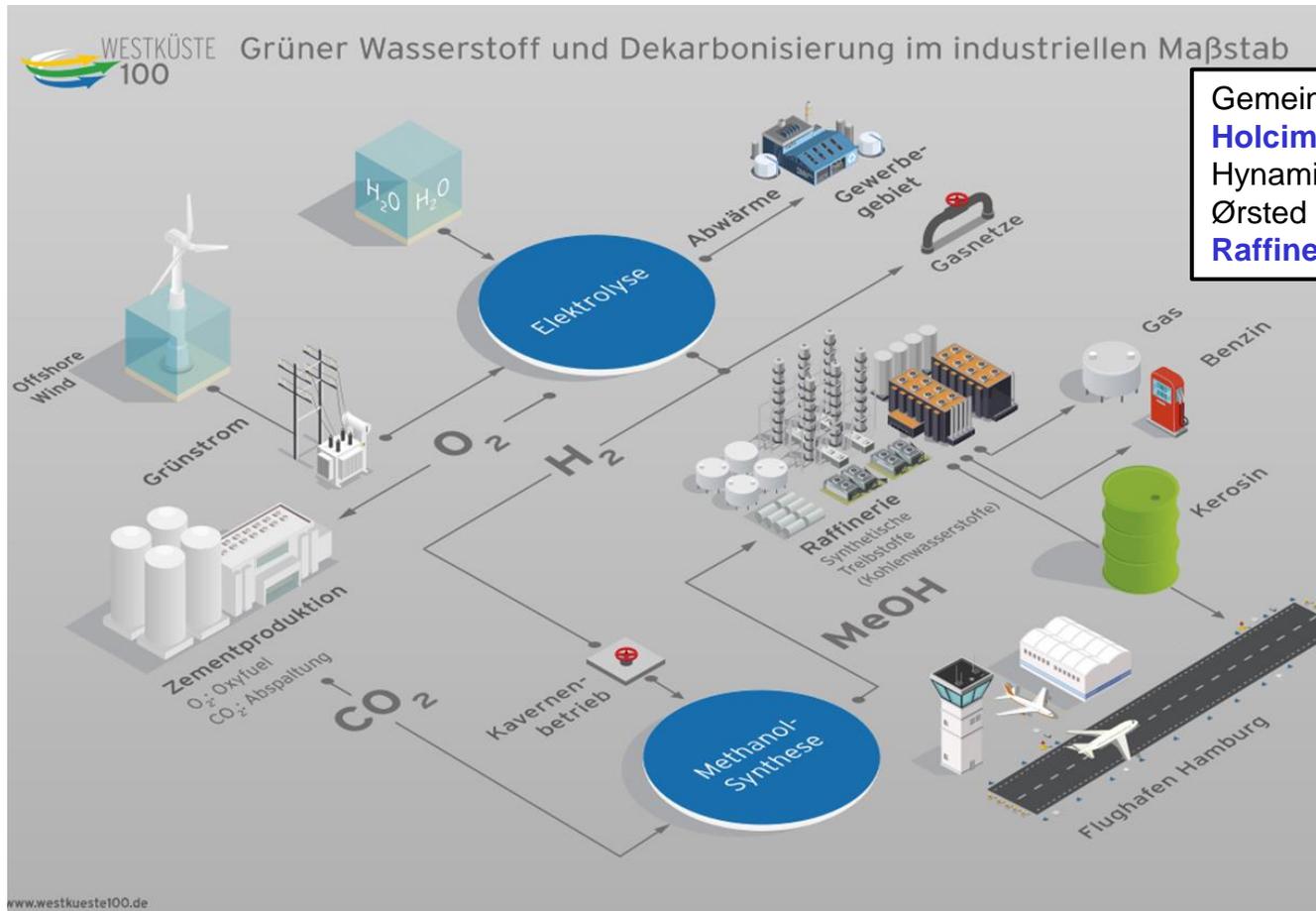
- Ende Juni 2022: Inbetriebnahme des Prototyps mit einer Abscheideleistung von **zwei Tonnen CO₂ pro Tag** (ohne Ameisensäure-Anlage)
→ **Kleiner Prototyp**
→ 2 [t CO₂/Tag] sind ca. 1.5 [%] der täglichen CO₂-Emission
- Abgeschiedenen CO₂ wird direkt im Werk zur Herstellung von Ameisensäure verwendet. (1800 Liter pro Tag)
- Später Ausbau wird geplant.
Beispiel 80 [%] Abscheidung → ca. 100'000 Liter pro Tag
Problem: Wohin mit der Ameisensäure?
Transportproblem



CCU: Projekt in Norddeutschland



- Abscheidung von CO₂ im Zementwerk
- Elektrolyse von Wasser mit «grünem Strom»: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$
H₂ → Herstellung von **Methanol**: $3 \text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$
O₂ → Anreicherung der Verbrennungsluft im Zementwerk



Gemeinschaftsprojekt:
Holcim (Deutschland)
Hynamics Deutschland
Ørsted Wind Power Germany
Raffinerie Heide

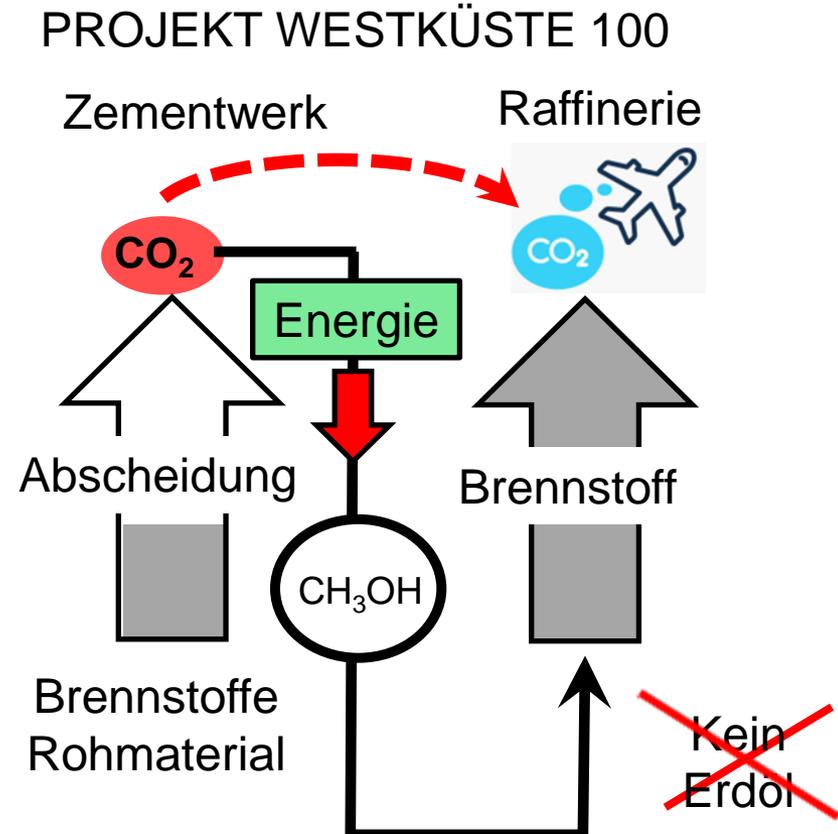
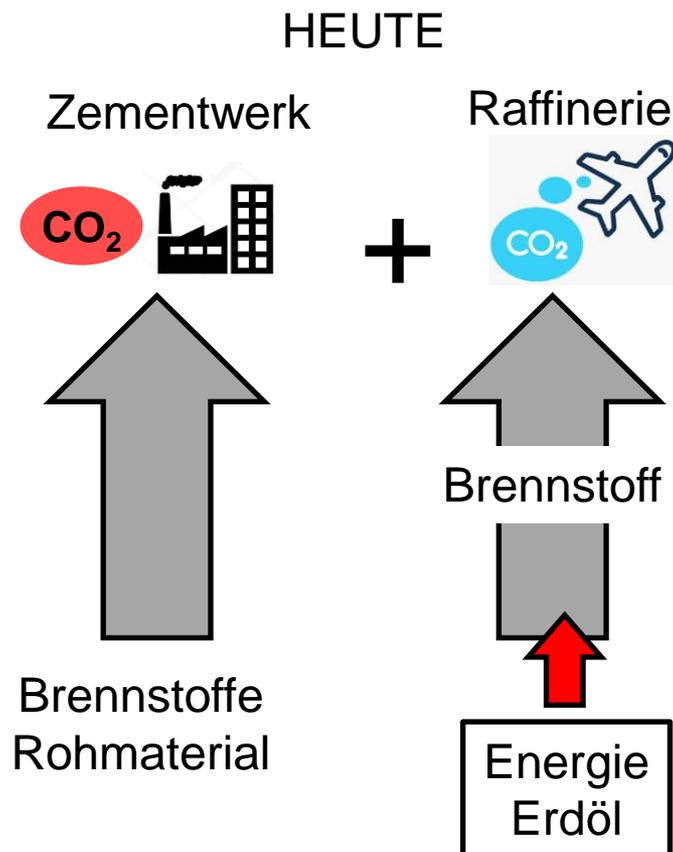
Projekt:
Westküste 100



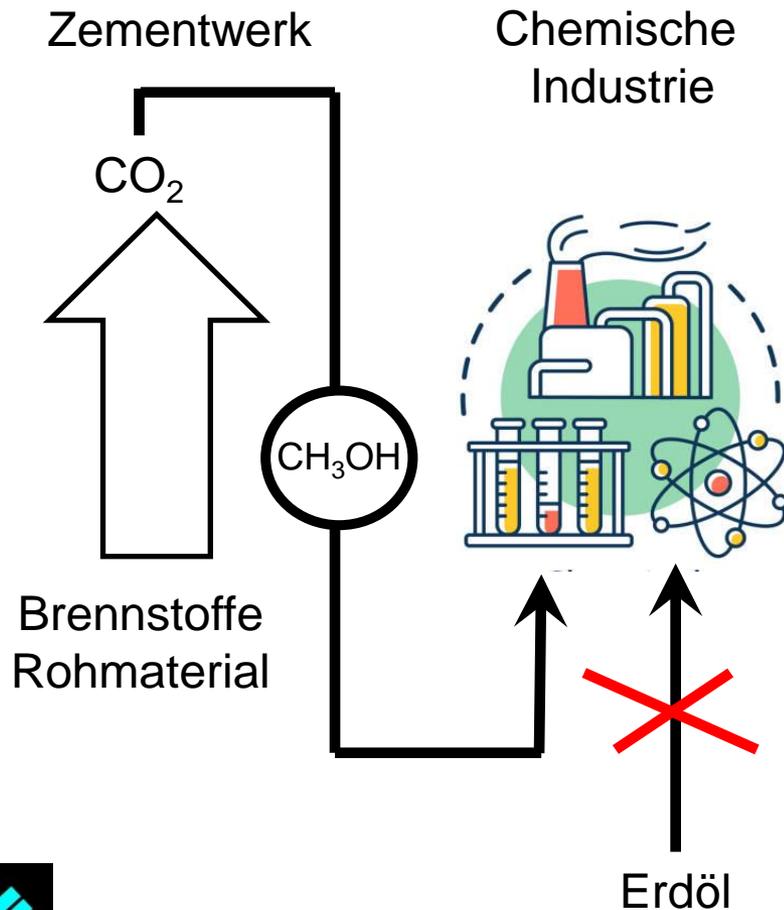
CCU: Projekt in Norddeutschland



- Die C-Emission aus dem Zementwerk ersetzt C aus dem Erdöl
- Aus dem Brennstoff (Raffinerie) entsteht Brennstoff. Bei dessen Verbrennung dann wieder CO_2 → **Teilelimination von CO_2**
- **Energiezufuhr aus externer Quelle (hier «grüner» Strom aus Windkraft)**



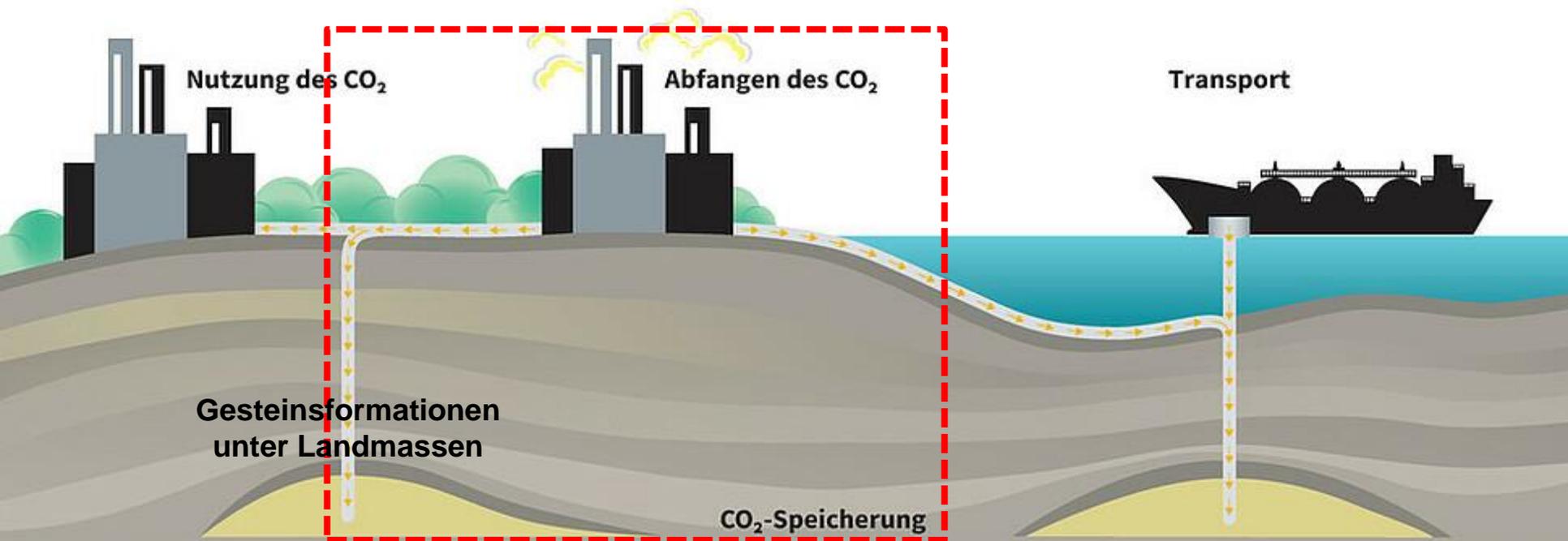
CCU: Methanol als Chemierohstoff



- Formaldehyd HCHO
Leim- und Kunststoffe
Holzschutzmittel, Desinfektionsmittel
- Essigsäure C₂H₄O₂
Essigsäureester, Cellulose-Acetat
(Kunstseide). Lösungsmittel (Lacke,
Harze), Additive in der Textilindustrie
- Lösungsmittel
MMA (Methylmetacrylat) → Acrylglas
DMT (Dimethylterephthalat) → PET
Lösungsmittel auf Basis Methanol
→ Insektizide, Pharmazeutika
-

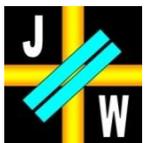
CO₂-Speicherung an Land

CO₂-Speicherung und -Nutzung



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft
© 2021 IW Medien / iwd

iwd

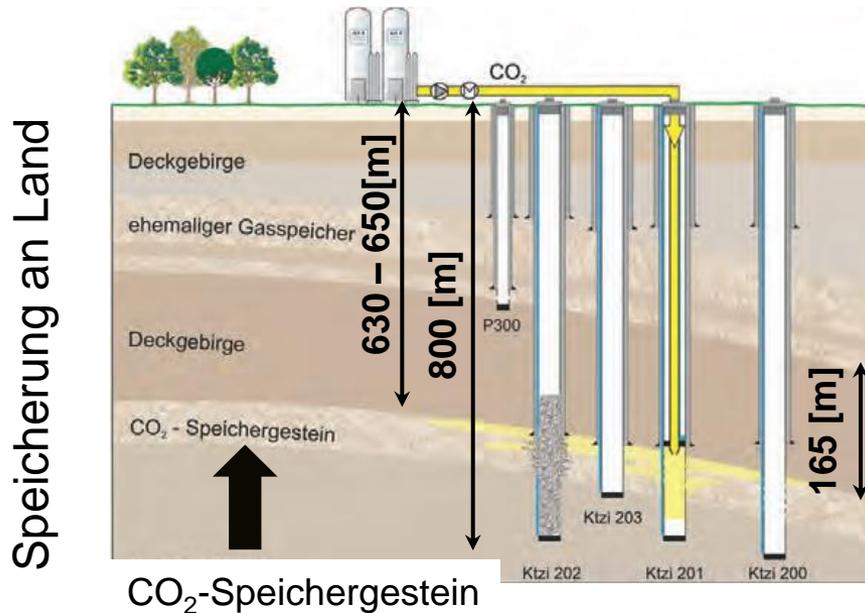


Waltisberg
Consulting

CCS – Versuchsanlage in Ketzin



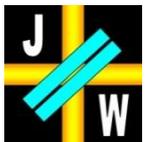
Ketzin/Brandenburg
(40 [km] westlich von Berlin)



- Genutzt wurden poröse kuppelförmige Sandsteinschichten in einer Tiefe von 630 bis 650 [m], die das CO₂ in ihren Poren aufnehmen können.
- Abgedichtet werden die Speichergesteine von mehr als 165 m mächtigen überlagernden Tonsteinen. Diese Abdichtung sichert zusammen mit der Aufwölbungsstruktur eine kontrollierte und begrenzte Ausbreitung des CO₂.
- Die Einspeisung von 67'271 [t] CO₂ begann im Juni 2008 und endete im August 2013.

RESULTAT:

Die geologische Speicherung von CO₂ am Pilotstandort Ketzin ist sicher!



CCS – Opposition gegen CO₂-Endlager



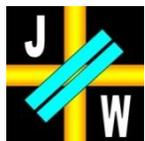
Speicherung an Land

Argumente der Opposition gegen CO₂-Endlager

- Keine Langzeit-Erfahrungen: z.B. über die Dichtheit der Speicher
- Gefährdung des Trinkwassers
- Gewaltiger Flächenverbrauch - Zerstörung von natürlichen Landschaften
- CCS ist das «Gegenteil von Klimaschutz» - Es verhindert den Ausstieg aus fossilen Energien
- Belastung von kommenden Generationen
-

Verein Deutscher Zementwerke (VDZ)
«**Heute ist die Rechtslage in Deutschland so, dass de facto eine CO₂-Speicherung an Land nicht möglich ist.**»

Wirtschaftsminister Habeck/D (2024):
«**Eine Speicherung an Land, zum Beispiel in ehemaligen Gas- und Erdöllagerstätten, soll vorerst ausgeschlossen bleiben.**»



CCS in der Schweiz



Speicherung an Land

- Die Schweiz macht zurzeit erst **Grundlagenforschung**
- Untersuchungen im Felslabor von Swisstopo im Mont Terri im Kanton Jura
 - ▶ Möglichkeit Opalinuston als Deckschicht.
Der Opalinuston ist sehr dicht und die Durchlässigkeit für Flüssigkeiten und Gase nur sehr gering. Er wäre ein hervorragendes Deckgestein, um ein CO₂-Endlager in der Tiefe abzudichten.
- **CCS im Schweizer Boden**
 - ▶ Sept. 2024: Machbarkeit wird im Zürcher Unterland geprüft
 - ▶ Opposition ist evtl. zu erwarten → Jahrelange Verzögerungen (Analogie: Nuklearer Abfall?)



Waltisberg
Consulting



Neu: Schweiz prüft Speicherung an Land



- September 2024: Der Bund möchte die Machbarkeit der Speicherung von CO₂ in der Schweiz prüfen.
- swisstopo übernimmt das Bohrloch der Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle), um einen Pilotversuch zur Einspeisung von CO₂ im Untergrund zu initiieren.
- Sofort: Vertiefte Abklärungen betr. Eignung des Bohrlochs. Gegebenenfalls würde der Einspeisetest voraussichtlich ab 2025 durchgeführt und höchstens bis ins Jahr 2030 dauern.
- Unabhängig von den gewonnenen Erkenntnissen bildet das Pilotprojekt keinen Vorentscheid, ob die Schweiz in Zukunft CO₂ in geologischen Schichten einbinden wird und wo dies gegebenenfalls geschehen würde.

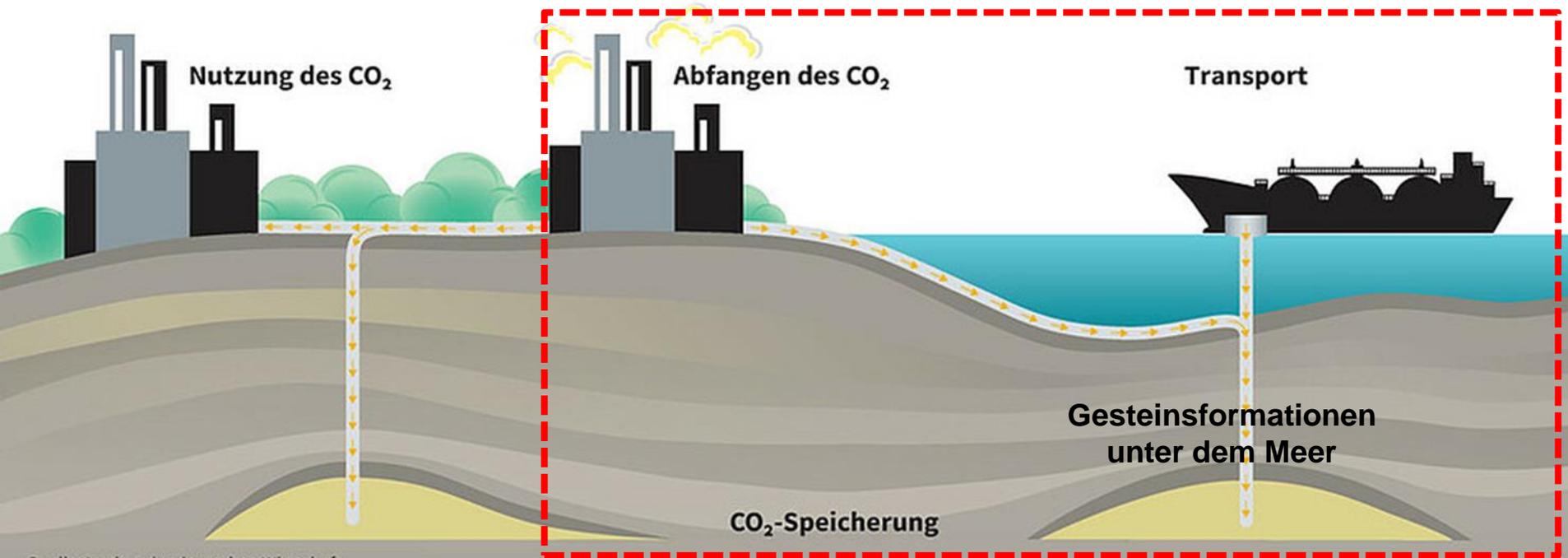


Der stillgelegte Bohrplatz
Trüllikon im Zürcher Unterland



Speicherung im Meersboden

CO₂-Speicherung und -Nutzung



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft
© 2021 IW Medien / iwd

iwd

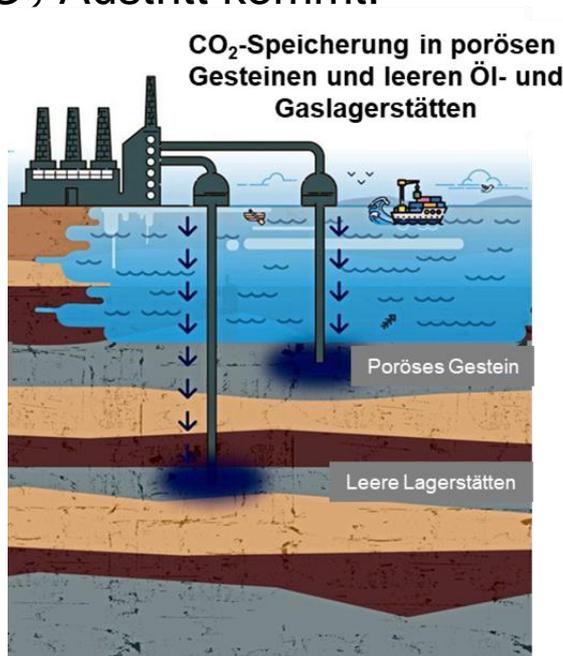


Waltisberg
Consulting

CCS – Lagerung unter dem Meeresboden



- Das CO₂ wird tiefe Sandsteinschichten unter dem Meer gebracht. **Das sind dieselben Schichten, aus denen auch Öl und Gas gefördert wurde.**
- Technologien zur geologischen Speicherung sind aus der Öl- oder Gask Gewinnung vorhanden. Beispiele aus Norwegen:
 - ▶ Sleipner-Feld/Norwegen: 1 Million Tonnen CO₂ jährlich seit 1996
 - Snow White-Feld/Norwegen: ca. 700'000 Tonnen CO₂ jährlich seit 2007
- Überwachungsprogramme zeigen, dass es bei der Lagerung zu keinem CO₂-Austritt kommt.



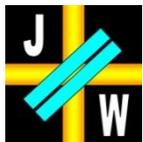
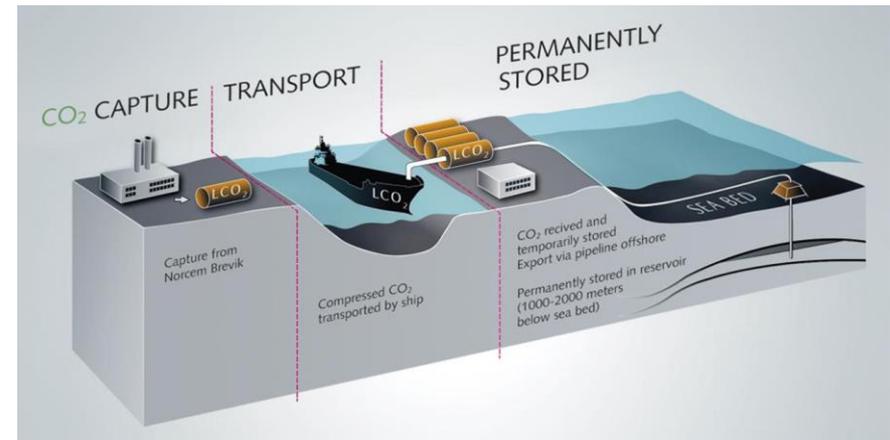
Sleipner-Feld

Weltweit erste CO₂-Abscheidungsanlage (Zement)



Speicherung im Meeresboden

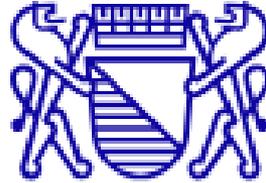
- Zementfabrik Norcem (HeidelbergCement) in Brevik, Norwegen, installiert Abscheideanlage in einem Zementwerk im Industriemasstab; Inbetriebnahme im Sommer 2024
- Geplant: Abscheidung von 400'000 [t/Jahr] CO₂, etwa 50 [%] der gesamten Emission
- CO₂ wird abgeschieden, komprimiert und verflüssigt (Aker Carbon Capture und MAN Energy Solution) und mit dem Schiff zu einem unterirdischen Speicherort transportiert.



Stadt Zürich: Abstimmung vom 22.09.24



Vorlage 5: CO₂-Abscheidung auf dem Areal Werdhölzli, Ausgaben von 35.747 Millionen Franken einmalig und 14.212 Millionen Franken jährlich

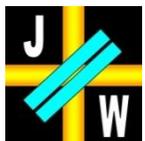


- Bei der Reinigung von Abwasser bleibt Klärschlamm zurück
- Auf dem Areal Werdhölzli wird dieser verbrannt.
- Mit einer neuen Anlage will die Stadt einen Grossteil des CO₂ aus dem Rauchgas entfernen und dauerhaft speichern.

Geplante Abscheidung

- Die CO₂-Abscheidungsanlage kann gesamthaft 25'000 Tonnen CO₂ pro Jahr verarbeiten. Davon sollen rund 94 % dauerhaft gespeichert werden. → **bis zu 23'575 Tonnen pro Jahr**
- Pro Tag werden zwischen 5 und 7 Lastwagenfahrten erwartet. Die Hälfte des CO₂ geht mit Lastwagen (3 Lastwagen), Bahn und Schiff in eine speziell für diesen Zweck erschlossene Lagerstätte im Ausland (Nordsee). Der Rest in die Betonindustrie.
- Laufzeit des Vertrages über die Abnahme bzw. Einlagerung: 10 Jahre

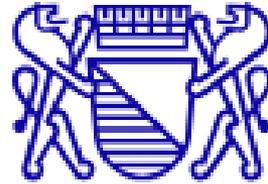
Angenommen mit 75.55 [%] Ja



Stadt Zürich: Abstimmung vom 22.09.24



Vorlage 5: CO₂-Abscheidung auf dem Areal Werdhölzli, Ausgaben von 35.747 Millionen Franken einmalig und 14.212 Millionen Franken jährlich



Weisung des Stadtrats an den Gemeinderat

vom 17. Januar 2024 - GR Nr. 2024/12

- Rund 50 Prozent der jährlichen CO₂-Menge wird in Recyclingbeton von diversen Schweizer Betonwerken gebunden.
- Die verbleibenden 50 Prozent CO₂ sollen mithilfe des «Project Greensand», einem Konsortium aus 23 internationalen Organisationen, in eine Speicherstätte im Ausland, voraussichtlich in der dänischen Nordsee, eingebracht werden. Das CO₂ wird dabei etwa 2000 m unter dem Meeresboden unter einer Schicht aus Deckgestein, die das Aufsteigen des CO₂ an die Oberfläche verhindert, verpresst. Für das Offshore-Transport- und Speicherprojekt liegt eine geologische CO₂-Speicherlizenz der dänischen Regierung vor.
- Für die Abscheidung und Speicherung von maximal 25'000 t CO₂ aus der ARA Werdhölzli betragen die Kosten ohne Berücksichtigung von Reserven aber inklusive Kapitalfolgekosten **CHF 614 pro Tonne CO₂**

Angenommen mit 75.55 [%] Ja

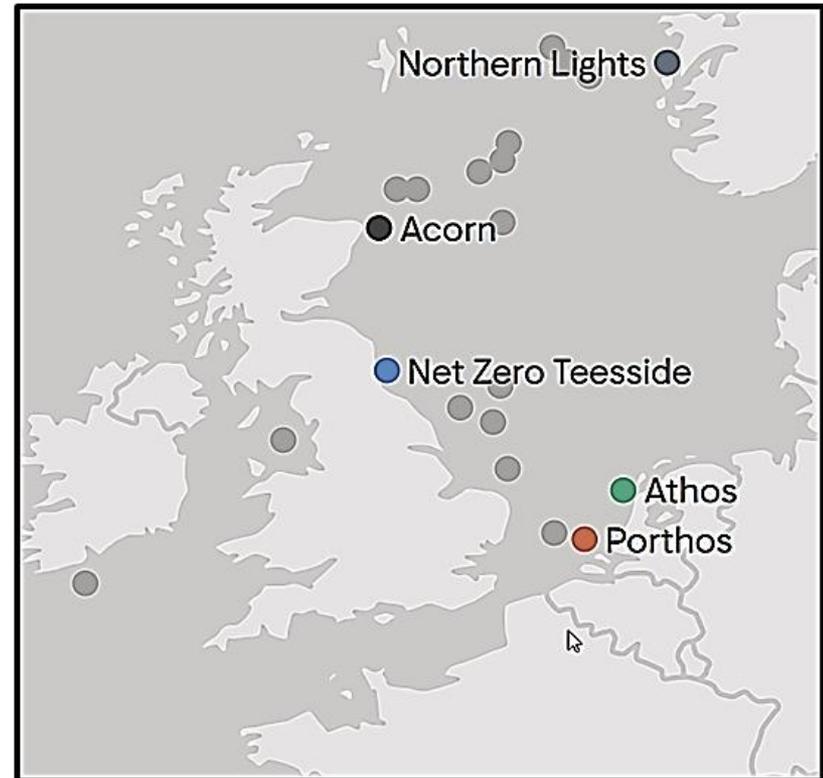


CCS – Wo steht die Schweiz?



- Erste Anlage im Werdhölzli ca. 2026 → teilweise ins Meer
- CCS im Ausland (im Meer)
 - ▶ Mögliche Entsorgungsstandorte sind weit entfernt (z.B. Nordsee)
 - **Transportproblem!!!**
-
- Transport von 1 Mio. Tonnen CO₂ bedeutet für die Schweiz:
 - ▶ 1 Pipeline oder
 - ▶ 250 Binnenschiffe (Rhein) oder
 - ▶ 1'000 Güterzüge oder
 - ▶ 50'000 Tanklastwagen

Gemäss actech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften)



<https://oilandgasclimateinitiative.com>, <https://theacornproject.uk>





Realisierte und geplante CCU/CCS- Anwendungen weltweit

Holcim in Europa: GO4ZERO-Projekte

Der Schweizer Zementkonzern Holcim hat verschiedene CCU und CCS-Anwendungen geplant



Land	Werk	Mio. [t]	Verfahren		1)
Polen	Kujawy	1.2	CCS	2027	EU
Kroatien	Koromacno	0.4	CCS	2028	EU
Griechenland	Milaki	1.0	CCS	2029	EU
Belgien	Obourg	1.1	CCS	2028	EU
Frankreich	Le Teil	0.2	CCU	2028	EU
Deutschland	Lägerdorf	1.2	CCU	2029	EU

- 2) } am Meer
 3)
 4)
 4) Westküste 100

Frankreich	Martres	0.7	CCS	2030 - 2035	
Rumänien	Campulung	1.0	CCS	2030 - 2032	
Bulgarien	Beli Izvor	0.7	CCS	2030 - 2032	
Deutschland	Höver	0.7	CCU	2030 - 2032	
Österreich	Mannersdorf	0.7	CCU	2030 - 2032	
Grossbritannien	Cauldon	0.7	CCU	2030 - 2032	
Frankreich	Saint-Pierre-la-Cour	1.0	CCU	2030 - 2032	
Spanien	Carboneras	0.8	CCU	2030 - 2032	

- 1) EU = Ausgewählt für Fördermittel aus dem Innovation-Fond der EU
- 2) Transportiert zur Nordsee; wie?
- 3) CO₂-Pipeline von Obourg (bei Mons) nach Antwerpen (ca. 120 [km])
 Machbarkeitsstudie der Pipeline (Fluxys) abgeschlossen
- 4) Methanol-Herstellung



GO4ZERO Nord-Amerika



CCS/CCU in Nord-Amerika

- Exshaw Cement Plant (ehemals Lafarge)
Exshaw, Alberta/Kanada
CCS, 1.0 Mio. Tonnen CO₂; 2030
- Ste. Genevieve
Bloomsdale, Missouri/USA
CCS, 2.75 Mio. Tonnen, 2028/9
- Holcim Portland Cement Plant
Florence, Colorado/USA
CCS, 1.3 Mio. Tonnen, 2032



CCS in Europa



- **Kohlenstoffabscheidung ist ein entscheidender Eckpfeiler** zur Erreichung der Klimaziele in Europa.
- **Die Speicherung von CO₂ (CCS) ist eine entscheidende Methode**, um diese Emissionen der Zement- und anderen Industrien deutlich und sofort zu reduzieren.
- **Bilaterale Abkommen** sind die Grundvoraussetzung für den **Transport und die Speicherung von Kohlendioxid über nationale Grenzen** hinweg. Es muss zu einem gemeinsamen europäischen Markt (inklusive Schweiz !!!) für den Transport und die Speicherung von CO₂ kommen, damit das Ziel «klimaneutrales Europa» erreicht werden kann.

CCS weltweit

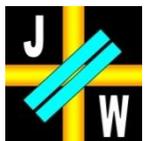
- Wenn alle bis 2030 derzeit geplanten CCS-Anlagen in Betrieb genommen werden, würde **weniger als ein Prozent** der jährlichen CO₂-Emissionen abgeschieden werden.

(Production Gap Report; UN-Umweltprogramm und Stockholm Environment Institute)

- Derzeit (2023) werden jährlich bloss 49 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr abgeschieden. Das ist nur rund **0.13 Prozent** der globalen CO₂-Emissionen.

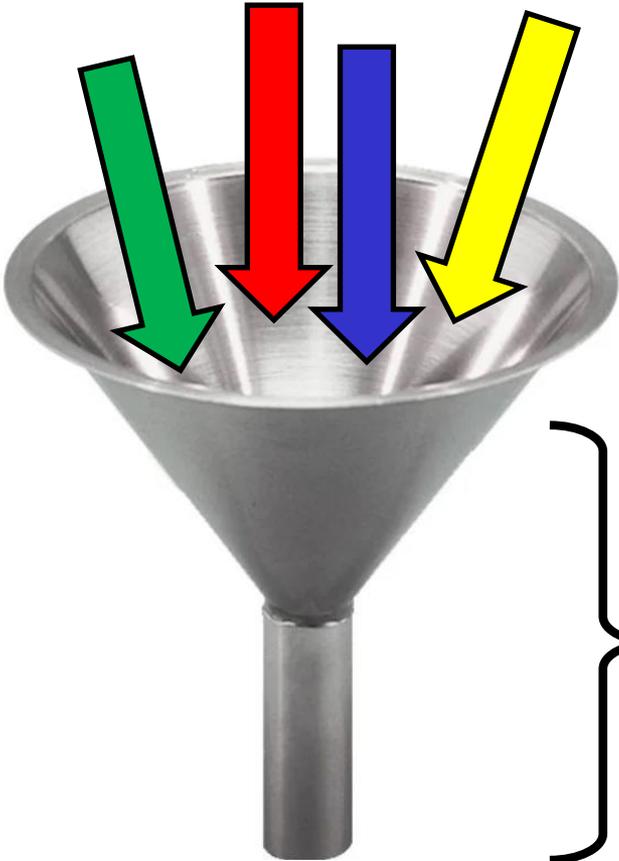
- Auch für das Net-Zero-Szenario der Internationalen Energieagentur (IEA), das bis 2050 weltweite Klimaneutralität vorsieht, **reicht das aktuelle Tempo beim Anlagenbau bei weitem nicht aus.**

- Seit Jahren werden neue CCS-Projekte angekündigt, die dann häufig aber verschoben oder ganz abgesagt werden. 2021 sind rund 80 Prozent aller CCS-Projekte in den USA bisher gescheitert, wegen technischer Probleme oder weil sie sich wirtschaftlich nicht lohnen.



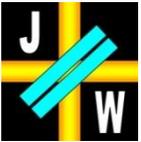
CCS – Risiko einer Endlagerung?

Risiken



Untersuchungen
Überwachung
... ..

Restrisiko?



CCS – Risiko einer Endlagerung?



Gefährlichkeit von solchen Anlagen - Panikmache oder Realität?

- Salah / Zentral-Algerien: Erdöl und Erdgasgewinnung und **CCS-Anlage**
- Zwischen 2004 und 2011 wurden 3.8 [Mio.t] CO₂ in ein Reservoir in 1'800 Metern Tiefe eingeleitet.
- Deckschicht: ca. 1000 [m] dick; **undurchlässig** für das CO₂-Gas.
- **Juni 2011:**
 - ▶ Signifikante Hebungen wurden in allen Sektoren der Anlage entdeckt
 - ▶ Erhöhter Porendruck in den unteren 200 Metern der 1000 Meter starken Deckschicht
- **Folgerungen aus den Hebungen:**
 - ▶ Das Einpumpen des CO₂ hat zu Rissen und anderen Veränderungen sowohl im Reservoir als auch im Deckgestein geführt.
 - ▶ In Salah ist die Deckschicht dick genug, um Lecks auszuschliessen.



**Ein Restrisiko bleibt
bei jeder CCS-Anlage!!!**

Speicherung an Land oder unter dem Meeresboden

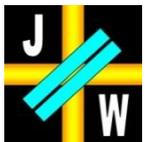




Die Zementindustrie sagt:
«Wir wollen bis 2050 klimaneutral sein!»
(World Cement and Concrete Association)

«Ich bin mehr als 40 Jahre im Zementbusiness
und bezweifle, dass wir es schaffen!»

Zweifel sind ein Indiz für Dinge, die uns am Herzen liegen.



Schlusswort der «Klima-Ikone»



«Es hilft nur die Abschaffung des Kapitalismus und ein Staat, der dem Menschen bis ins Detail sein Leben vorschreibt!»

Zitat von Greta Thunberg
aus ihrem Buch «The Climate Book»

Nein Greta, so sicher nicht!!!



Josef Waltisberg
dipl Ing. ETH
Eichhaldenweg 23
CH-5113 Holderbank
Homepage: www.waltisberg.ch
Mail: josef@waltisberg.ch

