

Departement Bau, Verkehr und Umwelt (BVU) Kanton Aargau
CCS und CDR Perspektiven Aargau
Faktenblatt Beschleunigte Gesteinsverwitterung

Zürich, 27. Juni 2025

Autoren INFRAS: Felix Weber, Moritz Reisser, David Giger, Jürg Füssler

Projektleitung BVU: Lisa Hämmerli, Lars Kistler

Übersicht

Potenzial [kt CO ₂ / a]	Kosten [CHF / t CO ₂]	Energiebedarf [MWh / t CO ₂]	Permanenz	CDR oder Reduktion?
<50	75-170	0.05-0.43	>1000 Jahre möglich	CDR

Alle Abschätzungen sind mit Unsicherheiten verbunden. Die wichtigsten Annahmen sind am Ende des Faktenblatts dokumentiert. Alle Werte, Annahmen und Einschätzung stammen von INFRAS, ausgehend von den neusten wissenschaftlichen Erkenntnissen.



Grafik: Minx et al. (2017).

Beschreibung

Gewisse Kalzium-, Magnesium- oder Eisen-reiche Silikate binden bei der Verwitterung CO₂. Normalerweise finden diese Prozesse über geologische Zeiträume statt und sind viel zu langsam, um den menschengemachten CO₂ Ausstoss wesentlich zu verlangsamen. Daher wird das Gestein in diesem Fall sehr fein gemahlen, um die Oberfläche zu vergrössern und damit die Verwitterungsraten stark zu erhöhen. Anschliessend wird der Gesteinstaub grossflächig auf landwirtschaftlichen Flächen und ggf. weiteren Grünflächen verteilt. Durch diesen Prozess wird der Atmosphäre theoretisch CO₂ entzogen, aktuell bestehen jedoch noch sehr hohe Unsicherheiten bezüglich Verwitterungsraten und praktischer Anwendung.

Quantitatives Potenzial im Jahr 2050

Potenzial: <50kt CO₂ / Jahr CDR

Das Potenzial für beschleunigte Verwitterung ergibt sich hauptsächlich aus:

- Der Verfügbarkeit geeigneter Mineralien
- Der verfügbaren Fläche zur Ausbringung
- Der Transportlogistik

Abschätzung unsicher:

Siehe «Annahmen» am Ende des Faktenblatts. Rasches Handeln, bestmögliche Rahmenbedingungen und grosse Investitionen in Technologie und Infrastruktur sind nötig.

Global betrachtet ist die Verfügbarkeit geeigneter Mineralien (insbesondere von Olivin) als unbeschränkt zu betrachten. In der Schweiz selbst und insbesondere im Kanton Aargau erscheint die Verfügbarkeit jedoch stark limitiert bzw. nicht abschliessend geklärt.¹ Es muss also davon ausgegangen werden, dass Gesteinsmaterial importiert werden müsste.

Die Menge an durch die Verwitterung theoretisch entziehbares CO₂ pro Fläche und Jahr liegt gemäss Schätzungen bei etwa 4.1-8.0 t CO₂ / ha / Jahr für landwirtschaftliche Flächen in Deutschland, Frankreich und Italien², je nach Bodentyp und Klima. Für die Schweiz kann ein Mittelwert von rund 6 t CO₂ / ha / Jahr angenommen

¹ Brunner & Knutti (2022): Potentials and costs of CO₂ removal in Switzerland.

² Beerling et al., (2020): Potential for large-scale CO₂ removal via enhanced rock weathering with croplands. Nature.

werden. Damit läge das Potenzial bei der Ausbringung auf landwirtschaftlichen Böden bei rund 340kt CO₂ / Jahr im Kanton Aargau.

Limitiert scheint das Potenzial dieser Technologie jedoch eher durch die Verfügbarkeit des Gesteins und der Transportlogistik. Eine Studie schätzt für den Kanton Zürich eine logistisch zu bewältigende Menge an Gestein von 125kt / Jahr und eine Verwitterung von rund 1/3 pro Tonne Gestein, was bei ähnlichen Grössenordnungen im Kanton Aargau ein Gesamtpotenzial von maximal 50kt CO₂ / Jahr ergibt³.

Aufgrund der erheblichen Unsicherheiten bezüglich Verwitterungsraten, Produktions- und Transportmöglichkeiten für die Schweiz, sowie Akzeptanz der landwirtschaftlichen Betriebe erscheint diese konservative Annahme als realistischer.

Permanenz

> 1'000 Jahre

Grundsätzlich wird bei der beschleunigten Gesteinsverwitterung CO₂ in geologischen Zeiträumen gebunden und gespeichert.

Energiebedarf

2.5-21 GWh / Jahr

Der Energiebedarf zum Mahlen von Gestein liegt bei ca. 20 und 170 kWh / t Gestein für Korngrössen <100µm respektive <10µm.⁴ Dies entspräche einem Energiebedarf von 2.5-21 GWh je nach Korngrösse für die konservative Schätzung von 50kt CO₂ / ha / Jahr, und damit geringeren Werten, als bei CCS Anwendungen.

Logistikanforderungen

Die Anforderungen an Transportdienstleistungen sind sehr hoch, da einerseits sehr grosse Mengen an Material transportiert und andererseits weit verteilt werden muss. Es ist jedoch festzuhalten, dass heute im Kanton Aargau bereits Zement- und Kiesmengen abgebaut und transportiert werden, die mehr als 20-mal über der konservativen Schätzung für den Gesteinsstaub liegen. Entsprechend kann davon ausgegangen werden, dass eine Transportlogistik nicht limitierend wäre, hinge jedoch stark davon ab, wo das Gestein abgebaut und gemahlen würde (innerhalb Kantons- bzw. Schweizer Grenzen oder nicht). Da aktuell in der Schweiz noch keine Untersuchungen dazu gemacht wurden, ist die Unsicherheit bezüglich Abbau und entsprechendem Transport hoch.

Kosten im Jahr 2050

75- 170 CHF / t CO₂

Je nach Korngrösse, zu der das Gestein gemahlen wird, ergeben sich Kosten von rund 75- 170 CHF / t CO₂⁵, wobei die Korngrösse auch die Verwitterungsgeschwindigkeit und damit das Gesamtpotenzial massgeblich beeinflusst.

Abschätzung unsicher:
Siehe «Annahmen» am
Ende des Faktenblatts.

Weitere Vor- und Nachteile, Herausforderungen

- + Kein Konflikt um biogene Ressourcen.
- + Im Vergleich zu den anderen Technologien, insbesondere CCS, tiefer Energieaufwand pro t CO₂.
- Hohe Unsicherheit zu den Verwitterungsraten.

³ Honegger und Füssler et al. (2020): Negative Emissionen und Treibhausgas-Zertifikatehandel Potenziale, Kosten und mögliche Handlungsoptionen. Grundlagen zur Erarbeitung der langfristigen Klimastrategie des Kantons Zürich und der Netto-Null-Szenarien für die Stadt Zürich.

⁴ Rinder & Hagke (2021): The influence of particle size on the potential of enhanced basalt weathering for carbon dioxide removal - Insights from a regional assessment.

⁵ Beerling et al. (2020): Potential for large-scale CO₂ removal via enhanced rock weathering with croplands. Nature.

- Hohe Unsicherheiten zur Herkunft des Materials und damit bezüglich Transport und Logistik.
- Unsichere gesundheitliche und ökologische Folgen, daher unsichere Akzeptanz in der Bevölkerung.
- Schwierige bis unmögliche Verifizierung der CDR-Beiträge für kantonale/nationale Inventare.

Einbettung ins Netto-Null-Ziel des Kantons Aargau:

Die Relevanz der CCS- und CDR-Technologien für den Kanton Aargau beurteilen wir anhand der folgenden Faktoren: quantitatives Potenzial, Einfluss / der Steuerbarkeit der öffentlichen Hand, Machbarkeit, Territorialprinzip und Unsicherheiten.

Stand heute gehen wir davon aus, dass Beschleunigte Gesteinsverwitterung, CCS ARA, Pflanzenkohle und DACCS eher eine ergänzende oder unterstützende Rolle für das Erreichen von Netto-Null 2050 aufweisen. CCS Zement zusammen mit BECCS und CCS KVA weisen deutlich höhere Potenziale auf, um die Restemissionen im Kanton Aargau zu reduzieren oder auszugleichen. Eine geringe Relevanz dürften hingegen Technologien im Zusammenhang mit Wald- oder Bodenbewirtschaftung, Holzbau oder Ozeanen haben (siehe ergänzender Bericht, Kapitel 3.2.4).

Wichtigste Annahmen

Beschreibung	Risiko, dass die Annahme bis 2050 nicht erfüllt wird. (= Unsicherheit)	Auswirkungen, falls Annahme nicht erfüllt wird.
Lieferkette ist vollständig CO ₂ -neutral.	Sehr hoch	Gesamtpotenzial ↓
Die Transportlogistik (aus dem Ausland) ist limitierend.	hoch	Gesamtpotenzial ↑
Die Anwendung beschränkt sich auf landwirtschaftliche Flächen.	mittel	Gesamtpotenzial ↑, Kosten ↑