

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

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?
45 (gesamt durch Biomasse: 335*)	150-200	1.1	>1000 Jahre möglich	CDR



Grafik: Minx et al. (2017).

Abschätzungen für das Jahr 2050. 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.

*Insgesamt kann durch die verfügbare Biomasse ein theoretisches CDR-Potenzial von rund 335kt CO₂eq erschlossen werden (für die Summe von BECCS, Pflanzkohle, sowie biogene Brennstoffe in Zementwerken und KVA.). Aufgrund von Nutzungskonflikten und wenig grossen Punktquellen für Biogas und Holzfeuerungen gehen wir von einem deutlich tieferen Potenzial für BECCS aus (siehe unten).

Beschreibung

BECCS bezeichnet die Abscheidung und permanente Speicherung von CO₂-Emissionen, die bei der Erzeugung von Bioenergie entstehen. CCS wird direkt am Kraftwerk (der Punktquelle) vorgenommen. Für die Energieerzeugung wird Biomasse, also nachwachsende Rohstoffe verwendet, deren CO₂-Bilanz ohne weitere Einwirkung grundsätzlich neutral ist. Sofern dem System nur so viel Biomasse entnommen wird, wie auch wieder nachwächst, führt eine Abscheidung des CO₂ gleichzeitig zu einem CO₂-Entzug aus der Atmosphäre (CDR).¹

Als Energieträger können diverse biogene Substanzen genutzt werden, wobei dies in der Regel Abfallprodukte (z.B. Lebensmittel oder Grünschnitt) sind. Diese werden dann zu Biogas umgewandelt und in dieser Form als Brennstoff verwendet. Auch Holz kann als Energieträger benutzt, dieses eignet sich jedoch nicht für die Biogas-erzeugung, sondern würde in der Regel direkt verbrannt (Holzfeuerungen, v.a. für Fernwärme).

Quantitatives Potenzial im Jahr 2050

Potenzial: 45kt CO₂ / Jahr CDR durch CCS

Gesamtpotenzial CDR aus nachwachsenden Quellen (BECCS, KVA, Zement und Pflanzkohle): ca. 335kt CO₂ / Jahr. Das Potenzial BECCS kann also höher oder tiefer ausfallen, je nachdem wie viel dieses Gesamtpotenzials auf KVA, Pflanzkohle und Zement entfällt.

Abschätzung unsicher:

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

Das zukünftige Potenzial von BECCS hängt von folgenden Faktoren ab:

- Die Verfügbarkeit von (nachhaltigem) biogenen Material.
- Nachfrage nach Energie aus Biogasanlagen und Holzfeuerungen.
- Anteil der vor- und nachgelagerten Emissionen (Produktion und Transport Biomasse, Transport CO₂, etc.),

¹ Grundsätzlich gilt auch CCS bei KVA und Zementwerken als BECCS, jedoch nur für den biogenen Anteil, der in den KVA verwertet wird. Der Einfachheit halber wird das Potenzial von CCS bei KVA und Zement jedoch in einem separaten Faktenblatt diskutiert und an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen.

die bis 2050 klimaneutral sind.

Das quantitative Potenzial ist einerseits begrenzt durch die Zufuhr nachhaltigen biogenen Materials, sowie durch Gesamtkapazität der Biogas-/Holzkraftwerke.

Biogasanlagen: Aktuell stösst die grösste Biogasanlage im Kanton Aargau lediglich gut 11kt CO₂ / Jahr aus, wodurch kaum Potenzial für CCS auf solchen Anlagen besteht. Grundsätzlich wird jedoch das gesamte CO₂ (als Nebenprodukt der Methanherstellung, welches ca. 40% der Gesamtemissionen ausmacht²), das bei der Biogasproduktion selbst entsteht sowieso vom Methan separiert. Daher kann eine Abscheidung relativ einfach durchgeführt werden, unabhängig von der Grösse der Punktquelle³. Somit resultiert trotz der geringen Menge an der Punktquelle ein CDR-Potenzial von ca. 10 kt CO₂ / Jahr.

Holzfeuerungen: Zusätzlich kann durch Holzfeuerung theoretisch ein grosses Potenzial ausgeschöpft werden, wobei hier die Menge durch das verfügbare, nachhaltig bewirtschaftete Holz und Zielkonflikte bei dessen Nutzung (Pflanzenkohle, Zementfeuerungen, Naturschutz, Holzbau, etc.) begrenzt wird. Gemäss O'Connor et al. (2024)⁴ ergäbe sich bis 2050 für eine CO₂ optimierte Waldwirtschaft ein zusätzliches CDR-Potenzial von etwa 65 kt CO₂ / Jahr zusätzlich durch Energieholz. Basierend auf den EP 2050+ nimmt die Holzfeuerung für die Schweiz jedoch eher leicht ab als zu. Hinzu kommt, dass auch hier kaum grössere Punktquellen bestehen, welche für CCS in Frage kommen. Aktuell weist nur eine Punktquelle im Kanton Emissionen von > 7 kt CO₂ / Jahr auf (mit ca. 40kt / Jahr), überhaupt für CCS in Frage kommen könnte⁵. Entsprechend liegt das Potenzial unter gegebenen Umständen bei maximal rund 35kt CO₂ / Jahr.

Somit gehen wir von einem realistischen Gesamtpotenzial von ca. 45 kt CO₂ / Jahr für BECCS durch Biogasanlagen und Holzfeuerungen aus.

Permanenz

>1000 Jahre

Die Permanenz hängt massgeblich davon ab, in welcher Form das abgeschiedene CO₂ gespeichert wird. Für die beiden plausibelsten Möglichkeiten, geologische Tiefenspeicherung und in Abbruchzement, kann jedoch eine Permanenz von >1000 Jahre angenommen werden.

Energiebedarf

20 GWh / Jahr

Der Energiebedarf für die CO₂-Abscheidung kann direkt über die Bioenergieanlagen gedeckt werden, ist jedoch mit über 1 MWh / t CO₂ sehr hoch. Dies bedeutet, dass sich der Energiebedarf einer Bioenergieanlage mit Aminwäsche insgesamt um bis zu 20% erhöhen könnte⁶, was für die in Frage kommende Punktquelle mit knapp 110 GWh Leistung über 20 GWh / Jahr entsprechen würde. Dadurch entsteht ein Zielkonflikt mit den heutigen Energienutzungen.

Logistikanforderungen

Für die skalierte Anwendung von CCS ist ein nationales und internationales Pipelinennetzwerk vonnöten, um die riesigen Mengen an abgeschiedenem CO₂ (zu den Lagerstätten) zu transportieren. Auf Kantonsebene ist daher ein Anschluss an dieses Netzwerk essenziell. Für die Schätzungen zu Potenzialen und Kosten, wird ein solches Pipelinennetzwerk angenommen.

² www.azenergie.ch (abgerufen 2024)

³ Dies wird auch bereits teilweise durchgeführt, siehe: <https://www.regionalwerke.ch/co2-verfluessigung>

⁴ O'Connor et al. (2024): CO₂-Wirkung des Aargauer Waldes, EBP.

⁵ Diese ist tatsächlich aktuell in Abklärungen für eine Abscheidungsanlage.

⁶ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2007: Strukturell-ökonomisch ökologischer Vergleich regenerativer Energietechnologien (RE) mit Carbon Capture and Storage. Wuppertal.

Kosten im Jahr 2050

150-200 CHF / t CO₂

Die Kosten sind vielen Faktoren abhängig und werden von aktuellen Studien^{7,8} auf rund 150-200 CHF / t CO₂ inkl. Transport und Lagerung eingeschätzt. Die meisten Studien beziehen sich hierbei jedoch auf grössere Punktquellen (>100kt CO₂ / Jahr), weshalb für den hier vorliegenden Fall zumindest für die Holzfeuerungen von höheren Kosten auszugehen ist.

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

Weitere Vor- und Nachteile, Herausforderungen

- +/- Grundsätzlich ist die Anwendung im Vergleich zu anderen NET relativ einfach, insbesondere, wenn es sich um wenige Punktquellen handelt. Aktuell ist dies jedoch nicht der Fall, da keine grossen Punktquellen bestehen. Dies erhöht die Kosten und schmälert damit das (realistische) Potenzial.
- +/- Je nach Ausgangsmaterial kann BECCS eine relevante positive oder negative Auswirkung auf Landnutzung und damit auf CO₂ Speicher in den Ökosystemen, aber auch auf die Biodiversität haben. Aus Lebenszyklus-sicht ist es daher essenziell, dass das biogene Material aus nachhaltigen Quellen stammt.
- Es bestehen diverse Nutzungskonflikte mit anderen Formen der Biomasseverwertung (Nahrungsmittel, Holzbau, Zement- und KVA-Feuerungen, Pflanzenkohle, Biotreibstoff, etc.), die zu Knappheit führen könnten und damit einerseits zu höheren Preisen und andererseits zu Abstrichen bei der nachhaltigen Landnutzung (was die CO₂ Bilanz wiederum verschlechtern würde).
- Braucht sehr grosse initiale Investitionen für die Anschaffung.
- Eine entsprechende Transportinfrastruktur (Pipelines) wird benötigt, um Kostenersparnisse zu erreichen.
- Geringe technologische Reife der vollständigen Umsetzung (d.h. grosse Mengen, inkl. Endlagerung des CO₂).

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 BECCS zusammen mit CCS Zement und CCS KVA eine wichtige Rolle spielen wird, um die Restemissionen im Kanton Aargau zu reduzieren oder auszugleichen. Eine eher ergänzende oder unterstützende Rolle sehen wir bei CCS ARA, Pflanzenkohle, Beschleunigter Verwitterung und DACCS. Eine geringe Relevanz dürften hingegen Technologien im Zusammenhang mit Wald- oder Bodenbewirtschaftung, Holzbau oder Ozeanen haben (siehe ergänzender Bericht, Kapitel 3.2.4).

⁷ Eckle et al. (2021). Feasibility of a demonstrator for the carbon capture and storage value chain in CH with a waste to energy plant. Online: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=44583>

⁸ Albicker (dena) & Eichler (BAK), et al. (2023), «Carbon Capture & Storage (CCS) – Kostenschätzung für ein CCS-System für die Schweiz bis 2050». Dena und BAK im Auftrag des BAFU.

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 ↓
Anbindung an ein CO ₂ -Pipelinennetzwerk ist gewährleistet.	hoch	Kosten ↑, Gesamtpotenzial ↓
Für die Abscheidung wird Aminwäsche eingesetzt (anstelle von HPC oder Oxyfuel).	hoch	Energiebedarf ↘, Kosten ↘
Das Potenzial durch verfügbare Biomasse beträgt total ca. 335kt CO ₂ eq (+65kt gegenüber 2021).	hoch	Gesamtpotenzial unklar
Das CO ₂ wird vollständig in geologischen Reservoiren oder Abbruchement gespeichert.	mittel	Permanenz ↓, Kosten und Energiebedarf unklar
Punktquellen für CCS sind nur in Ausnahmefällen kleiner als 50kt CO ₂ / Jahr.	mittel	Kosten ↑, Gesamtpotenzial ↑
Die Abscheidungsrate vom Abgas beträgt mindestens 90%.	tief	Gesamtpotenzial ↘