



**Innovation project
supported by**



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Innosuisse – Swiss Innovation Agency

Dr. Tilman Schildhauer :: Leiter Subprojekt 4 :: Paul Scherrer Institut (PSI)

Bioenergie & NET: Technik - Vorstellung der Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

DeCIRRA Konferenz 2026, 20.1.2026, Bern

Biomasse: viele Formen, viele Anwendungen

Feedstocks

Wet biomass
(usually not storable)

Dry biomass
(storable)

Intermediates

(limited spatial and temporal flexibility)

Product gas

Biogas

Pyrolysis oil

Energy carrier

(storable, large spatial and temporal flexibility)

Hydrogen

Methanol

Methane

LNG

Pellets, Chips

Stabilised Oil

Application

(variable)

Industry (e.g. high temperature heat)

Heat (storage) & (flexible) Power

CO₂ for BECCS

DeCIRRA (Flexible) Erzeugung von Wärme (und Strom)

Feedstocks

Intermediates

(limited spatial and temporal flexibility)

Application

(variable)

Wet biomass
(usually not storable)

Product gas

Biogas

Dry biomass
(storable)

Pyrolysis oil

Pellets, Chips

Heat (storage) &
(flexible) Power



DeCIRRA Erzeugung von Energieträgern

Feedstocks

Wet biomass
(usually not storable)

Dry biomass
(storable)

Intermediates

(limited spatial and temporal flexibility)



Product gas

Biogas

Pyrolysis oil

Energy carrier

(storable, large spatial and temporal flexibility)

CO₂

Hydrogen

Methanol

Methane

LNG

CO₂

Pellets, Chips

Stabilised Oil

Application

(variable)

- already applied
- demonstrated technically, but no business case yet
- under development

Industry (e.g. high temperature heat)

Heat (storage) & (flexible) Power



DeCIRRA Flexible Wasserstoffzugabe (PtX)

Feedstocks

Intermediates

(limited spatial and temporal flexibility)

Energy carrier

(storable, large spatial and temporal flexibility)

Application

(variable)

Wet biomass
(usually not storable)

Dry biomass
(storable)

Product gas

Biogas

Pyrolysis oil

H₂

H₂

H₂

Adding H₂ from
renewable electricity
(variable)

Methanol

Methane
LNG

Pellets, Chips

Stabilised Oil

- already applied
- demonstrated technically, but no business case yet
- under development

Industry (e.g. high temperature heat)

Heat (storage) &
(flexible) Power

DeCIRRA Negativemissionen (BECCS)

Feedstocks

Intermediates

(limited spatial and temporal flexibility)

Energy carrier

(storable, large spatial and temporal flexibility)

Application

(variable)

Wet biomass
(usually not storable)

Dry biomass
(storable)

Wooden buildings

Product gas

Biogas

Pyrolysis oil

CO₂

CO₂

H₂

CO₂ for BECCS,
if no H₂ addition
(variable)

Hydrogen

Methanol

Methane
LNG

Pellets, Chips

Bio-coal

Stabilised Oil

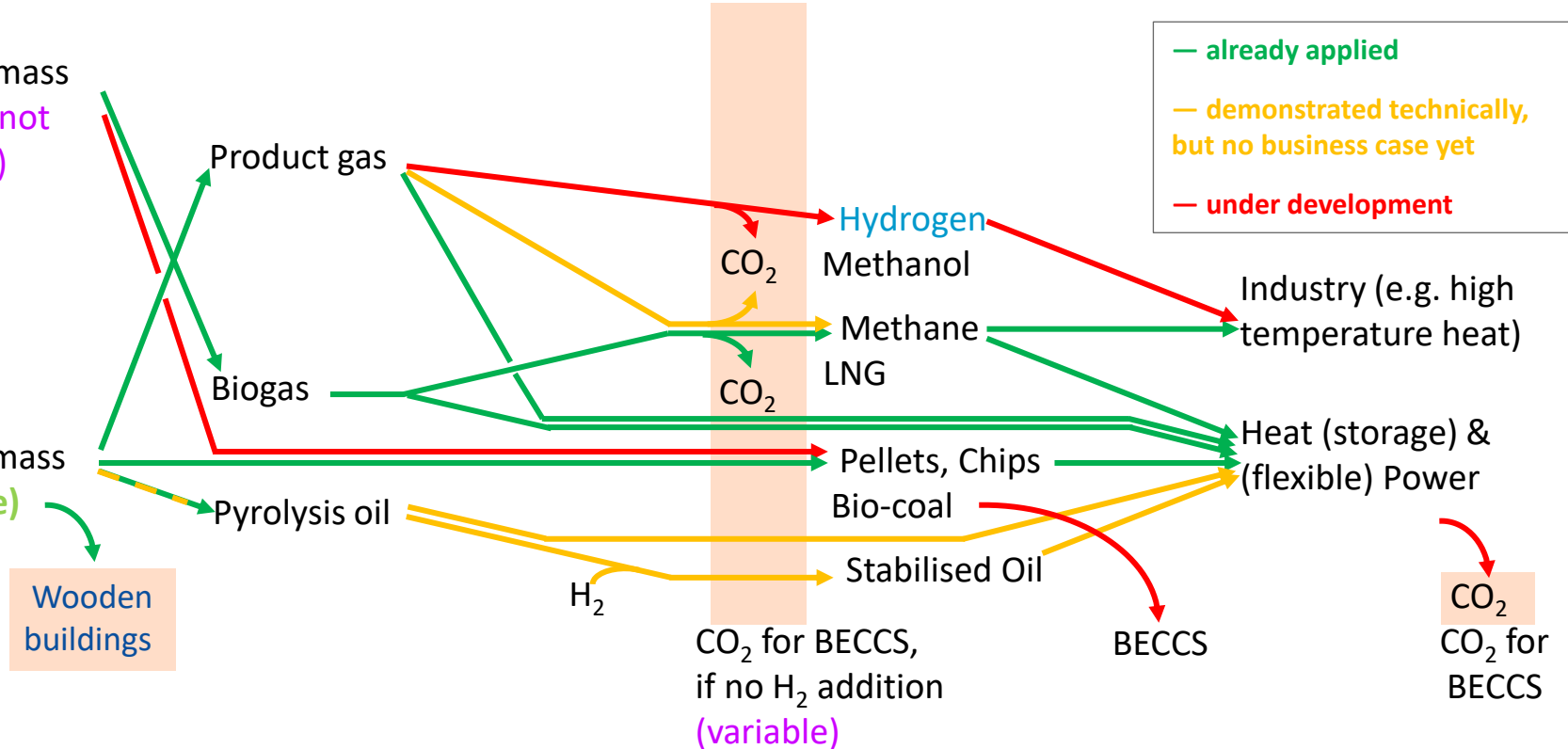
- already applied
- demonstrated technically, but no business case yet
- under development

Industry (e.g. high temperature heat)

Heat (storage) &
(flexible) Power

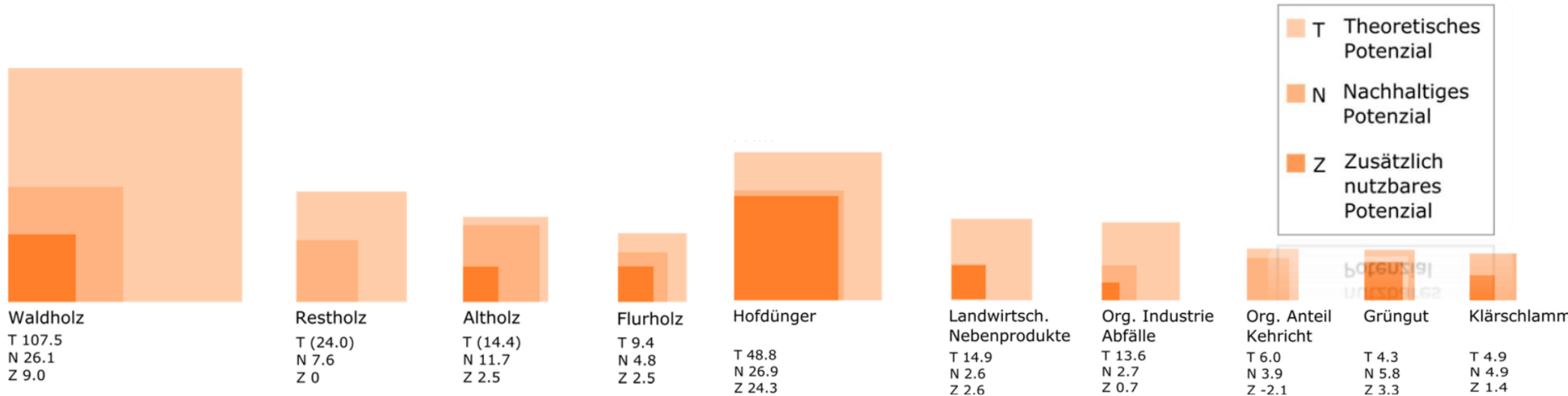
BECCS

CO₂
CO₂ for BECCS



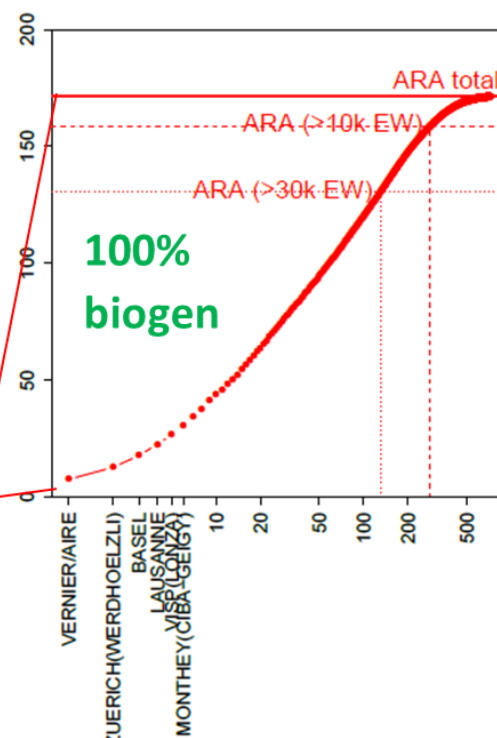
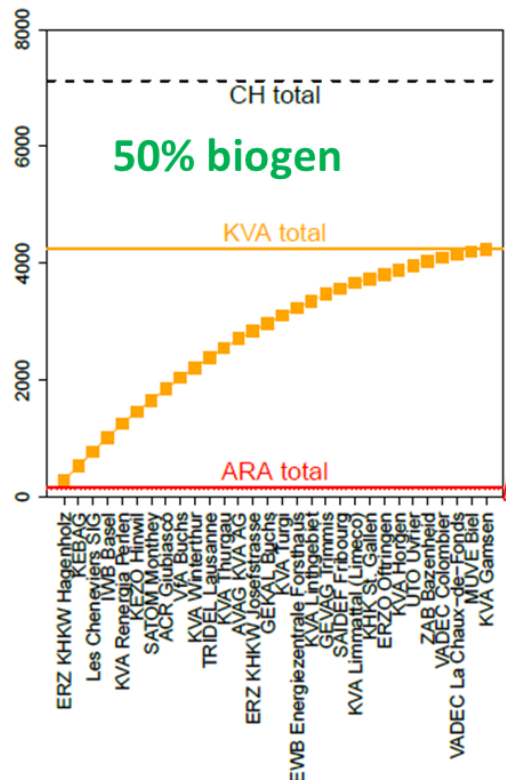
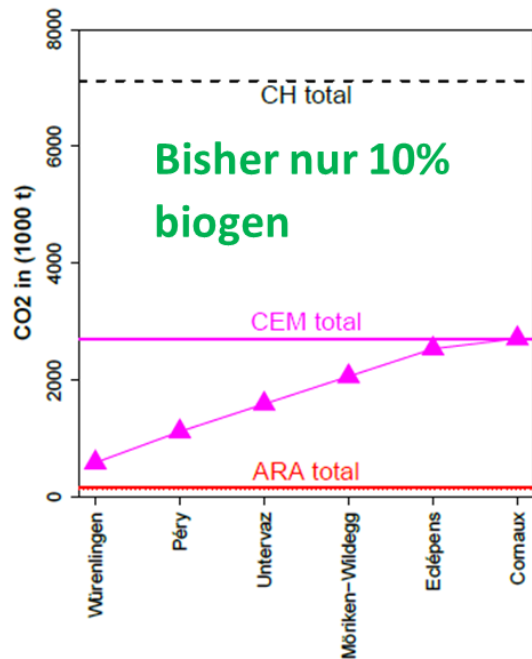
DeCIRRA Wofür limitierte Biomasse einsetzen?

- Die richtige Ressource für die richtige Anwendung am richtigen Ort (aee suisse)!
- Ortsgebundene Energiequellen zuerst nutzen (**Wärme, nasse Biomasse**)
- Nicht ortsgebundene und speicherbare Energieträger (**Holz, H₂, Biomethan, Methanol, ...**) für Energiedienstleistungen nutzen, die nicht einfach elektrifiziert werden können.



DeCIRRA Grösse stationäre CO₂-Quellen Schweiz

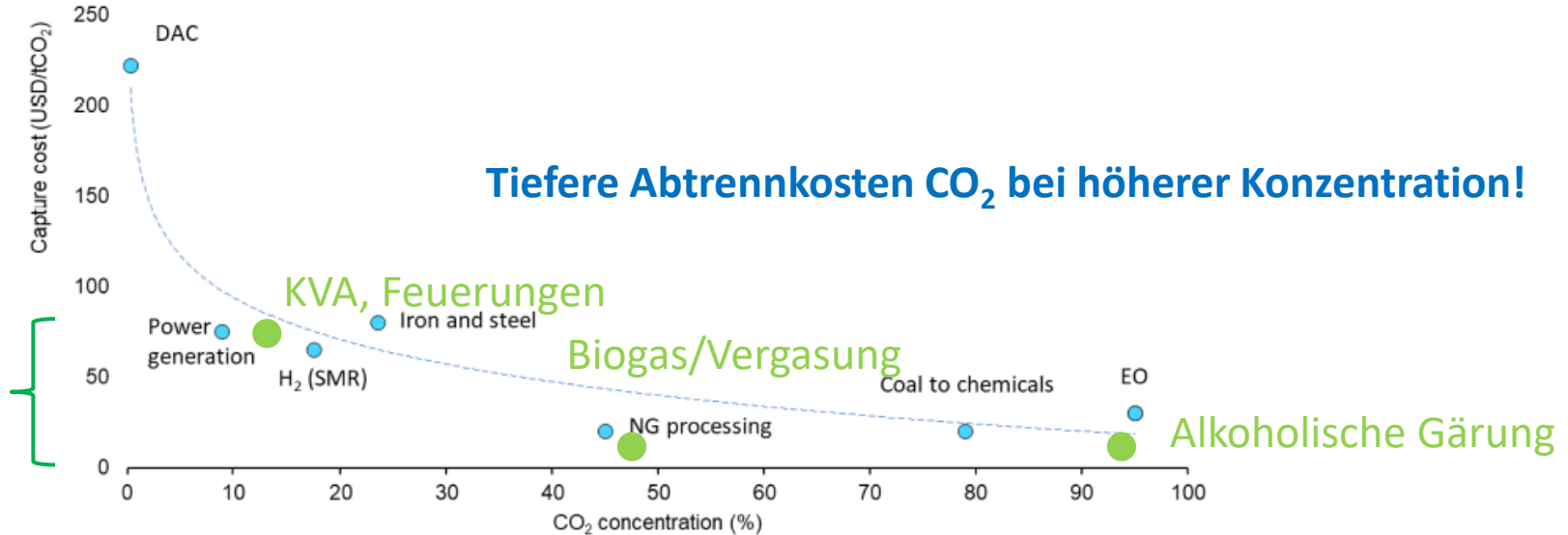
Weiteres biogenes Potential: Holzfeuerungen/-vergasung, Gülle



Synergie: Negativemissionen beim Abtransport und Sequestrierung von fossilem CO₂!

DeCIRRA Verschiedene Punktquellen, CO₂-Konz., Kosten

CO₂ capture cost at varying CO₂ concentrations, 2020



IEA. All rights reserved.

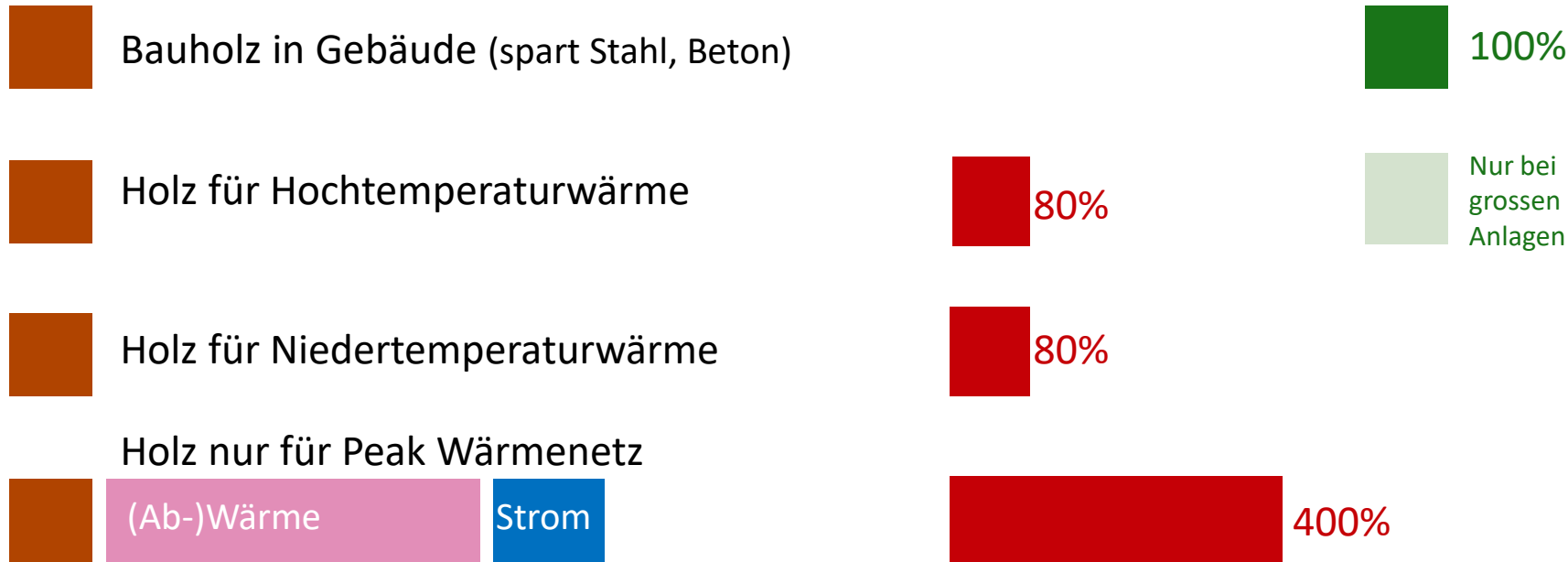
Notes: Average values by application. H₂ = hydrogen; SMR = steam methane reforming; NG = natural gas; EO = ethylene oxide. The empirical trend line shows the correlation between capture cost and CO₂ concentration.

DeCIRRA Wie limitiertes Holz nutzen? (Energie, Negativemissionen)

Holz-Input: 100% Energie,
100% Kohlenstoff

Nutzbare
Energie

Gespeicherter
Kohlenstoff/CO₂



Wärmepumpe spart Holz für andere Anwendungen = weniger Import!

DeCIRRA Wie limitiertes Holz nutzen? (Energie, Negativemissionen)

Holz-Input: 100% Energie,
100% Kohlenstoff

Nutzbare
Energie

Gespeicherter
Kohlenstoff/CO₂



Bauholz in Gebäude (spart Stahl, Beton)



100%



Holzvergasung + Synthese (Methan/Methanol)

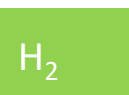


60%

Winter!



60%



H₂



Strom

Holzvergasung mit PtX



150%



150%

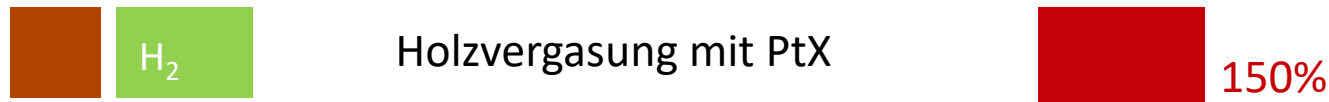
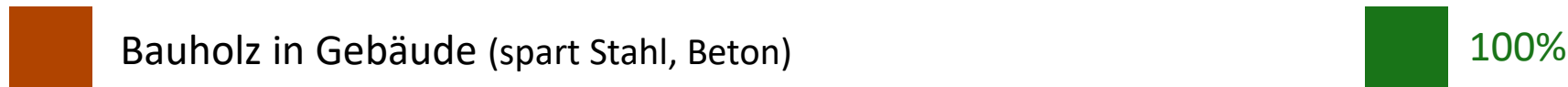
Sommer!

DeCIRRA Wie limitiertes Holz nutzen? (Energie, Negativemissionen)

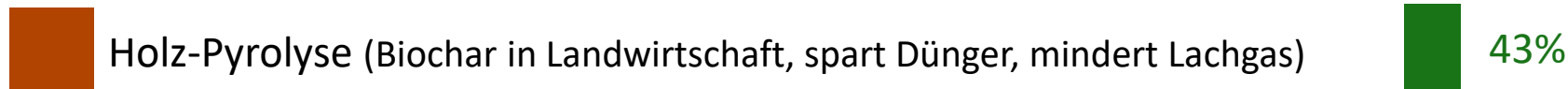
Holz-Input: 100% Energie,
100% Kohlenstoff

Nutzbare
Energie

Gespeicherter
Kohlenstoff/CO₂



**Holzvergasung und Synthese in Regionen mit CO₂-Infrastruktur und Gasnetz,
Pyrolyse/Biochar in den anderen Regionen!**



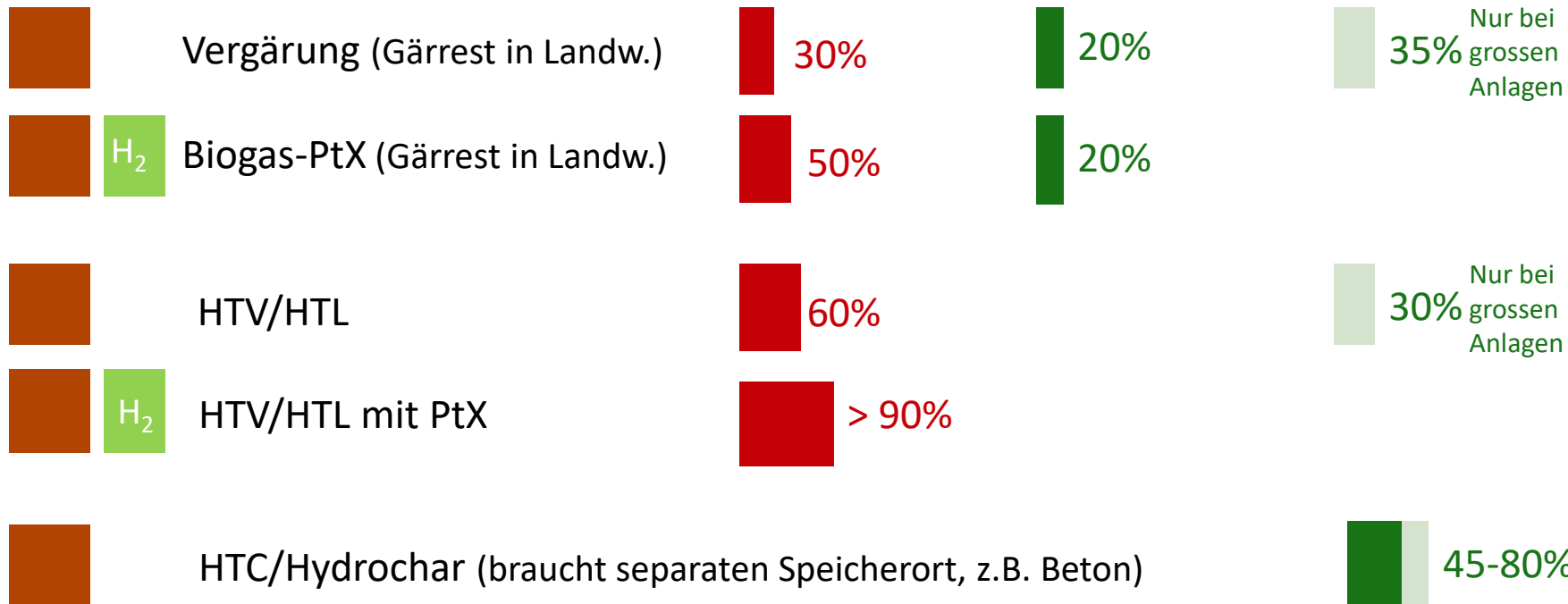
DeCIRRA Wie Nasse Biomasse nutzen? (Energie, Boden-C, NET)

Input: 100% Energie,
100% Kohlenstoff

Nutzbare
Energie

Boden-
Kohlenstoff

Gespeicherter
Kohlenstoff/CO₂



- Ortsgebundene Energiequellen zuerst nutzen (**Wärme, nasse Biomasse**); transportier- und speicherbare Energieträger (**Holz, H₂, Biomethan, Methanol, ...**) für schwer elektrifizierbare Energiedienstleistungen, z.B. in Industrie, und für Peak-Lasten.
- Mehr Wärmepumpen in Wärmenetzen; biogene Energieträger nur für die Spitzenlast
- Regularien sollten «Sommer»-PtX mit Biomasse unterstützen: mehr biogene Energieträger
- Inländische Biomasse soll in Gegenden mit CO₂-Infrastruktur bzw. Gasnetz eher für die Produktion von Biomethan oder Methanol genutzt werden als für Negativemissionen.
- Synergien beim CO₂-Transport von KVA/Industrie für Negativemissionen nutzen
- Bei Einsatz von (nasser) Biomasse für Negativemissionen muss man auf die Rückgabe von Nährstoff und Boden-Kohlenstoff achten.
- Mehr Forschung um die (Ko-)Benefits von Biochar, Hydrochar etc. besser zu verstehen

**Innovation project
supported by**



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Innosuisse – Swiss Innovation Agency

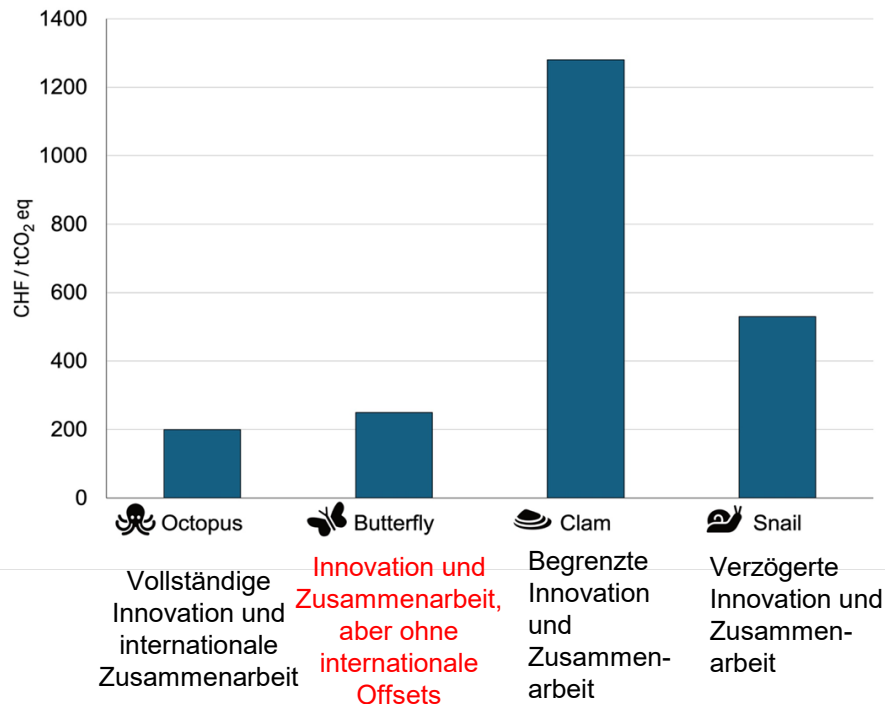
Prof. Dr. Regina Betz :: Leiterin Subprojekt 3 :: ZHAW

Bioenergie & NET: Regulatorische Randbedingungen & Akzeptanz - Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

DeCIRRA Konferenz 2026, 20.1.2026, Bern

- (1) Effizienz & Timing:** Optimale CCUS/NET-Kombination unter Berücksichtigung von Investitionszeitpunkten, internationaler Dimension (CO₂-Speicherung, H₂-Import), Zusatznutzen/-kosten? -> Szenarienbericht
- (2) Regulierung:** Welche Standards existieren? Welche Anpassungen sind nötig zur Incentivierung von CCUS/NET-Investitionen (Doppelzählung, Permanenz, Leakage)? -> Holzbau/TCCS, Biobased Solid Carbon Removals (Hydro-/Biochar)
- (3) Stakeholder:** Welche Akteure für erfolgreiche Planung, Umsetzung, Finanzierung und Kommunikation von CCUS und Infrastruktur einbinden? -> Stakeholderanalyse
- (4) Geschäftsmodelle:** Welche Politikinstrumente und Einnahmequellen existieren? -> Endbericht; Welche Lücken durch zusätzliche Regulierung schließen? -> Szenarienbericht
- (5) Akzeptanz:**
Welche Verteilungseffekte entstehen durch die Politiken? -> Modellierung
Welche CCUS-Technologien, Politiken und Fördermechanismen unterstützt die Schweizer Bevölkerung? -> Umfrage zu CO₂-Transportoptionen

Ergebnisse zu CCUS/NET-Kombination und Handlungsempfehlungen



- **Internationale Zusammenarbeit essentiell:** Energiemarkt, CO₂-Transport und -Kompensation zentral für kostengünstige Zielerreichung
- **Regulierung CCS-Infrastruktur:** Frühzeitige bundesweite Regelung für Abscheidung, Transport und Speicherung notwendig
- **Biomasse als limitierender Faktor:** Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung entscheidend für viele Technologien
- **Sektorübergreifende Koordination:** Netto-Null erfordert abgestimmte Regulierung über mehrere Bundesämter hinweg



1. **No-regret Option, essentiell für Netto-Null:** Regulierung sollte Anreize für CH- und Importholz setzen → Modellierung
2. **Zusatznutzen bei geringen Risiken:** Positive Klimawirkung plus Benefits entlang der Wertschöpfungskette (z.B. Waldwachstum), minimale Entwaldungsrisiken
3. **Standards:** Alle verlängern Speicherdauer und erhöhen Speichermenge, erfüllen aber langfristige Umweltintegritätskriterien (End-of-Life) noch nicht. Zeitgewinn für technische Lösungen
4. **Zukünftige Nachfrage:** Transportsektor erfüllt "schwer vermeidbar"-Kriterium nicht. Langfristig Nachfrage aus Landwirtschaft, Abfallverbrennung, Zement → Workshop 12/25
5. **Flankierende Massnahmen:** Wertschöpfungskette Wald-Holz benötigt zusätzliche Unterstützung (z.B. Fachkräfte-Offensive) → Workshop 12/25

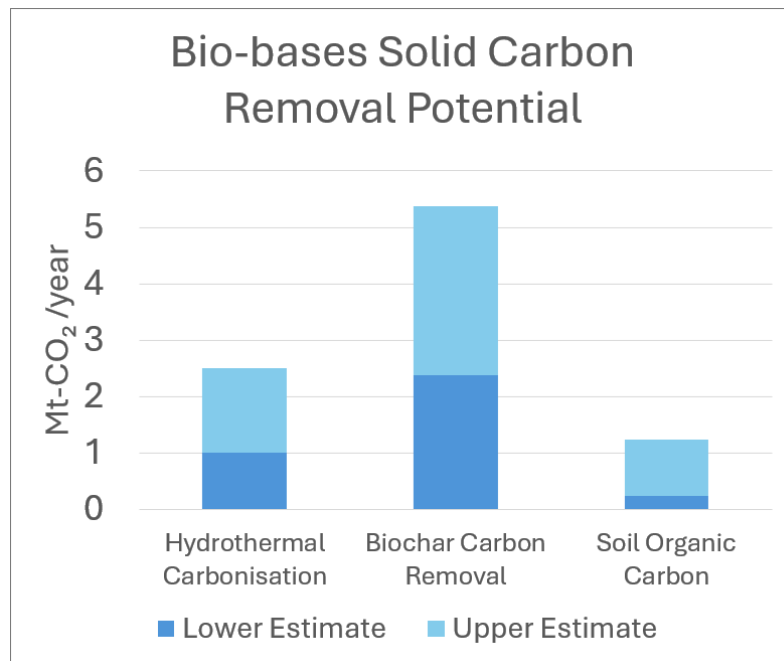
DeCIRRA Ergebnisse Biobased Solid Carbon Removals (BSCR) (Hydro-/Biochar, Soil Organic Carbon)

Erste Ergebnisse:

- Schätzungen aus der BSCR Fachgruppe gehen von **signifikanten Potentialen** für Hydro-, Biochar und Organischer Kohlenstoff für die **Schweiz** aus (4-9 Mt-CO₂/Jahr)
- BSCR könnte **bereits in 2030-2040 eingesetzt** werden und dezentral von Regionen und Städten vorangetrieben werden
- **Zusatznutzen** entstehen durch Emissionsreduktionen in der Landwirtschaft (0.5-1 Mt-CO₂eq/Jahr) und Bodenverbesserung

Ausblick:

- Kontrolle und Anpassung der Parameter für ETH Energie Modell (Gianfranco Guidati) anhand von neuesten Daten.
- Zukünftige Zuordnung von Biomasse auf verschiedene Nutzungen / Kaskaden , saisonale Anwendung



» DeCIRRA Handlungsempfehlungen Biobased Solid Carbon Removals (Hydro-/Biochar / Soil Organic C.)

- **Vernetzung & Zusammenarbeit der Akteure auf Ebene Politik, Wirtschaft und Forschung** sollte weiter gestärkt und institutionalisiert werden. *Derzeit sind verschiedenen BSCR Akteure eher unabhängig voneinander, DeCIRRA hat Zusammenarbeit initiiert.*
- **Transparenz und Information** unter allen Stakeholdern weiter verbessern: Technologien, Forschung & Marktanwendung. *Obwohl DeCIRRA aktiv informiert, ist das Thema BSCR in der Öffentlichkeit weniger bekannt.*
- Beseitigung von bestehenden **gesetzlichen Widersprüchen** und Hindernissen. Schaffung von **förderlichen Rahmenbedingungen**, die Produktion, Lagerung, Zertifizierung & Handel und besonders Pilotprojekte ermöglichen. Abgleich mit EU und Ländern mit mehr Erfahrung. *Die derzeitige CH Gesetzgebung verhindert / erschwert die Einlagerung sowohl im Ober- wie tiefen Boden. In anderen Ländern gibt es schon grosse Anlagen (Mexiko).*





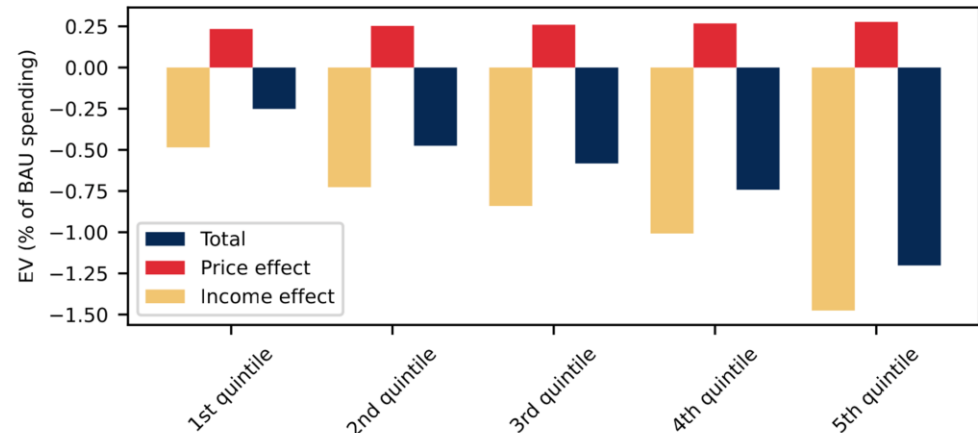
Vorläufige Ergebnisse Verteilungseffekte und Handlungsempfehlungen

Allgemeine Gleichgewichtseffekte: Vorläufige Ergebnisse bestätigen Literatur – Verteilungseffekte oft neutral bis progressiv

Härtefälle trotz progressiver Gesamtwirkung: Grosse Heterogenität innerhalb der Einkommensgruppen → einzelne Haushalte tragen überproportionale Mehrkosten, häufig im untersten Einkommensquintil

1. Kommunikation des Ergebnisses, dass die Defossilisierung im Trend progressiv ist (Reichere eher mehr trifft als Ärmere)
2. Einkommen aus Klimapolitiken (z.B. aus CO₂-Abgabe) an Bevölkerung rückverteilen.
3. Hilfestellung für Härtefälle vorbereiten

Verteilungseffekte über Einkommensquintilgruppen

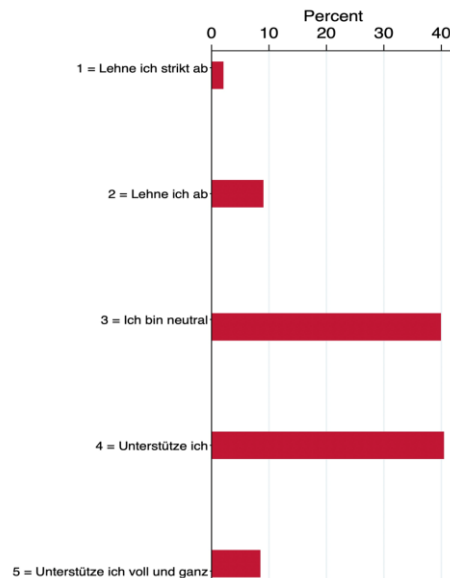


Anmerkung: Die höchsten Einkommen werden im 5th Quintile abgebildet, die niedrigsten im 1st Quintile.

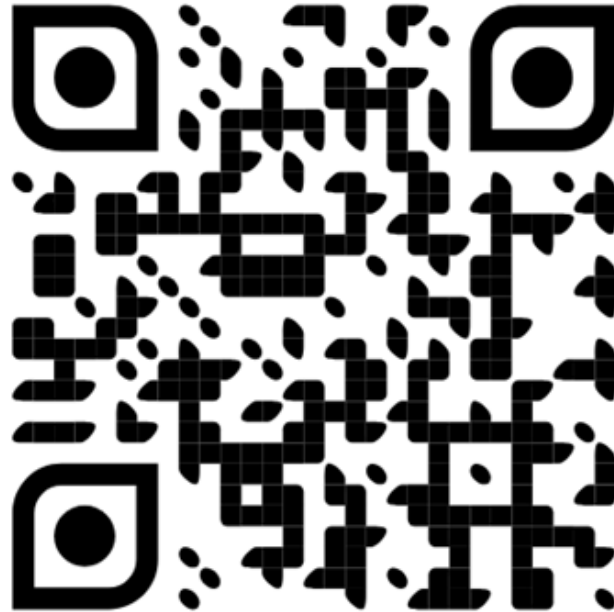
» DeCIRRA Ergebnisse Akzeptanz CO₂ Transportoptionen

1. Die **Unterstützung** für die Umnutzung einer **bestehenden Pipeline** ist signifikant höher als für eine neu zu bauende CO₂-Pipeline.
2. Eine **CO₂-Pipelinetransport** wird signifikant höher unterstützt **als Zug und Lastwagen**.
3. Der **Zug-Transport** wird signifikant **höher** unterstützt als der Transport mit dem **Elektro-Lastwagen**.
4. **Zusatzinformationen** über die **heutigen CO₂-Transporten** aus dem Ausland in die Schweiz für industrielle Zwecke **erhöht die Unterstützung** signifikant. → **aktiv kommunizieren**
5. **Zusatzinformationen** zum Thema **Sicherheit/Risiko** macht beim Zug- (Szenario 2b) und beim Lastwagentransport (Szenario 3b) **keinen signifikanten Unterschied** für die Unterstützung.

Inwieweit unterstützen Sie diesen möglichen Transportweg zu einer permanenten CO₂-Speicherstätte?



Folgen Sie dem untenstehenden QR-Code auf FindMind für die Resonanz der Handlungsempfehlungen mit Abstimmungen.



	Ø	Meine volle Zustimmung 1	Tendenziell meine Zustimmung 2	Neutral. Ich habe noch keine Meinung 3	Tendenziell Ablehnung der Aussage 4	Ablehnung der Aussage (nicht einverstanden) 5
⚠ Ortsgebundene Energiequellen zuerst nutzen (Wärme, nasse Biomasse); transportier- und speicherbare Energieträger (Holz, H₂, Biomethan, Methanol, ...) für schwer elektrifizierbare Energiedienstleistungen, z.B. in Industrie, und für Peak-Lasten.	Ø: 1.39 Σ: 31	22 70.97%	7 22.58%	1 3.23%	1 3.23%	
⚠ Mehr Wärmepumpen in Wärmenetzen; biogene Energieträger höchstens für die Spitzenlast (bei sehr niedrigen Temperaturen)	Ø: 1.69 Σ: 32	20 62.50%	6 18.75%	3 9.38%	2 6.25%	1 3.13%
⚠ Regularien sollten «Sommer»-PTX mit Biomasse als CO₂-Quelle unterstützen: mehr biogene Energieträger aus der Biomasse erhalten.	Ø: 1.9 Σ: 31	16 51.61%	6 19.35%	5 16.13%	4 12.9%	
⚠ Inländische Biomasse soll in Gegenden mit CO₂-Infrastruktur bzw. Gasnetz eher für die Produktion von Biomethan oder Methanol genutzt werden als für Negativemissionen.	Ø: 2.48 Σ: 31	10 32.26%	7 22.58%	5 16.13%	7 22.58%	2 6.45%
⚠ Synergien beim CO₂-Transport von KVA/Industrie für Negativemissionen nutzen	Ø: 1.66 Σ: 32	19 59.38%	8 25%	3 9.38%	1 3.13%	1 3.13%
32 Teilnehmer	Σ: 157	Σ: 87	Σ: 34	Σ: 17	Σ: 15	Σ: 4

	Ø	Meine volle Zustimmung 1	Tendenziell meine Zustimmung 2	Neutral. Ich habe noch keine Meinung 3	Tendenziell Ablehnung der Aussage 4	Ablehnung der Aussage (nicht einverstanden) 5
▼ Bei Einsatz von (nasser) Biomasse für Negativemissionen muss man auf die Rückgabe von Nährstoff und Boden-Kohlenstoff achten	Ø: 2.12 Σ: 26	9 34.62%	10 38.46%	4 15.38%	1 3.85%	2 7.69%
▼ Mehr Forschung um die (Ko-)Benefits von Biochar, Hydrochar etc. besser zu verstehen	Ø: 1.88 Σ: 26	9 34.62%	13 50%	2 7.69%	2 7.69%	
▼ Sektorübergreifende Koordination erforderlich: Netto-Null erfordert abgestimmte Regulierung über mehrere Bundesämter hinweg	Ø: 1.19 Σ: 26	21 80.77%	5 19.23%			
▼ Holzbau ist eine No-regret Option für Netto-Null und bringt Zeitgewinn für technische Lösungen mit Zusatznutzen bei geringen Risiken	Ø: 1.26 Σ: 27	20 74.07%	7 25.93%			
▼ CDR*-Standards Holzsenke/Speicherung verlängern Speicherdauer und erhöhen Speichermenge, erfüllen aber langfristige Umweltintegritätskriterien (End-of-Life) noch nicht, dies sollte politisch adressiert werden. (CDR= Carbon Dioxid Removal)	Ø: 2.27 Σ: 26	4 15.38%	11 42.31%	11 42.31%		
▼ Neue Nachfrage nach CDR-Zertifikaten schaffen von "schwer vermeidbar" eingestuft Sektoren - Transportsektor erfüllt dieses Kriterium nicht.	Ø: 2.38 Σ: 26	5 19.23%	8 30.77%	11 42.31%	2 7.69%	
▼ Flankierende Massnahmen erforderlich: Wertschöpfungskette Wald-Holz benötigt zusätzliche Unterstützung (z.B. Fachkräfte-Offensive)	Ø: 2.31 Σ: 26	5 19.23%	12 46.15%	6 23.08%	2 7.69%	1 3.85%
▼ Für BSCR sollten bestehende gesetzliche Widersprüche/Hindernisse abgebaut und förderliche Rahmenbedingungen geschaffen werden. (BSCR = Biobased Solid Carbon Removals)	Ø: 1.92 Σ: 26	9 34.62%	10 38.46%	7 26.92%		
▼ Regulierungen sollten Hilfestellung für Härtefälle vorsehen	Ø: 2.04 Σ: 26	10 38.46%	7 26.92%	8 30.77%		1 3.85%
27 Teilnehmer	Σ: 235	Σ: 92	Σ: 83	Σ: 49	Σ: 7	Σ: 4