

Herzlich Willkommen zur Auftaktveranstaltung “Direct Air Capture made in Baden-Württemberg”



Stuttgart, 24. September 2023,
11:00 – 13:30 Uhr



Agenda

Kick-Off Industriedialog „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

- Begrüßung am ZSW (Prof. Dr. Frithjof Staiß, ZSW)
- Grußwort des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg (Ministerialdirektor Berthold Frieß)
- Markt- und Wertschöpfungspotentiale Direct Air Capture (Maike Schmidt, ZSW)
- Anwendungsbeispiel Haru Oni (Constanze Scholz, Porsche)
- Entwicklungsstand Direct Air Capture (Dr. Marc-Simon Löffler, ZSW)
- Direct Air Capture made in Baden-Württemberg (M.Sc. Raphael Vollmer, ZSW)
- Rückfragen und Diskussion
- Laborbesichtigung mit DAC-Prototypen
- Get Together
- Ende gegen 13:30 Uhr



ZSW - 35 Jahre Forschung, Entwicklung und Technologietransfer



- gemeinnützige Stiftung, gegründet 1988
- institutionell gefördert vom Land Baden-Württemberg
- aktuell ca. 50 Mio. € Umsatz (ohne Investitionen),
gesamt ca. 90 Mio. €, über 20 Mio. € direkte Industriemittel
- Bilanzsumme 2022: 165 Mio. €,
davon 146 Mio. € Anlagevermögen
- aktuell 340 Beschäftigte und etwa 110 Studierende
- weitere Informationen unter www.zsw-bw.de



Stuttgart



Widderstall/Merklingen



Stötten/Geislingen



Ulm



POLITIKBERATUNG



WINDENERGIE



BATTERIEN



PHOTOVOLTAIK



WASSERSTOFF



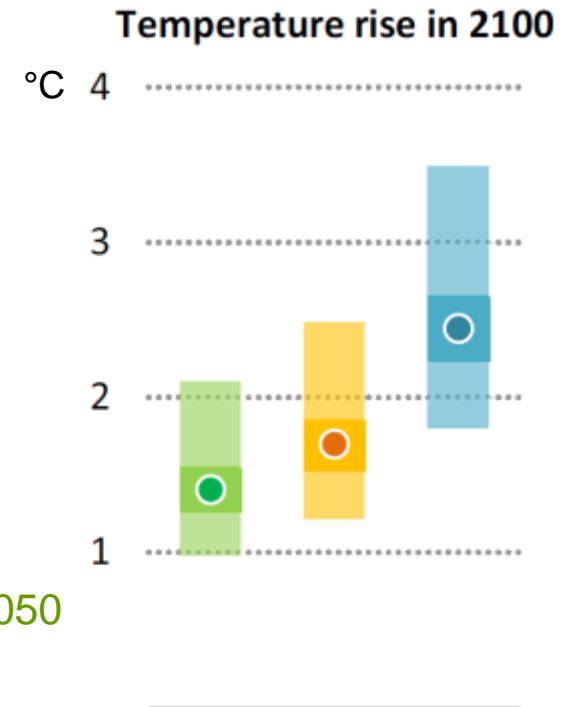
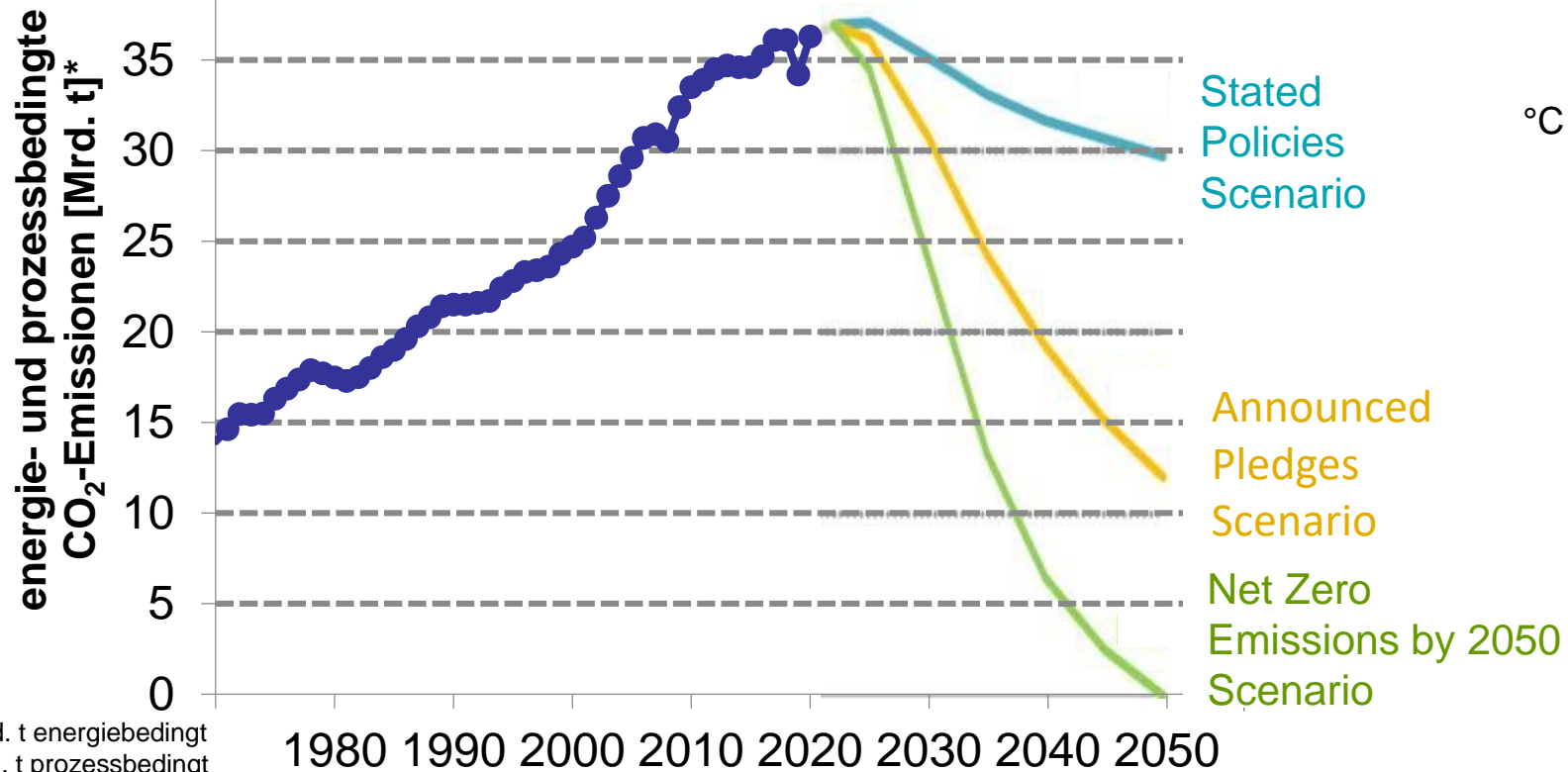
BRENNSTOFFZELLEN



Warum Direct Air Capture?



Um die Erderwärmung zu begrenzen, wird die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes allein nicht ausreichen – ebenso muss CO₂ in großem Umfang aus der Atmosphäre entfernt werden. Es kann anschließend als Rohstoff für erneuerbare synthetische Kraftstoffe (eFuels) sowie verschiedenste chemische und technische Produkte und Anwendungen genutzt (CCU) bzw. dauerhaft gespeichert werden (CCS).



*2021 ca. 33,6 Mrd. t energiebedingt
ca. 2,7 Mrd. t prozessbedingt

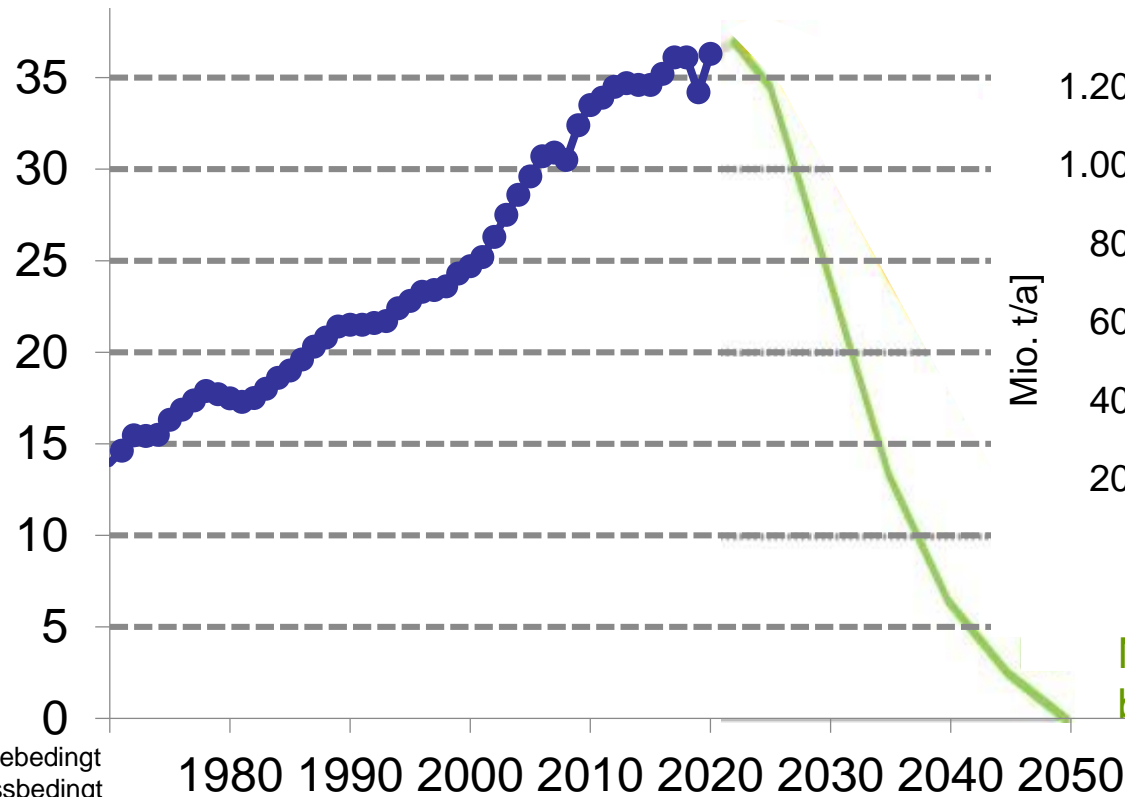
Die globale Bedeutung von DAC auf dem Weg zur Klimaneutralität



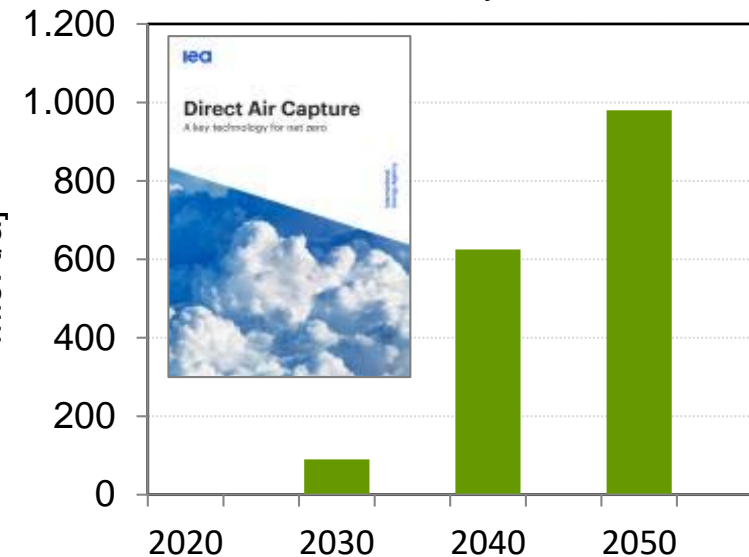
“The scale-up of DAC deployment in the **Net Zero Scenario** implies an average of more than **30 DAC plants of 1 Mt/year** being added **each year** during 2020-2050.”

➔ Damit dürfte im Jahr 2030 ein Investitionsvolumen von bis zu 10 Mrd. € verbunden sein.

energie- und prozessbedingte
CO₂-Emissionen [Mrd. t]*



Globale CO₂-Abscheidung mittels DAC im „Net Zero Emissions by 2050“-Szenario



Net Zero Emissions
by 2050 Scenario

*2021 ca. 33,6 Mrd. t energiebedingt
ca. 2,7 Mrd. t prozessbedingt

Wo stehen wir heute weltweit...



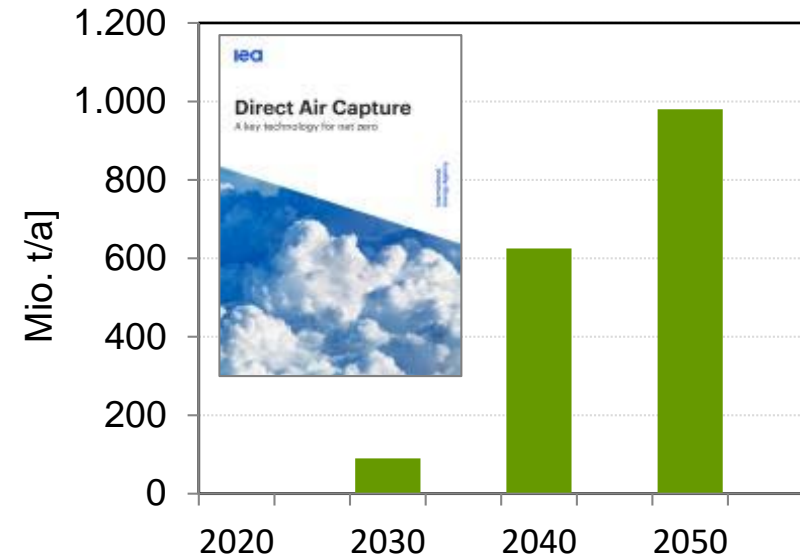
*“The scale-up of DAC deployment in the **Net Zero Scenario** implies an average of more than **30 DAC plants of 1 Mt/year** being added **each year** during 2020-2050.”*

➔ Damit dürfte im Jahr 2030 ein Investitionsvolumen von bis zu 10 Mrd. € verbunden sein.



- <10 Entwicklungsaktivitäten von DAC-Technologien mit Referenzanlagen weltweit.
- Keine industriellen Aktivitäten in Baden-Württemberg.
- Große Potenziale im Maschinen- und Anlagenbau und der Zulieferindustrie.

Globale CO₂-Abscheidung mittels DAC im „Net Zero Emissions by 2050“-Szenario

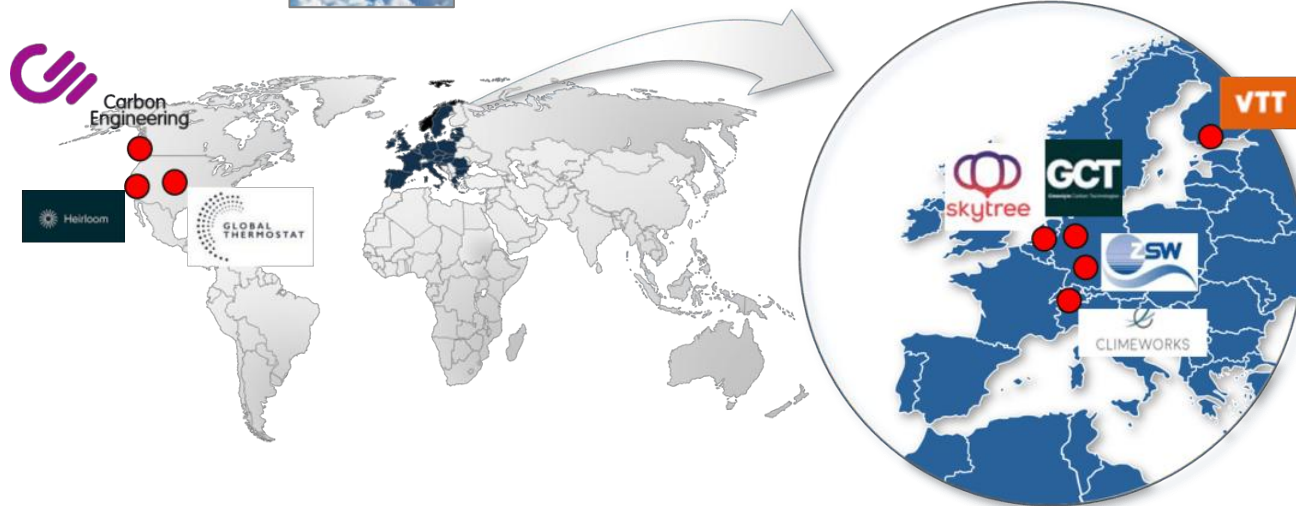


Wo stehen wir heute weltweit ... und welche Chancen ergeben sich daraus für Baden-Württemberg



*“The scale-up of DAC deployment in the **Net Zero Scenario** implies an average of more than **30 DAC plants of 1 Mt/year** being added **each year** during 2020-2050.”*

➔ Damit dürfte im Jahr 2030 ein Investitionsvolumen von bis zu 10 Mrd. € verbunden sein.



„Wir wollen Baden-Württemberg zum weltweit führenden Anbieter von Prozesstechnik und Anlagenbau für die Erzeugung von reFuels machen. Dabei werden wir ein besonderes Augenmerk darauf legen, Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft miteinander zu verzahnen (S. 129).“

- <10 Entwicklungsaktivitäten von DAC-Technologien mit Referenzanlagen weltweit.
- Keine industriellen Aktivitäten in Baden-Württemberg.
- Große Potenziale im Maschinen- und Anlagenbau und der Zulieferindustrie.



DAC BW

DIRECT AIR CAPTURE MADE
IN BADEN-WÜRTTEMBERG

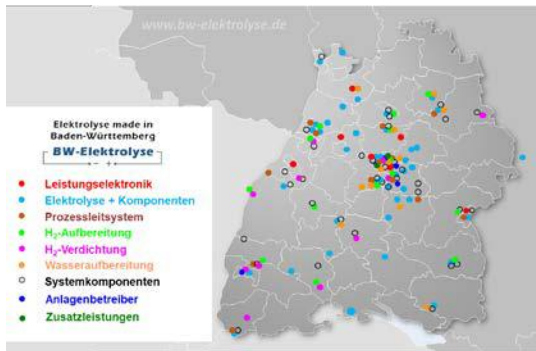


Erfolgsbeispiel "Elektrolyse made in Baden-Württemberg"

Initiierung einer Elektrolyse- & Komponentenfertigung in Baden-Württemberg www.bw-elektrolyse.de

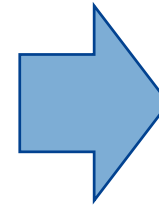
Industriedialog

- Technologieübergreifendes Netzwerk Elektrolyse aufgebaut.
- Mehr als 70 Unternehmen beteiligen sich bislang aktiv.



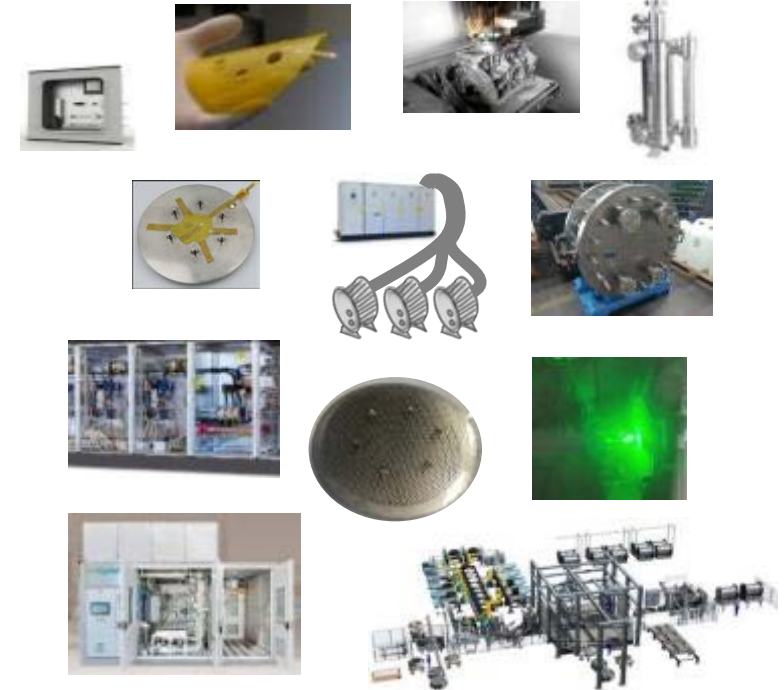
Demonstrator „made in BaWü“

- Elektrolyseure können „made in BaWü“ hergestellt werden.
- Über 40 Firmen haben Komponenten und Technologien eingebracht.



Industrietransfer

- Zahlreiche Produktentwicklungen konnten bereits initiiert werden.
- Erste Unternehmen beginnen mit dem Aufbau von Fertigungskapazitäten.



Erfolgsbeispiel "Elektrolyse made in Baden-Württemberg"

HERSTELLUNG VON WASSERSTOFF MIT UMRICHTERN VON EMA INDUSTEC

Die EMA-Gruppe hat die Produktion von Wasserstoff mit Umrichtern von EMA INDUSTEC...

changes Gas geben beim Wasserstoff

Grüner Wasserstoff hat das Potenzial, ganze Sektoren zu dekarbonisieren. Doch um das rasch, emissionsfreie Energieerzeugnis zu bekommen, muss er in hohen Mengen hergestellt werden...

Wasserstoff-Container / PtG-Container

Wasserstoff gilt als Eckpfeiler der Energiewende und Wasserstoff-Container bzw. PtG-Container (Power-to-Gas) sind Teil dieser Entwicklung...

EBZ Gruppe steigt in die Entwicklung und Produktion von Elektrolyseblöcken ein

Um die Wasserstofftechnologie nachhaltig zukunftsfähig zu machen, ist eine Industrialisierung der Elektrotechnik und der rasche Aufbau von Fertigungskapazitäten erforderlich...

PTZ Weidner hat den Dreh raus

Das Unternehmen ist mit Ringtrennmaschinen erfolgreich. Weil die Kapazitäten am Firmensitz in Balingen an ihre Grenzen gekommen sind, will die Familie aus Sigmaringen im Zollernalb expandieren.

EDUR-MEHRPHASENPUMPEN FÜR INNOVATIVE WASSERSTOFF-TECHNOLOGIEN



MAFU GROUP NIMMT ERFOLGREICH AN DER WELTWEIT ERSTEN ONLINE WASSERSTOFF-MESSE TEIL

Die jüngste Online-Conference mit angeschlossener virtueller Messe war die weltweit erste online Wasserstoff-Messe und wurde als 24-Stunden-Konferenzmarathon abgehalten...

VOSS Verbindungssysteme für Wasserstoffsysteme und Brennstoffzellen

VOSS entwickelt und fertigt einbaufertige Leitungen und Verbindungsteile für den Transport von Wasserstoff in den verschiedensten zukunftsrelevanten Anwendungsbereichen...

ZSW und Ecoclean planen Serienfertigung für Elektrolyseure in Baden-Württemberg

Das Projekt „EcoLizer RW“ startet im Januar und will eine international wettbewerbsfähige Produktion von Elektrolyseuren etablieren...

Alkalischer Elektrolyseur (AEL)



Anwendungsbereich: Im ZSW-Projekt wird ein AEL-Modul für die Herstellung von Wasserstoff entwickelt...

FREUDENBERG SEALING TECHNOLOGIES

Von der Manufaktur zur Gigafabrik

Weinheim, 20. Juli 2023. Mit Dichtungen für Elektrolyseure trägt Freudenberg Sealing Technologies zu einer nachhaltigen Wasserstoffproduktion auf Basis von Sonnen- und Windstrom bei...

Nürtinger Firma Heller steigt in Wasserstoff-Technologie ein

Wirtschaft regional: Der Maschinenbauer entwickelt ein Verfahren, mit dem Wasserstoff deutlich effizienter und kostengünstiger hergestellt werden kann...

MEMBRANEN FÜR DIE ALKALISCHE WASSER-ELEKTROLYSE (AWE)

Bei der alkalischen Wasserelektrolyse handelt es sich um einen der ältesten, elektrochemischen Prozesse, mit einem bereits sehr ausgereiften System-Design...

R. Stahl will auf Flüssiggas und Wasserstoff setzen



Mit grünem Wasserstoff flott unterwegs

Innsbruck/Frankfurt o.M. – Für eine innovative Wasserstoff-Anlage des österreichischen Lebensmittel-Einzelhandelsunternehmens MPREIS hat SAMSON die Ventile geliefert...

Agenda

Kick-Off Industriedialog „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

- Begrüßung am ZSW (Prof. Dr. Frithjof Staiß, ZSW)
- **Grußwort des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg (Ministerialdirektor Berthold Frieß)**
- Markt- und Wertschöpfungspotentiale Direct Air Capture (Maike Schmidt, ZSW)
- Anwendungsbeispiel Haru Oni (Constanze Scholz, Porsche)
- Entwicklungsstand Direct Air Capture (Dr. Marc-Simon Löffler, ZSW)
- Direct Air Capture made in Baden-Württemberg (M.Sc. Raphael Vollmer, ZSW)
- Rückfragen und Diskussion
- Laborbesichtigung mit DAC-Prototypen
- Get Together
- Ende gegen 13:30 Uhr



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR VERKEHR

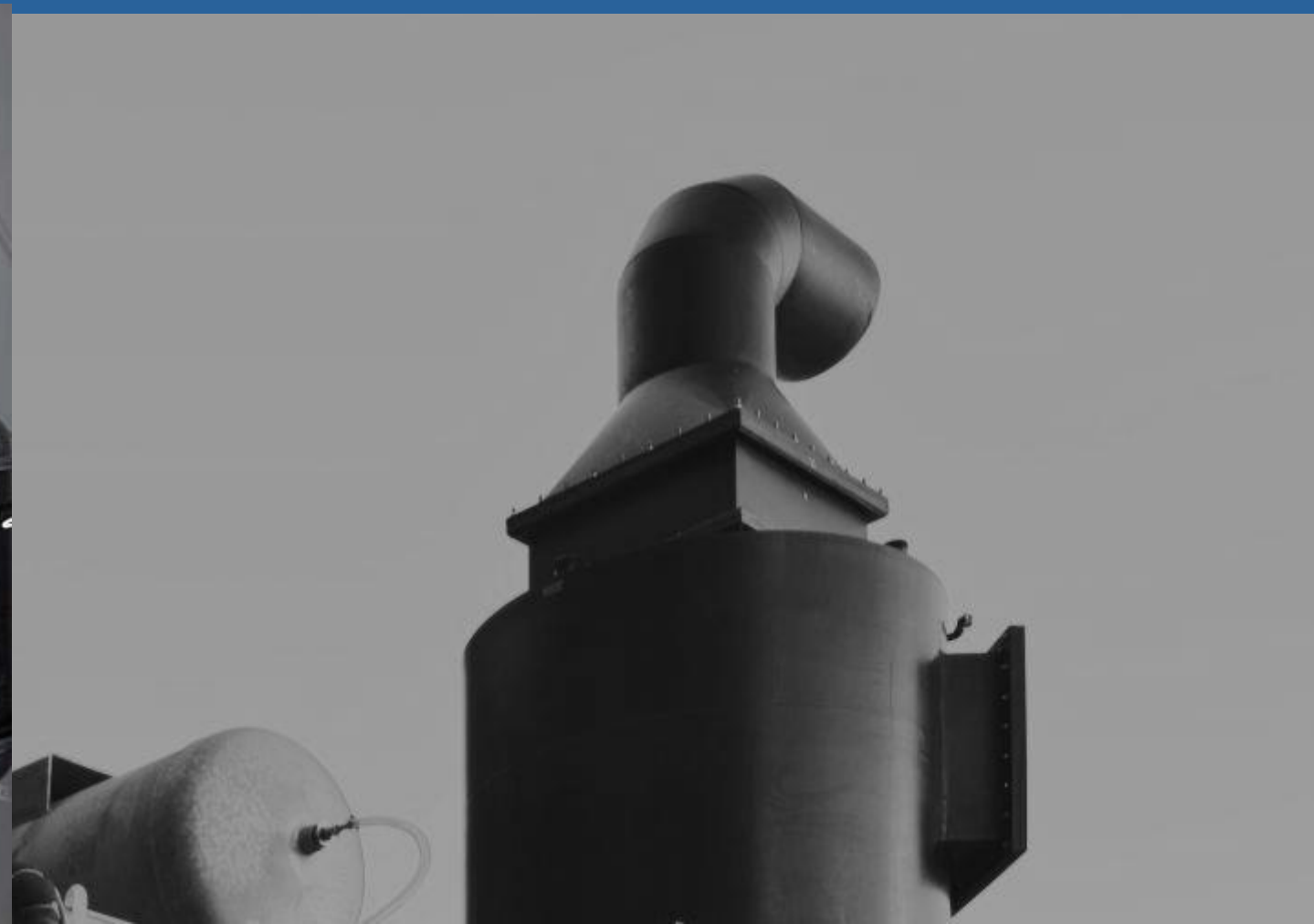


Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS





“Direct Air Capture made in Baden-Württemberg”



Agenda

Kick-Off Industriedialog „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

- Begrüßung am ZSW (Prof. Dr. Frithjof Staiß, ZSW)
- Grußwort des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg (Ministerialdirektor Berthold Frieß)
- **Markt- und Wertschöpfungspotentiale Direct Air Capture (Maike Schmidt, ZSW)**
- Anwendungsbeispiel Haru Oni (Constanze Scholz, Porsche)
- Entwicklungsstand Direct Air Capture (Dr. Marc-Simon Löffler, ZSW)
- Direct Air Capture made in Baden-Württemberg (M.Sc. Raphael Vollmer, ZSW)
- Rückfragen und Diskussion
- Laborbesichtigung mit DAC-Prototypen
- Get Together
- Ende gegen 13:30 Uhr



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR VERKEHR

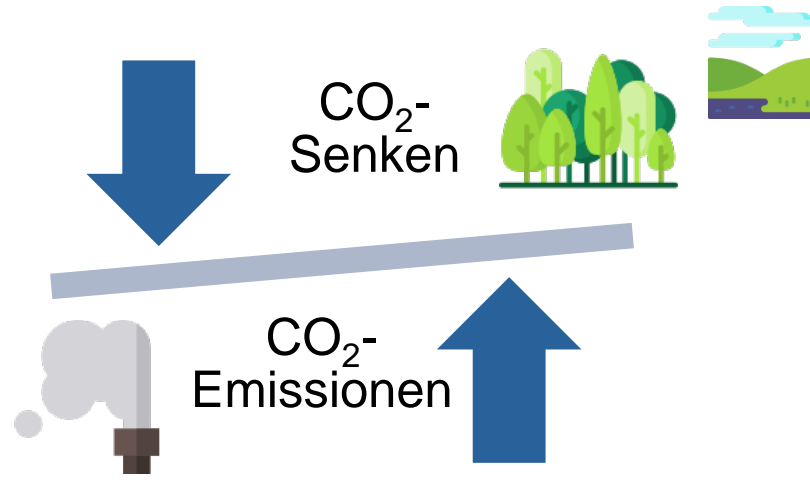


Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS



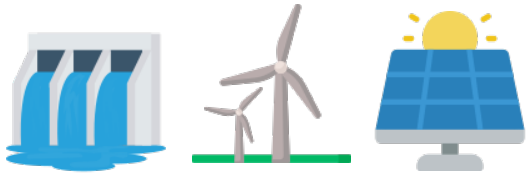
Klimaneutralität – was bedeutet das?

„Klimaneutralität bedeutet, dass noch genau so viel CO₂ ausgestoßen werden darf, wie über Senken wieder aufgenommen werden kann!“



Klimaneutralität – was bedeutet das?

Dekarbonisierung des
Energiesystems

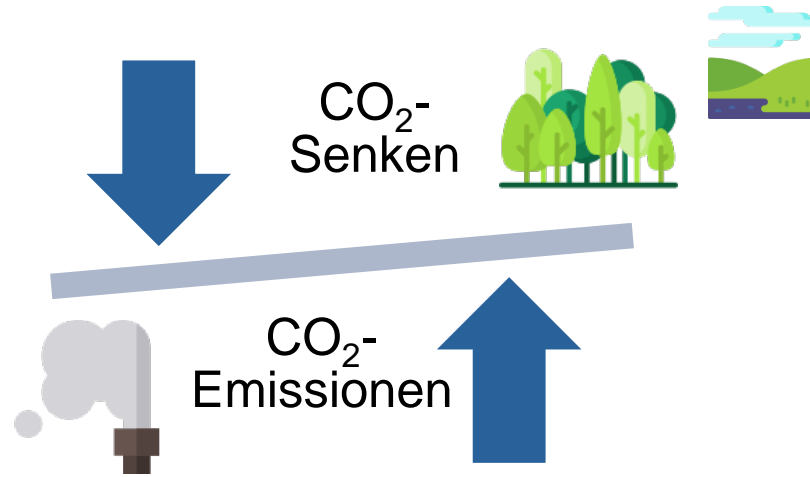


Strom aus
erneuerbaren
Energien

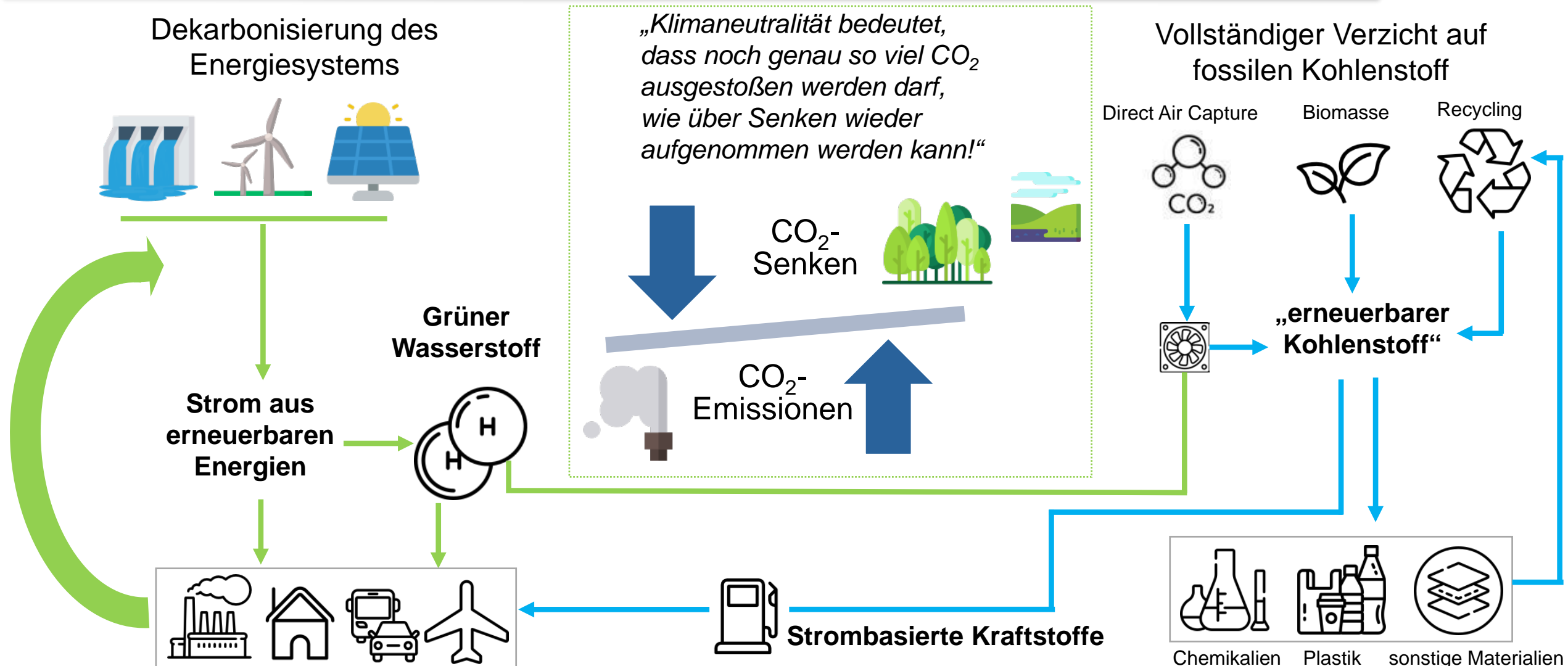
Grüner
Wasserstoff



*„Klimaneutralität bedeutet,
dass noch genau so viel CO₂
ausgestoßen werden darf,
wie über Senken wieder
aufgenommen werden kann!“*



Klimaneutralität – was bedeutet das?



CO₂-Bedarf

CCU-TRL für CO₂-Anwendungsbereiche

Physische Verwertung

Karbonisierung von Getränken	9
Kältemittelgas	9
Enhanced Oil Recovery (EOR)	9
Wasseraufbereitung: Ansäuerung/Neutralisierung und Entsalzung	
Enhanced Gas Recovery (EGR)	
Enhanced geothermal systems (EGS)	
Enhanced Coal Bed Methane Recovery (ECBM)	
Feuerlöschmittel	
Pharmazeutische Prozesse: Inertisierung, Extraktion mit superkritischen Flüssigkeiten oder Produkttransport	
Lebensmittelverarbeitung, -konservierung und - verpackung	
Imprägnierung von Waren	
Schädlingsbekämpfung	
Pneumatik	
Weinherstellung	
Entkoffeinierung von Kaffee	
Trockeneis	
Metallverarbeitung	
Zellstoff- und Papierverarbeitung	
Reinigungsmittel zum Beispiel in der Elektronik- und Textilindustrie	
Inertes Gas in der Chemie-, Lebensmittel-, Pharma- oder Metallindustrie	
Schutzgas beim Schweißen	

Biologische Umwandlung / Biomasse-Kultivierung

Produktion von Mikroalgen	7-8
Anbau von Gewächshauskulturen	9

Mineralisierung

Betonhärtung	7-8
Kalkstein für die Zementherstellung	7-8
Karbonisierung Bauxitrückstände	7-9
Schlackenkarbonisierung	7-8
Zuckerraffination (Weißzucker)	9
Natriumkarbonat (Na ₂ CO ₃)	6
Backnatron (Natriumbikarbonat)	8-9
Kalziumkarbonat (CaCO ₃)	7
Andere anorganische Karbonate (Mg/K ₂ /Li ₂ /SrCO ₃)	<7

Herstellung von Feinchemikalien

Isocyanate	1-3
Lactone	4
Azyklische Carbamate und Amide	2
Ungesättigte azyklische & alizyklische Monocarbonsäuren	2
Aromatische Monocarbonsäuren	2
Aromatische Polycarbonsäuren	2
Cumarine	2
Lactone (ohne Cumarine)	4

Herstellung von Bulk- Chemikalien

Harnstoff	9
Lignin	7-8
Salicylsäure	9
Essigsäure	3
Acrylsäure	3
Formaldehyd	1-3
Ethylen	7
Ethylenoxid	4
Propylen	7
Aceton	2
Styrol	1-3
Propionsäure	1-3
Acetaldehyd	2
Propanol	2
Oxalsäure	4
Methacrylsäure	1
Glyoxylsäure	4

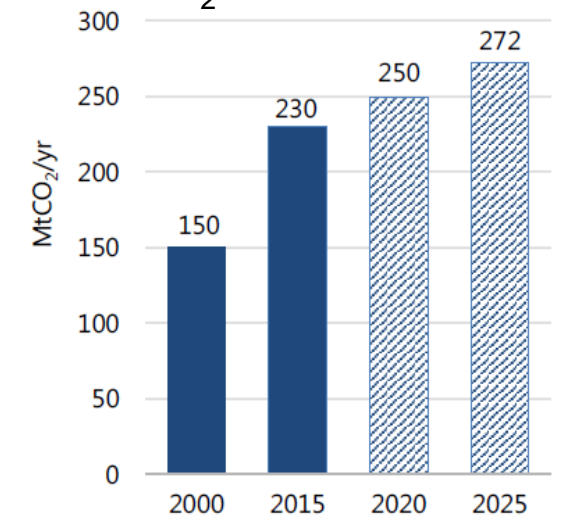
Herstellung von Polymeren

Herstellung von Propylencarbonat	7
Herstellung von Polyurethan	8-9
Herstellung von Polycarbonat (PEC und PPC)	9
Polyacrylat	7
Polymethyl-Methacrylat	7
BPA-Polycarbonat	9

Energieträger

Ameisensäure	3-5
Methanol	7-8
Methan	7-8
Ethanol	6
Dimethylether (DME)	3
Synthesegas	6
Synthetisches Naphtha	6
Synthetisches Benzin	6
Synthetischer Diesel	6
Synthetisches Kerosin	6
Synthetisches Heizöl (leicht)	6

CO₂-Bedarf heute



CO₂-Bedarfsentwicklung

Theoretisches Potenzial

+ > **5.000** Mt/CO₂ p.a.



für synthetische Kraftstoffe

+ bis **5.000** Mt/CO₂ p.a.



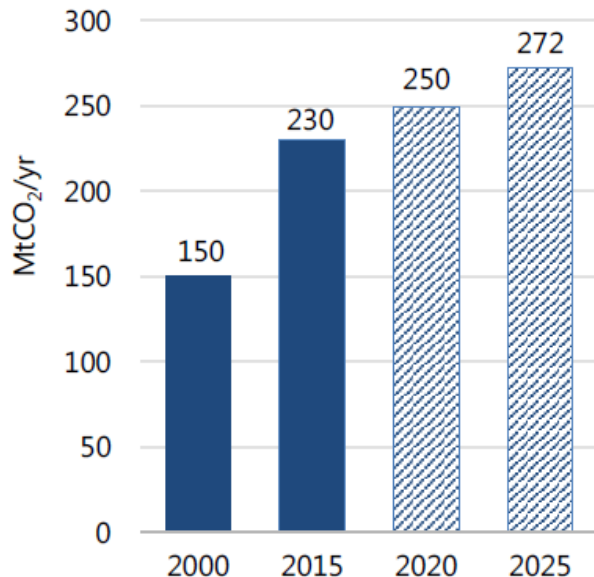
für chemische Zwischenprodukte und mineralische Karbonate

+ bis **1.000** Mt/CO₂ p.a.



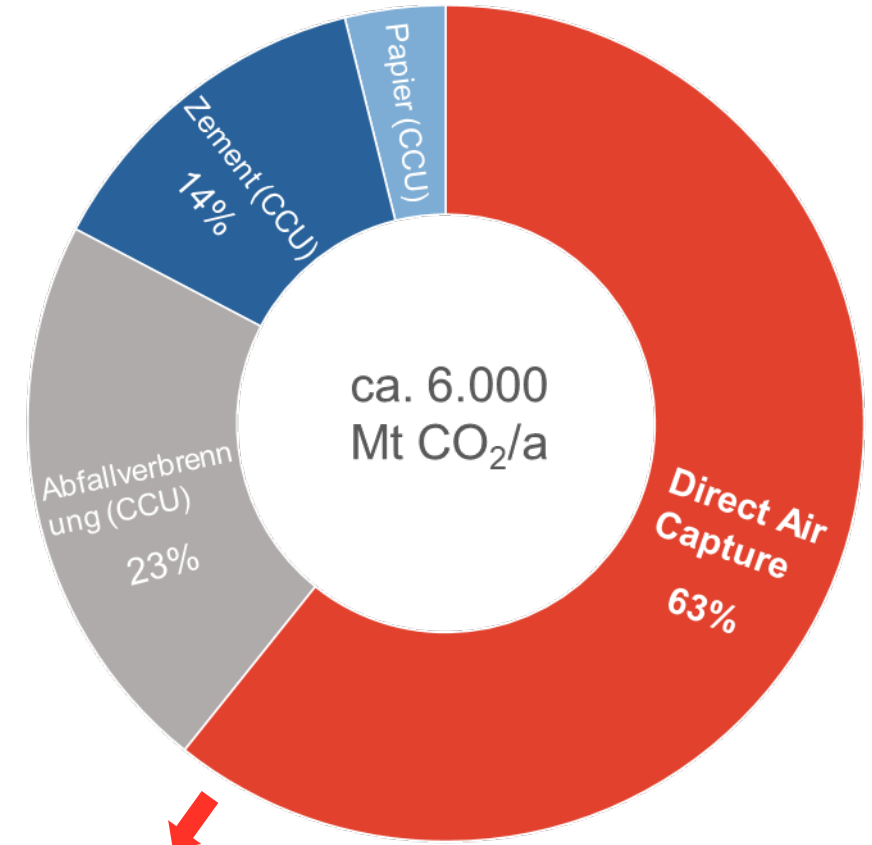
für Polymere

CO₂-Bedarf heute



Quelle: Putting CO₂ to use, IEA, 2019.

Entwicklung der CO₂-Nachfrage und CO₂-Bereitstellungspfade

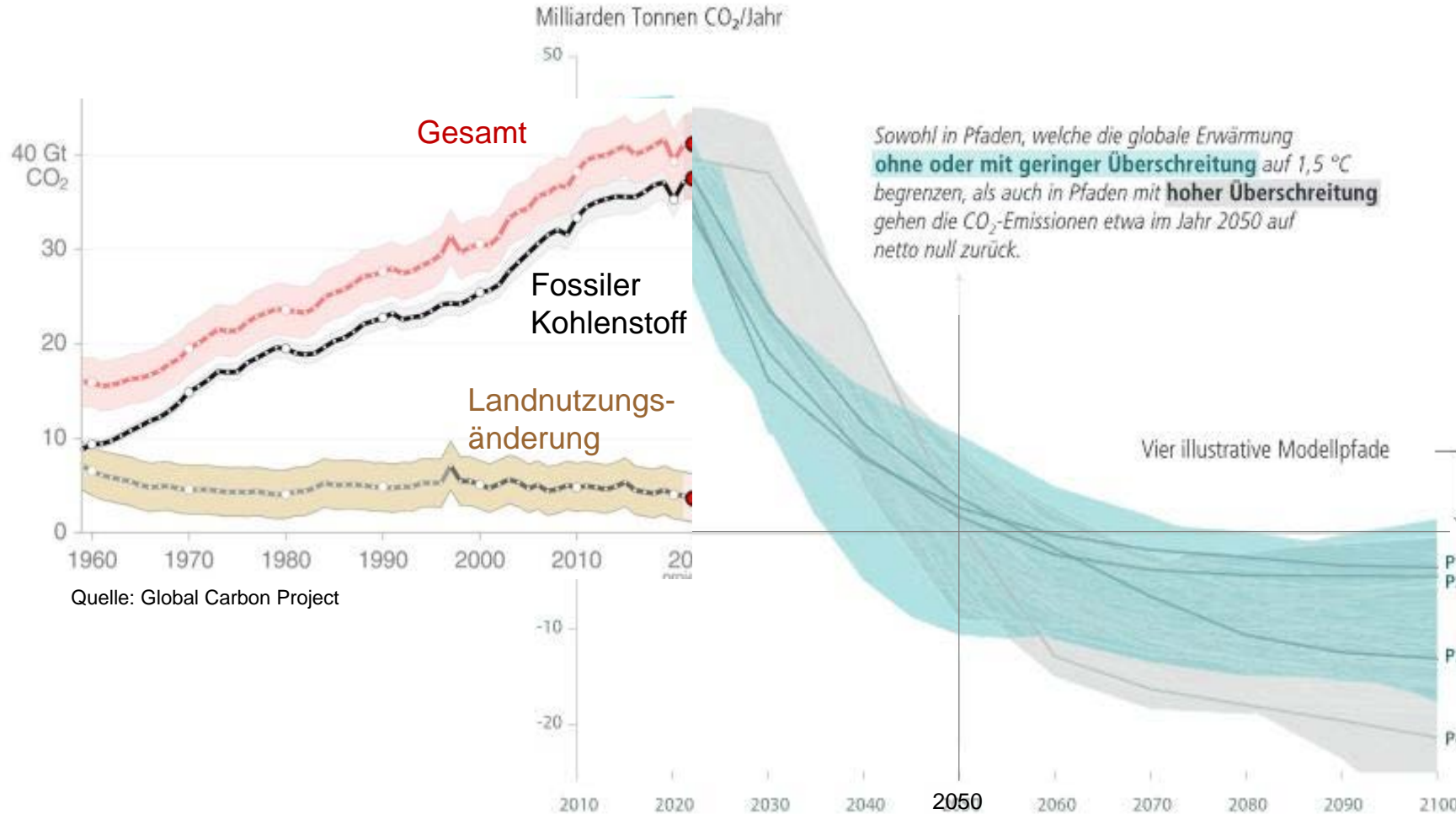


ca. 3.850 Mt CO₂/a aus Direct Air Capture

Quelle: Galimova et al. 2022.

Es geht nicht nur um die CO₂-Nutzung sondern auch um langfristige Entfernung und Speicherung von CO₂ aus der Atmosphäre...

Gesamte globale Netto-CO₂-Emissionen



Quelle: IPCC, 2018

In allen einschlägigen Klimaszenarien sind spätestens ab 2060 negative CO₂-Emissionen erforderlich, um langfristig den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre zu stabilisieren und damit den weiteren Temperaturanstieg zu verhindern.

Optionen für negative Emissionen:

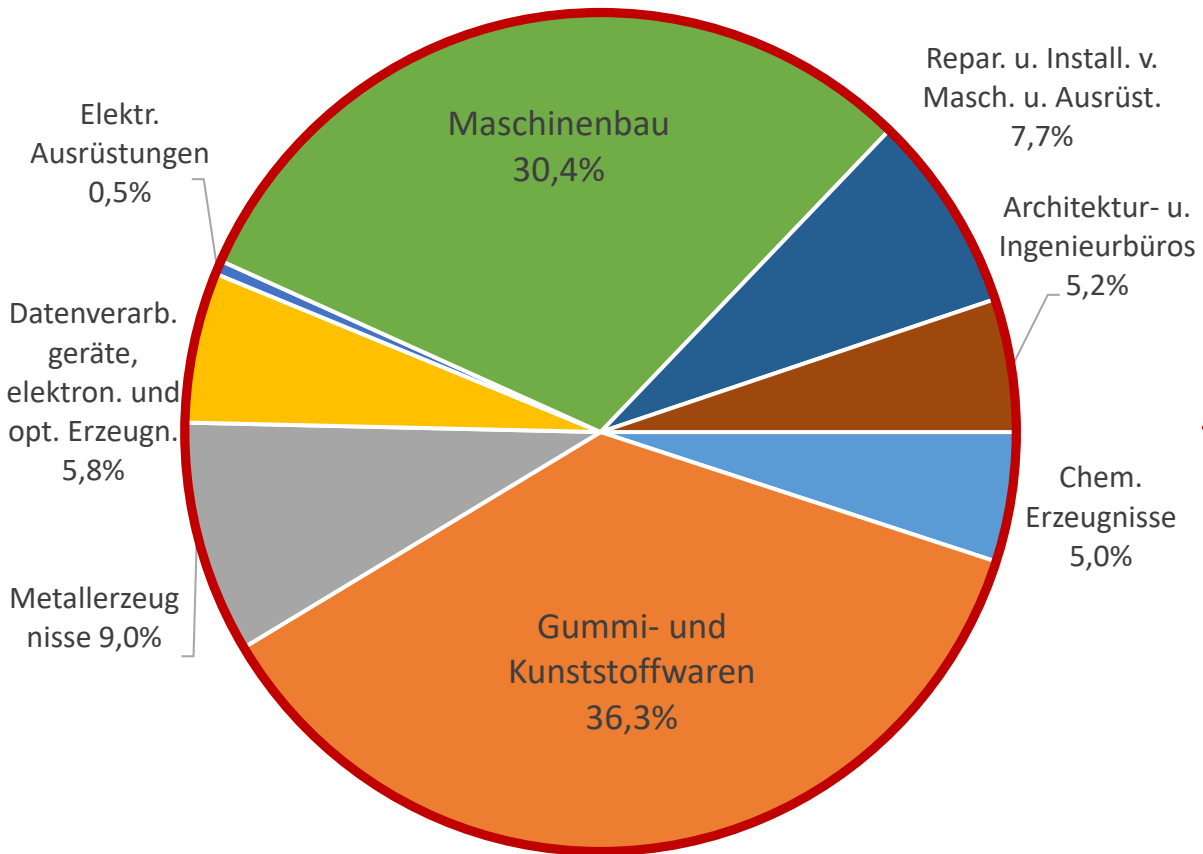
- Ausweitung natürlicher Senken
- Nutzung von Biomasse (Biokohle, Energetische Nutzung von Biomasse mit Carbon Capture and Storage)
- **Direct Air Capture**
- Enhanced Rockweathering

Möglicher zusätzlicher Bedarf für DAC-CO₂: **ca. 2,3 Gt CO₂ pro Jahr**

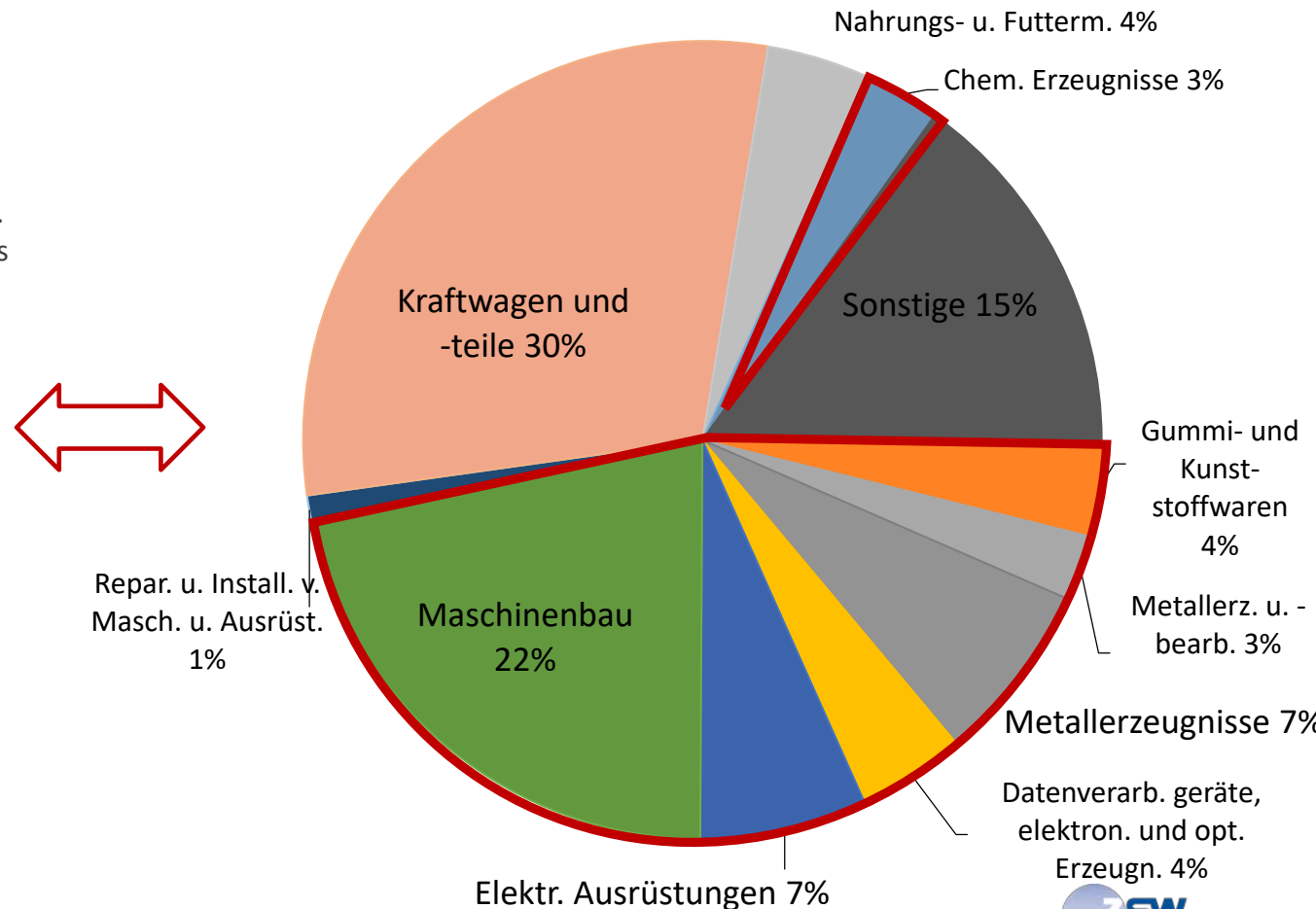
Wie kann Baden-Württemberg profitieren?

Gegenüberstellung Wirtschaftszweigstruktur

Aufteilung der Investitionskosten einer Direct-Air Capture-Anlage (20 t CO₂/h nach Wirtschaftszweigen)



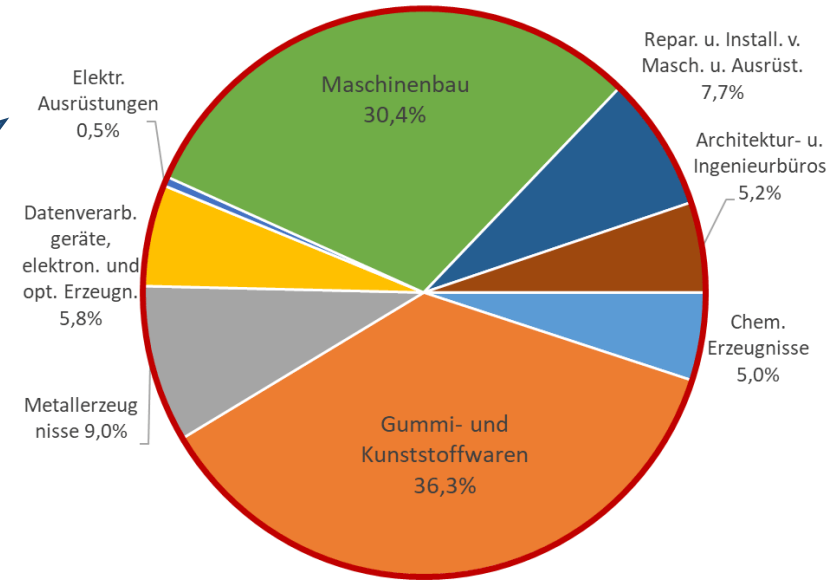
Umsatzanteile der Wirtschaftszweige im Verarbeitenden Gewerbe in Baden-Württemberg 2019



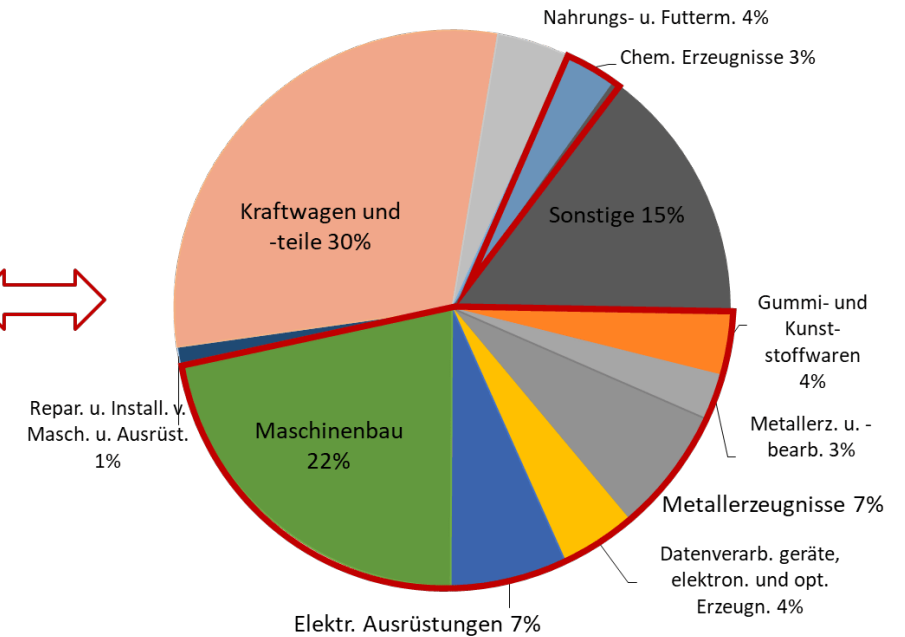
Wirtschaftspotenziale für die baden-württembergische Industrie



Aufteilung der Investitionskosten einer Direct-Air-Capture-Anlage (20 t CO₂/h nach Wirtschaftszweigen)



Umsatzanteile der Wirtschaftszweige im Verarbeitenden Gewerbe in Baden-Württemberg 2019



➤ Baden-Württemberg und Fertigung von Direct-Air-Capture: das passt!

- >95% der Investitionskosten fallen in Wirtschaftszweigen an, die in nennenswertem Umfang vertreten sind.
- Dies gilt v.a. für den Maschinenbau, Gummi und Kunststoffwaren und die Herstellung von Metallerzeugnissen.

Agenda

Kick-Off Industriedialog „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

- Begrüßung am ZSW (Prof. Dr. Frithjof Staiß, ZSW)
- Grußwort des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg (Ministerialdirektor Berthold Frieß)
- Markt- und Wertschöpfungspotentiale Direct Air Capture (Maike Schmidt, ZSW)
- **Anwendungsbeispiel Haru Oni (Constanze Scholz, Porsche)**
- Entwicklungsstand Direct Air Capture (Dr. Marc-Simon Löffler, ZSW)
- Direct Air Capture made in Baden-Württemberg (M.Sc. Raphael Vollmer, ZSW)
- Rückfragen und Diskussion
- Laborbesichtigung mit DAC-Prototypen
- Get Together
- Ende gegen 13:30 Uhr





Direct Air Capture use case - CO₂ for eFuels

The world needs a solution to reduce CO₂ in the air – the market starts to develop

To stop **Global Warming**, the **CO₂-emission needs** to be reduced. But: this won't be enough to reach climate targets.

To reach the **climate targets**, **7-10 Bn. tons of CO₂** need to be permanently **removed** from the atmosphere – **every year from 2025**.

To reach a **'steady state'** with **circular economy**, we need to find a solution to **obtain C/CO₂** – fully **without** depending on **fossil inputs**.

iea

Direct Air Capture 2022

A key technology for net zero

"Direct air capture (DAC) plays an important and growing role in net zero pathways."

Many of the world's top businesses use Climeworks to reach or even go beyond net-zero emissions

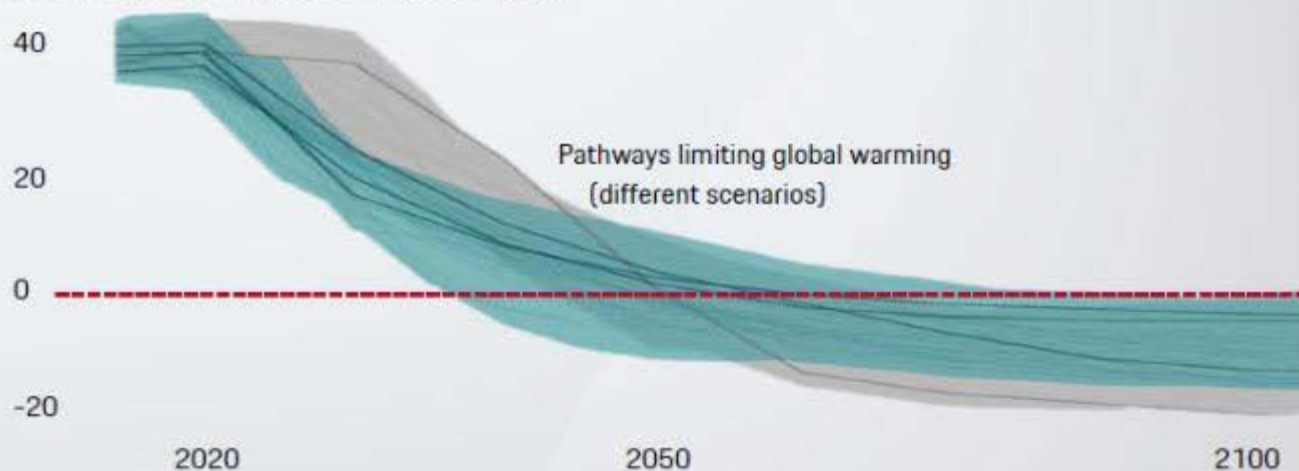


Bloomberg

Biden's Climate Law Will Supercharge Emerging Green Tech Globally

The Inflation Reduction Act gave a boost to sustainable aviation fuel, clean hydrogen and direct air capture. A new analysis shows the climate benefits.

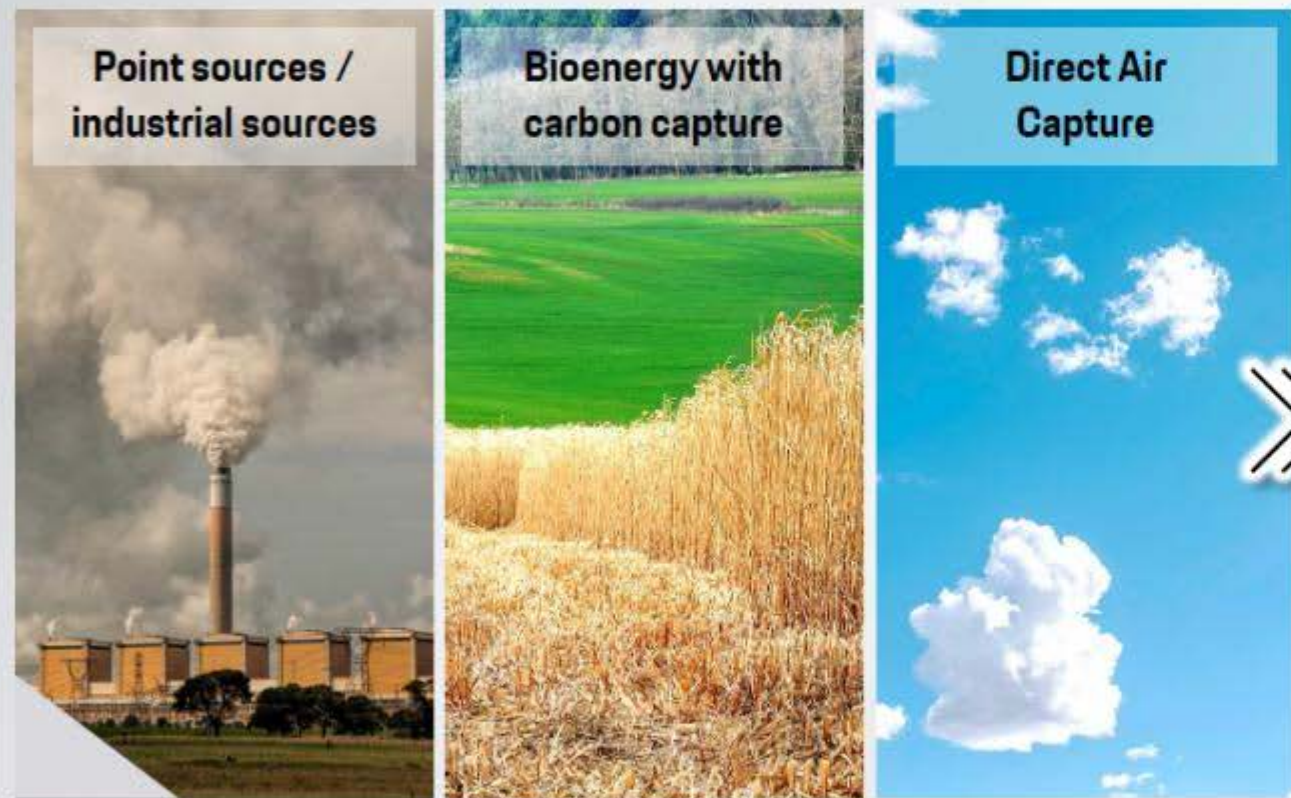
Global total net CO₂ emissions (Bn tons / year)



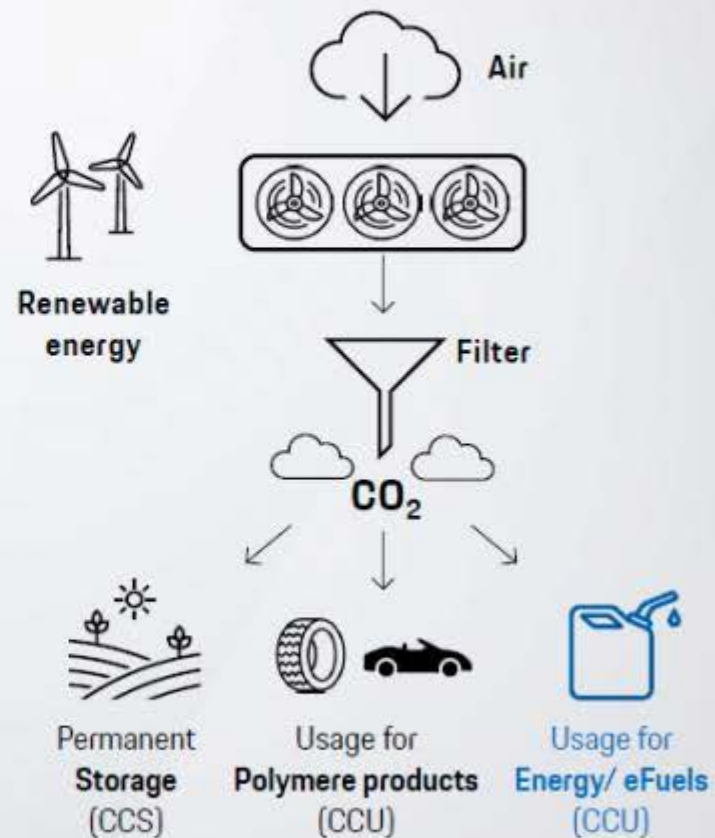
Sources of headlines: IEA 2022 ([Link](#)), Bloomberg 6 Jul 2023 ([Link](#)), Reuters 11 Aug 2023 ([Link](#)), Reuters 16 Aug 2023 ([Link](#)); Source diagram adopted from IPCC Bericht 1,5°C, 2018

Direct air capture (DAC) is the key technology to capture CO₂ from ambient air

CO₂ SOURCES

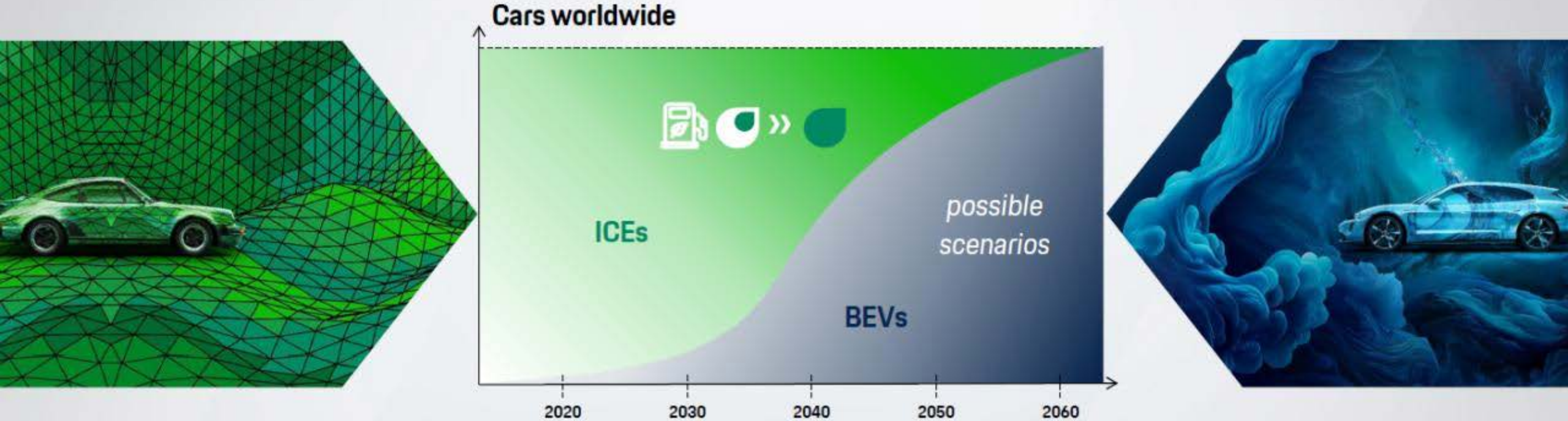


DAC PRINCIPLE (SIMPLIFIED)



Source: Porsche; climate.ec.europa.eu CCS: Carbon Capture & Storage, CCU: Carbon Capture & Utilization

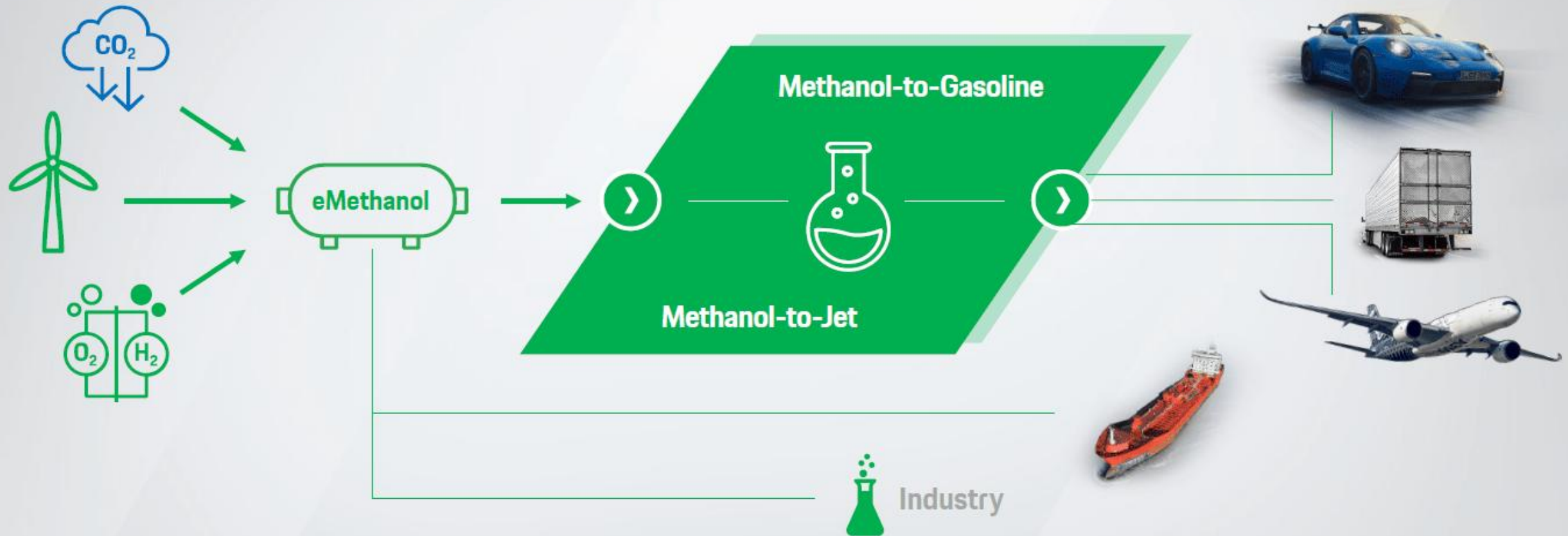
Tackling global warming from both sides E-mobility and eFuels



eFuels are needed potentially as a long-term solution for existing fleet.

Source: Source: Porsche ICE = Internal Combustion Engine; BEV = Battery Electric Vehicle

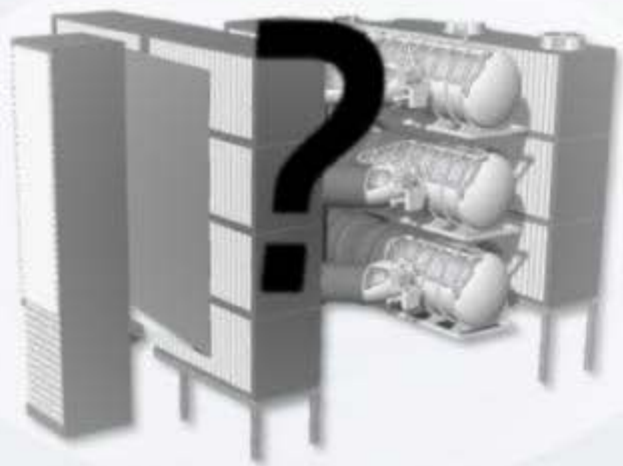
eFuels can be produced on a completely renewable basis



Source: Porsche

Pace and dynamics strongly affect current technology development

PACE



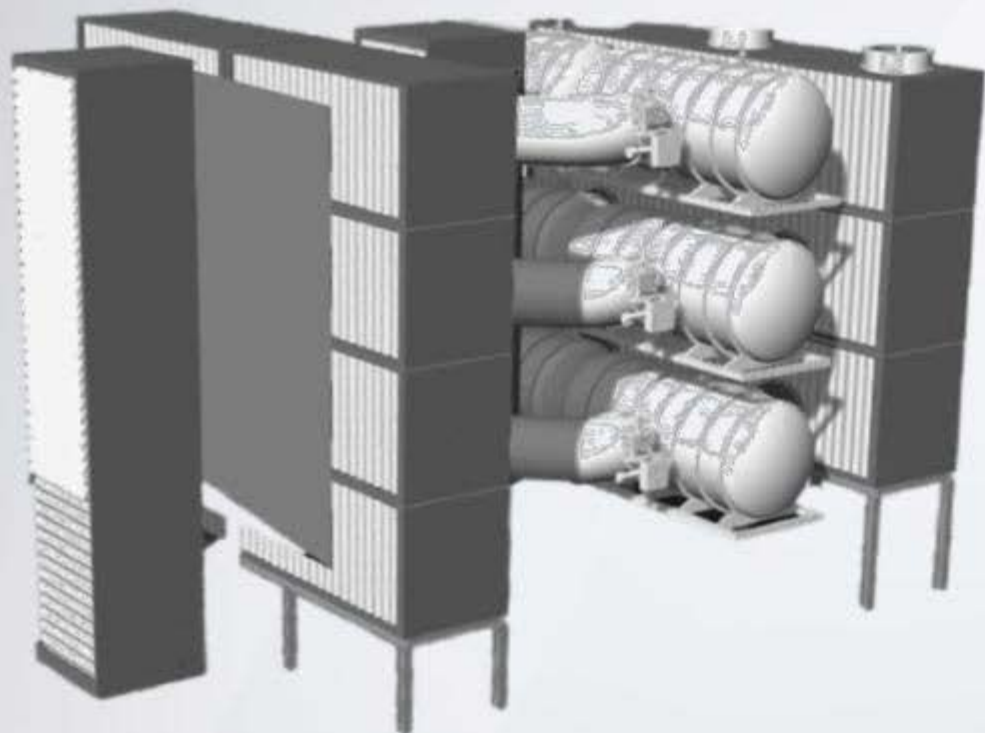
**Variety of solutions
likely in future**

DYNAMICS



Source: Porsche

Combining strengths – intended DAC Integration in 'Haru Oni'



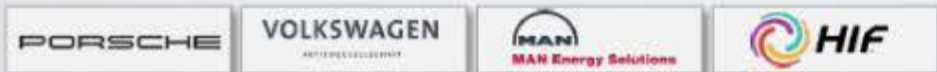
The DAC plant achieves the extraction of **CO₂ direct from the air** – greenhouse gas becomes **raw material** (e.g. for efuel production)



With the existing **wind** in Haru Oni the DAC plant can be operated completely green (**100% renewable energy**)



The DAC plant **filters/purifies the air** capturing ca. **600 tCO₂ per year**



Source: Porsche

A photograph of several white wind turbines on a rolling green hillside under a cloudy sky. The turbines are positioned at various distances, with one in the foreground and others receding into the background. The hills are covered in lush green grass, and the sky is filled with soft, white clouds.

Summary

Direct Air Capture

can be a relevant **technology with regard to climate change**

technology is one key solution to capture **CO₂ as a raw material**

integrated into an **eFuels production** plant enables **direct usage of CO₂** where captured - embedded in **already existing infrastructure** (e.g. renewable energy)

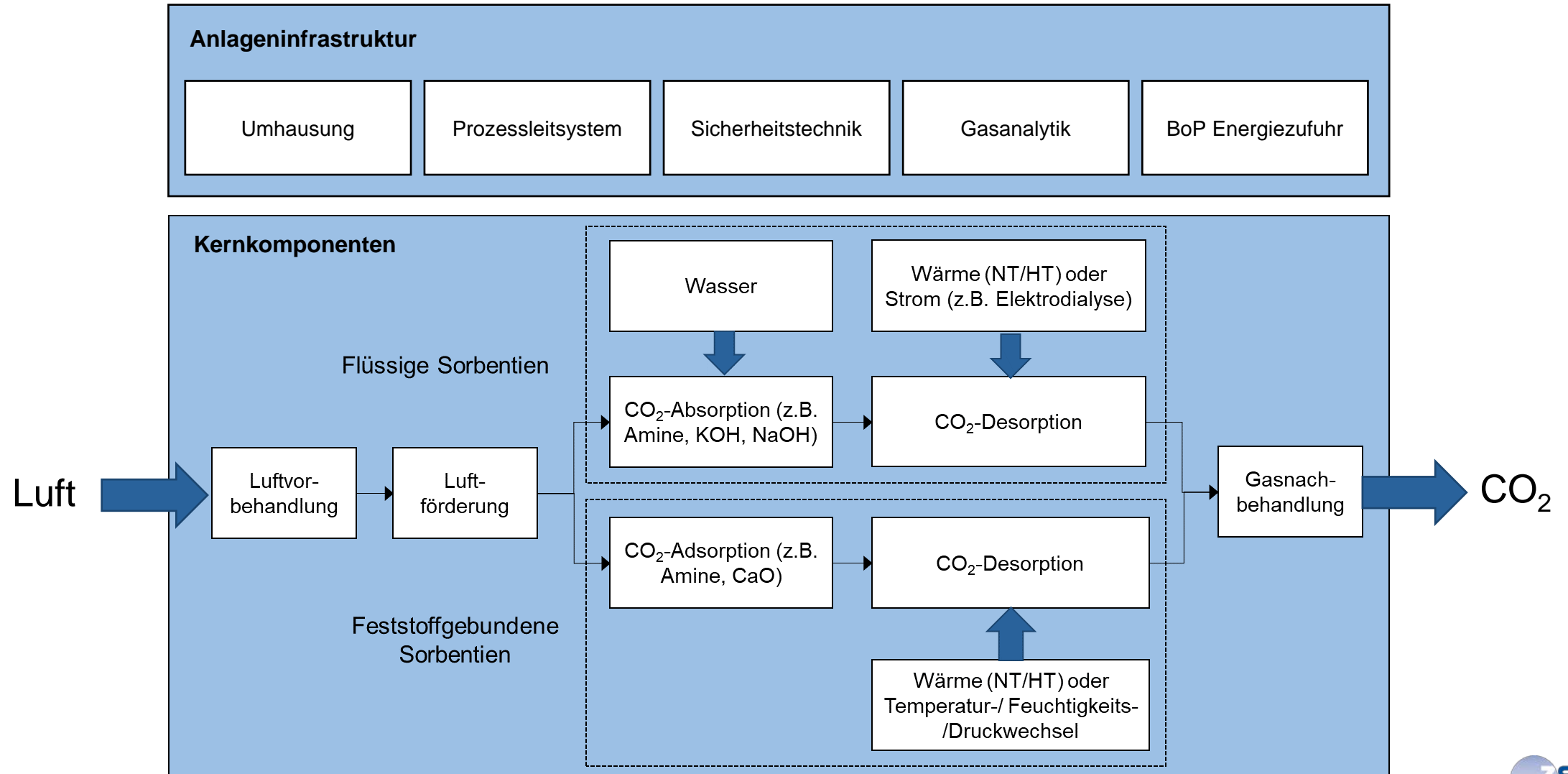
Agenda

Kick-Off Industriedialog „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

- Begrüßung am ZSW (Prof. Dr. Frithjof Staiß, ZSW)
- Grußwort des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg (Ministerialdirektor Berthold Frieß)
- Markt- und Wertschöpfungspotentiale Direct Air Capture (Maike Schmidt, ZSW)
- Anwendungsbeispiel Haru Oni (Constanze Scholz, Porsche)
- **Entwicklungsstand Direct Air Capture (Dr. Marc-Simon Löffler, ZSW)**
- Direct Air Capture made in Baden-Württemberg (M.Sc. Raphael Vollmer, ZSW)
- Rückfragen und Diskussion
- Laborbesichtigung mit DAC-Prototypen
- Get Together
- Ende gegen 13:30 Uhr



Direct Air Capture (DAC) – Prozessübersicht und Verfahrensvarianten



DAC –Technologien und wesentliche Akteure*

Direct Air Capture

* in der Entwicklung befindliche DAC-Technologien mit Anlagen-Referenzen (Umsetzung in Prototypen mit Produktionskapazitäten zumindest im kg_{CO2}/h-Maßstab)

Flüssige Sorbentien

Feststoffgebundene Sorbentien

Niedertemperatur-Desorption ($\leq 100\text{ °C}$)

Hochtemperatur-Desorption ($\leq 900\text{ °C}$)

Temperaturwechsel-Desorption ($\leq 100\text{ °C}$)

Feuchtigkeitswechsel-Desorption ($\leq 100\text{ °C}$)

Hochtemperatur-Desorption ($\leq 900\text{ °C}$)



Quellen: zsw-bw.de, greenlyte.tech

Quelle: carbonengineering.com

Quellen: globalthermostat.com, climeworks.com, vttresearch.com

Quelle: skytree.eu

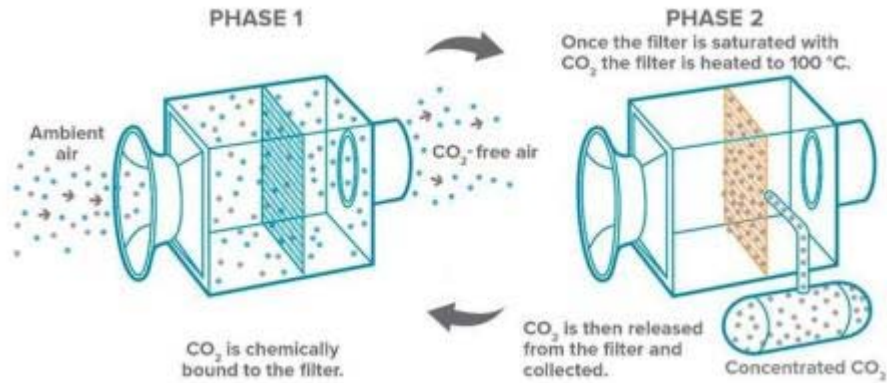
Quelle: heirloomcarbon.com

DAC – Zusammenfassung des Standes der Technik

- Etwa 3 (vor)kommerzielle Wettbewerber weltweit mit Referenzen mit Produktionskapazitäten $>1.000 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{a}$, TRL 6-7
- Weitere DAC-Prozesse befinden sich in der Entwicklung bei F&E-Instituten und weltweit mehreren Dutzend Startups.
- Bisher kein kommerzieller Anbieter aus Baden-Württemberg.
- In Betrieb befindliche DAC-Anlagen verfügen heute insgesamt über einer Produktionskapazität von $<50.000 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{a}$.
- Erste Anlagen mit Produktionskapazitäten von mehreren $10.000 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{a}$ sind gerade im Bau befindlich.
- eFuels-Produktionsanlagen erfordern bspw. jährlich CO_2 -Mengen im Megatonnen-Bereich.



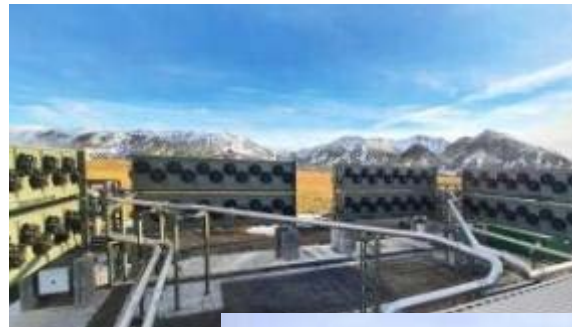
DAC – Prozessskalierung am Beispiel Fa. Climeworks (CH)



seit 2017 mehrere Pilotanlagen
ca. 500 t_{CO2}/a



2021, Pilotanlage Island
4.000 t_{CO2}/a



IBN geplant 2024, Pilotanlage Island
36.000 t_{CO2}/a



DAC – Verfahrensentwicklungen am ZSW



10 t_{CO2}/a

Wäscher (NaOH)
Desorption: Elektrodialyse
(2009)

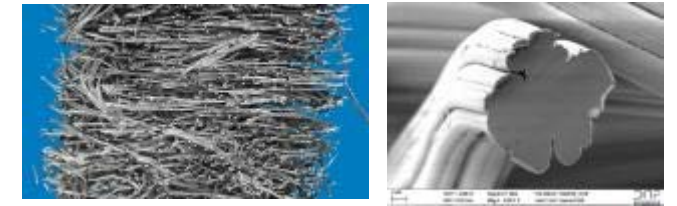
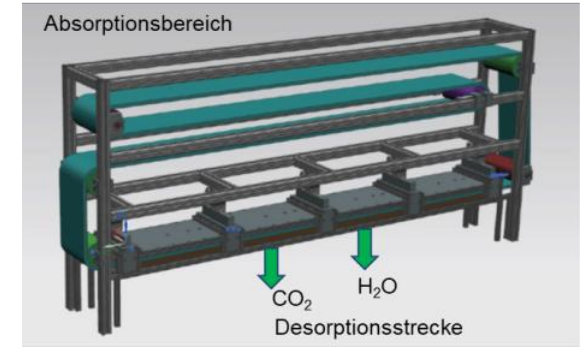
10 t_{CO2}/a

100 t_{CO2}/a

CO₂ + H₂O

1.000 t_{CO2}/a
(2025)

Wäscher (PEI)
Desorption: thermisch
(seit 2016)



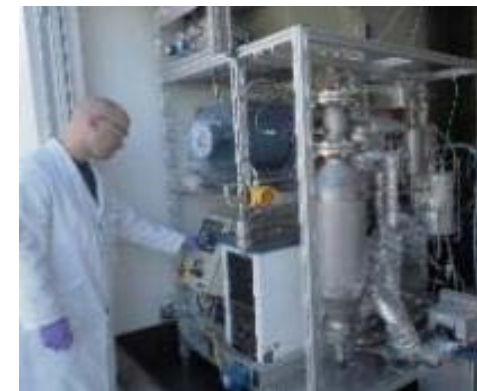
~ 5 t_{CO2}/a , ~ 25 t_{H2O}/a (2024)

gewebefixierte Aminen, Bandapparat
Desorption: T/p-Wechsel
(seit 2022)

DAC-Technologieentwicklung und -skalierung am ZSW

Übersicht und Entwicklungsstand

- CO₂-Wäscher mit Einsatz von hochmolekularem Polyethylenimin (PEI)
 - Gute Skalierbarkeit auf Modulebene.
 - Einfaches Wärmemanagement (Absorption bei Raumtemperatur, Desorption <100 °C).
 - Kontinuierlicher Betrieb (keine Totzeiten, konstante CO₂-Qualität).
 - Synthesefähige CO₂-Qualität (>99 Vol.% CO₂).
- Demonstrator 10 t_{CO2}/a in Betrieb seit 2019 mit >10.000 h Betriebserfahrung.
- Demonstrator 100 t_{CO2}/a in der Inbetriebsetzung.
- Pilotanlage 1.000 t_{CO2}/a in der Planung; Inbetriebnahme geplant Anfang 2025.



DAC – Was sind die wesentlichen Herausforderungen?

1. Industrialisierung der DAC-Technologien hin zu weltweit robust betreibbaren Verfahren

- Kosteneffizienz (CAPEX, OPEX, Degradationsverhalten).
- Umgang mit Umwelteinflüssen (z.B. klimatische Verhältnisse, salzhaltige Luft, Wassermanagement).
- Umgang mit möglichen Umweltwirkungen (z.B. Austrag von Sorbentien, Klimawirkung).
- Prozessintegration: z.B. Nutzung von Abwärmen oder Abwasser aus angrenzenden Prozessschritten (Elektrolyse, Synthese).

2. Skalierung der DAC-Technologien auf Anlagengrößen bis >1 Mio. t_{CO2}/a

- Prozessskalierung (Skalierung in der Modulgröße vs. Skalierung in der Stückzahl).
- Sicherstellung Materialverfügbarkeit, Skalierung der Produktionsprozesse.
- Umgang mit ressourcenkritischen Materialien, Wassermanagement, Recyclingkonzepte.
- Kostenziel < 100 €/t_{CO2}.

Agenda

Kick-Off Industriedialog „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

- Begrüßung am ZSW (Prof. Dr. Frithjof Staiß, ZSW)
- Grußwort des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg (Ministerialdirektor Berthold Frieß)
- Markt- und Wertschöpfungspotentiale Direct Air Capture (Maike Schmidt, ZSW)
- Anwendungsbeispiel Haru Oni (Constanze Scholz, Porsche)
- Entwicklungsstand Direct Air Capture (Dr. Marc-Simon Löffler, ZSW)
- **Direct Air Capture made in Baden-Württemberg (M.Sc. Raphael Vollmer, ZSW)**
- Rückfragen und Diskussion
- Laborbesichtigung mit DAC-Prototypen
- Get Together
- Ende gegen 13:30 Uhr

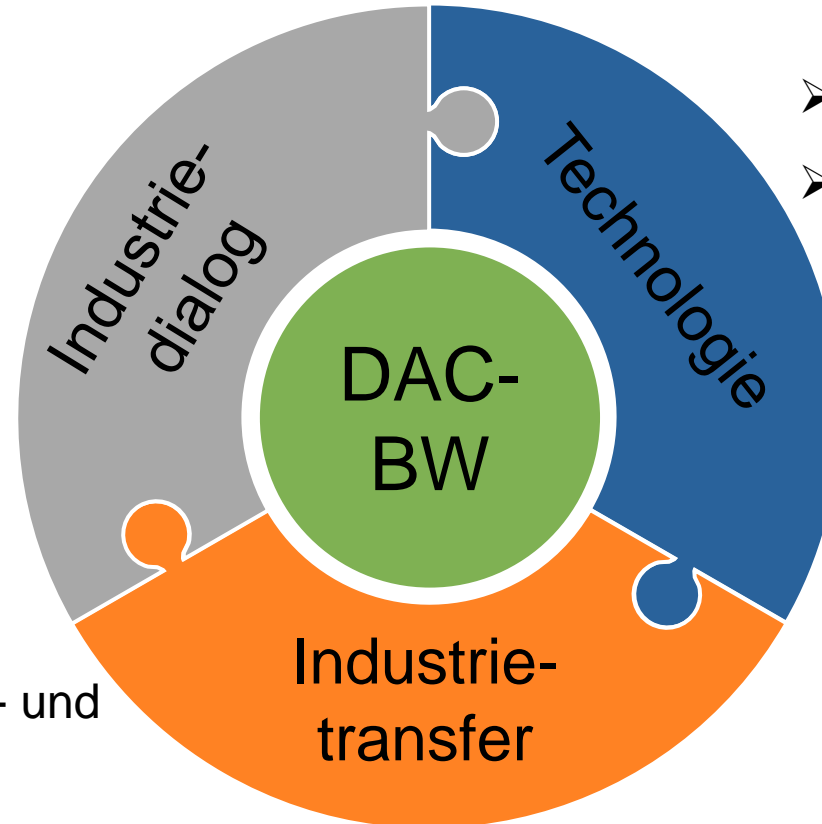


DAC-BW: „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

Initiierung einer DAC- und Komponentenfertigung auf Landesebene

- Ansprache relevanter Unternehmen.
- Technische Qualifizierung.
- Aufbau eines Industrienetzwerks.

- Demonstrationsbetrieb einer DAC-Forschungsanlage (ca. 100 t_{CO2}/a).
- Skalierung und Industrialisierung.
- Prozesssimulation und -optimierung.

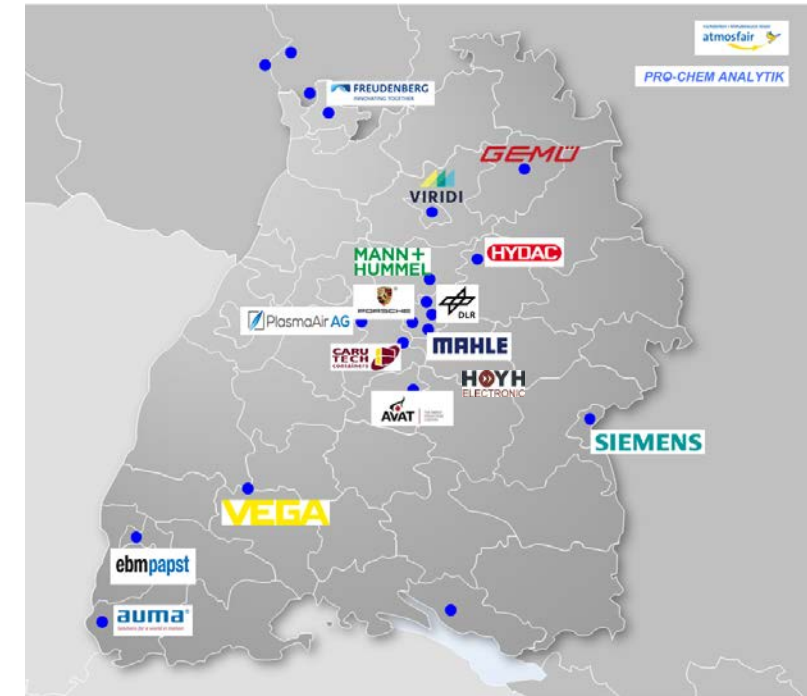


- Initiierung von Komponenten- und Produktentwicklungen.
- Aufbau von Fertigungskapazitäten in BaWü für den Technologieexport.



Stärkung baden-württembergischer Unternehmen für den Markthochlauf Direct Air Capture

- Technologieübergreifende Informationsbereitstellung
 - Workshops zu Komponenten und Baugruppen.
 - Workshop zu CO₂-Märkten und Geschäftsmodellen.
 - Einblick in die Praxis (F&E-Anlagen am ZSW).
 - Informationsmaterial auf Projekt-Homepage.
- Vernetzung der Akteure und Marktteilnehmer; Möglichkeit der Kontakthinterlegung auf der Projekthomepage.
- Unterstützungsangebote auch außerhalb des Projektes durch:
 - Technischer Beratungen bei Produktentwicklungen.
 - Fördermöglichkeiten bei Produktentwicklungen.
 - Komponententests.



Unternehmen, die bislang Interesse an einer Teilnahme am Industriedialog DAC-BW bekundet haben.

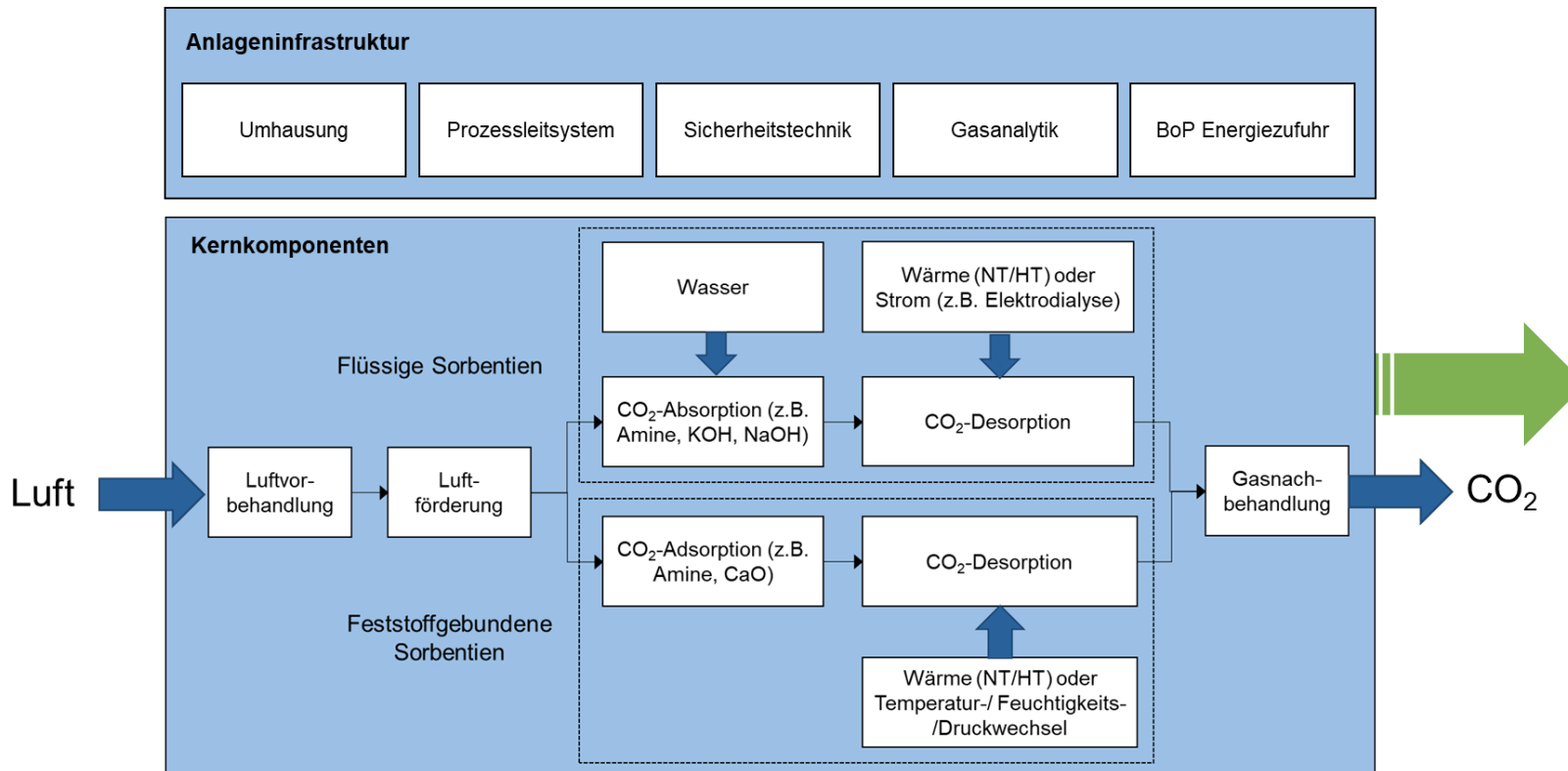
DAC-BW: „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

Ablauf des Industriedialogs DAC-BW

1. Interessensbekundung für die thematische Ausrichtung der Workshops bis Ende 2023
 - <https://www.dac-bw.de/teilnahme.html>
2. Technologie-Workshops am ZSW zu verschiedenen Baugruppen ab Frühjahr 2024
 - Einblick in technische Anforderungen und Spezifikationen.
 - Gemeinsame Diskussion von Herausforderungen und Lösungsansätzen für die weitere Industrialisierung / Skalierung.
3. Workshop zu CO₂-Märkten und Geschäftsmodellen am ZSW Ende 2024.
4. Abschlussveranstaltung im 1. HJ 2025 mit Vorstellung und Diskussion der Projektergebnisse.

DAC-BW: „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

Ablauf des Industriedialogs DAC-BW



1. Kernkomponenten

- 1.1. Luftvorbehandlung (Filter, Befeuchtung)
- 1.2. Luftförderung
- 1.3. Ab- / Desorption (flüssiges Sorbens)
- 1.4. Ad- / Desorption (feststoffgebundenes Sorbens)
- 1.5. Gasnachbehandlung (Trocknung etc.)

2. DAC-spezifische Anlageninfrastruktur

- 2.1. Wärmemanagement und -einkopplung
- 2.2. Wasseraufbereitung
- 2.3. Sorptionskreislauf (Pumpen etc.)
- 2.4. Druckabsenkung

3. DAC-unabhängige Anlageninfrastruktur

- 3.1. Umhausung
- 3.2. Prozessleitsystem
- 3.3. Sicherheit
- 3.4. Messtechnik (Gasanalytik, Temperatur, Druck etc.)
- 3.5. BOP-Energiezufuhr

Technologie-Workshops

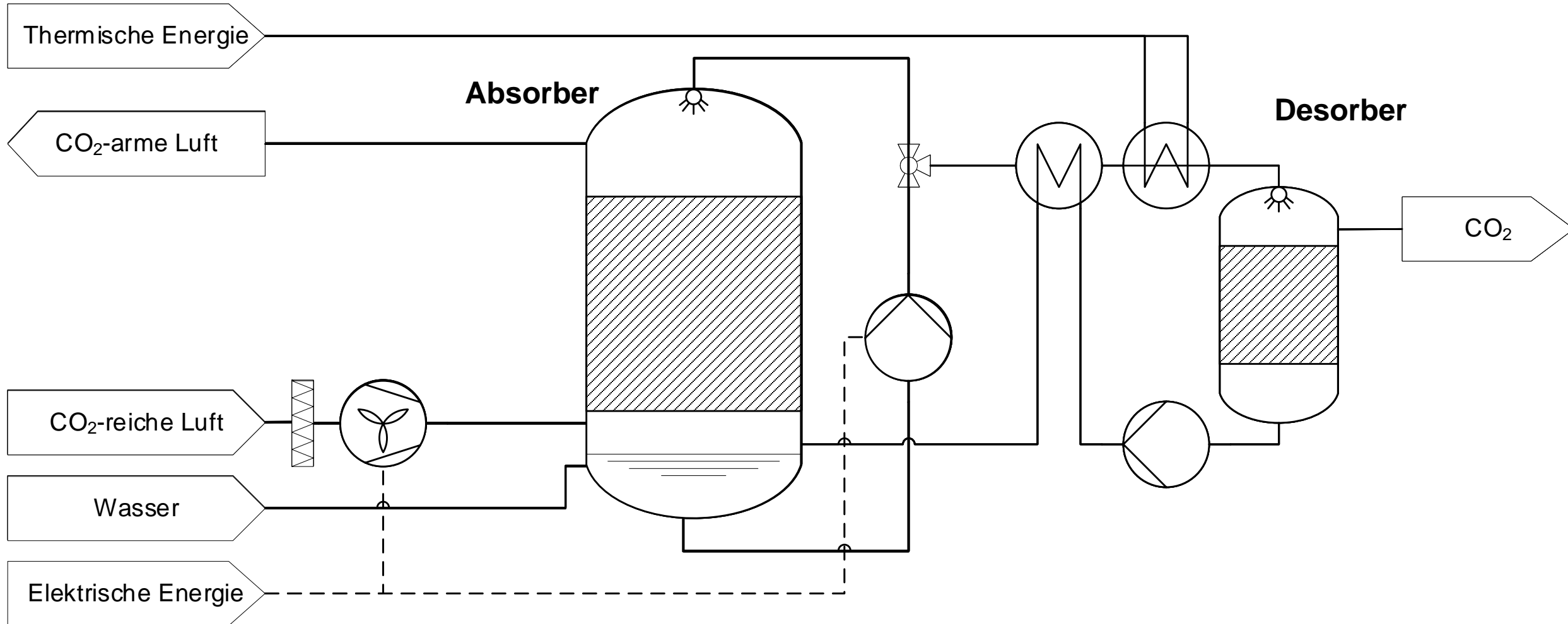
- Technologie- und Umsetzungsbeispiele, Verfahrenskennwerte.
- Wesentliche Anforderungen und Spezifikationen der Komponenten und Baugruppen.
- Entwicklungsbedarfe aus ZSW-Sicht.
- Diskussion der Herausforderungen aus Industrie-Perspektive.

CO₂-Märkte und Geschäftsmodelle

- Ergebnisse der Marktanalysen für unterschiedliche Anwendungsfelder (Nachfrageanteile, Entwicklungsdynamik).
- Regulatorischer Rahmens (u.a. Carbon Management Strategien auf EU und Bundesebene).
- Closing the Carbon Loop... Welche Optionen bietet DAC (Bilanzielle Anrechnung, physischer Nutzung)?
Was ist kurz- und mittelfristig umsetzbar?

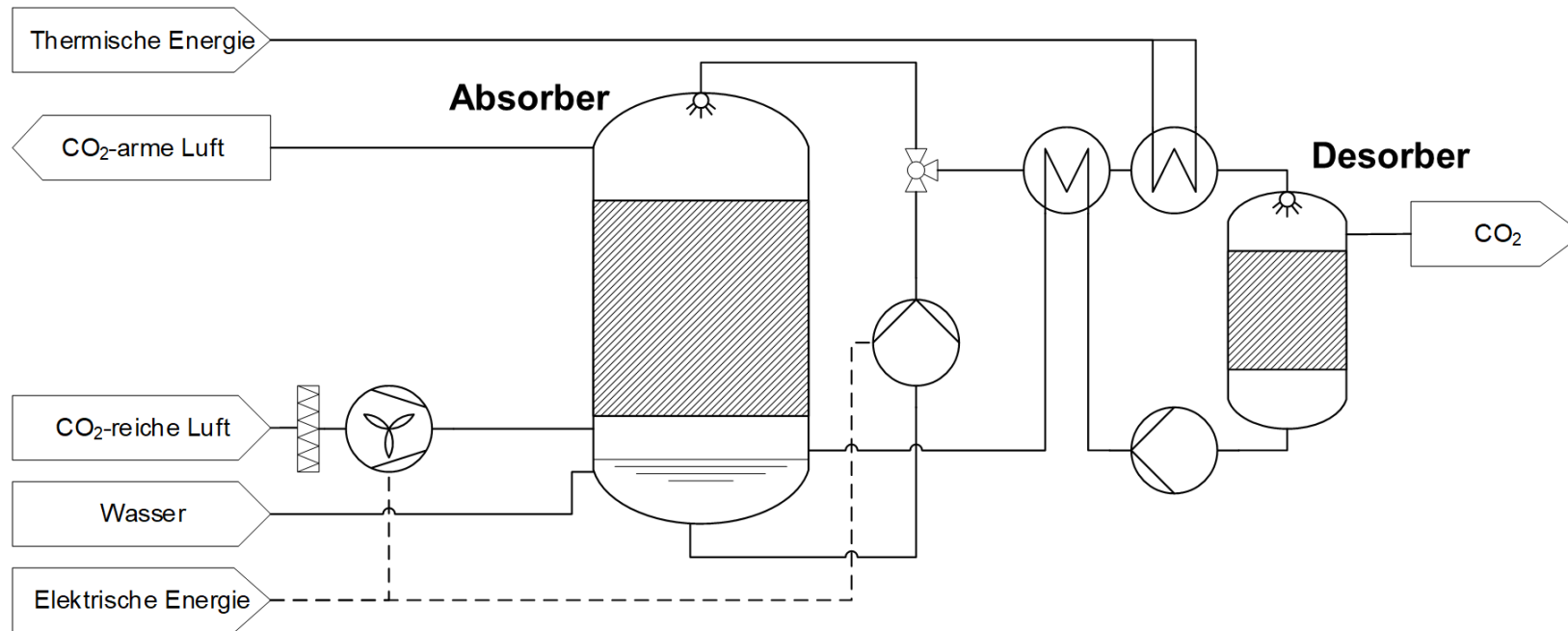
DAC-BW: „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

DAC-Technologiedemonstrator am ZSW



DAC-BW: „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

DAC-Technologiedemonstrator am ZSW



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
...und auf gute Zusammenarbeit!**



Agenda

Kick-Off Industriedialog „Direct Air Capture made in Baden-Württemberg“

- Begrüßung am ZSW (Prof. Dr. Frithjof Staiß, ZSW)
- Grußwort des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg (Ministerialdirektor Berthold Frieß)
- Markt- und Wertschöpfungspotentiale Direct Air Capture (Maike Schmidt, ZSW)
- Anwendungsbeispiel Haru Oni (Constanze Scholz, Porsche)
- Entwicklungsstand Direct Air Capture (Dr. Marc-Simon Löffler, ZSW)
- Direct Air Capture made in Baden-Württemberg (M.Sc. Raphael Vollmer, ZSW)
- **Rückfragen und Diskussion**
- Laborbesichtigung mit DAC-Prototypen
- Get Together
- Ende gegen 13:30 Uhr

