

Herzlich Willkommen zum 3. Workshop “Direct Air Capture made in Baden-Württemberg” DAC-Technologieüberblick



ZSW Stuttgart, 10. Oktober 2024,
10:00 – 14:00 Uhr



Agenda

3. Workshop: Anforderungen an Komponenten und Baugruppen

- **Begrüßung und Überblick**
- Besichtigung der DAC-Anlage (Komponenten)
- Wesentliche DAC-Komponenten & Anforderungen am Beispiel der ZSW-Technologie
- Anwendungen von CFD-Simulationen im Rahmen von DAC
- Besichtigung der DAC-Anlage (Betrieb)
- Mittagsbuffet
- Offenes Ende mit Zeit für Fragen und Diskussionen

DAC-BW: „Direct Air Capture made in BaWü“

Initiierung einer DAC- und Komponentenfertigung auf Landesebene



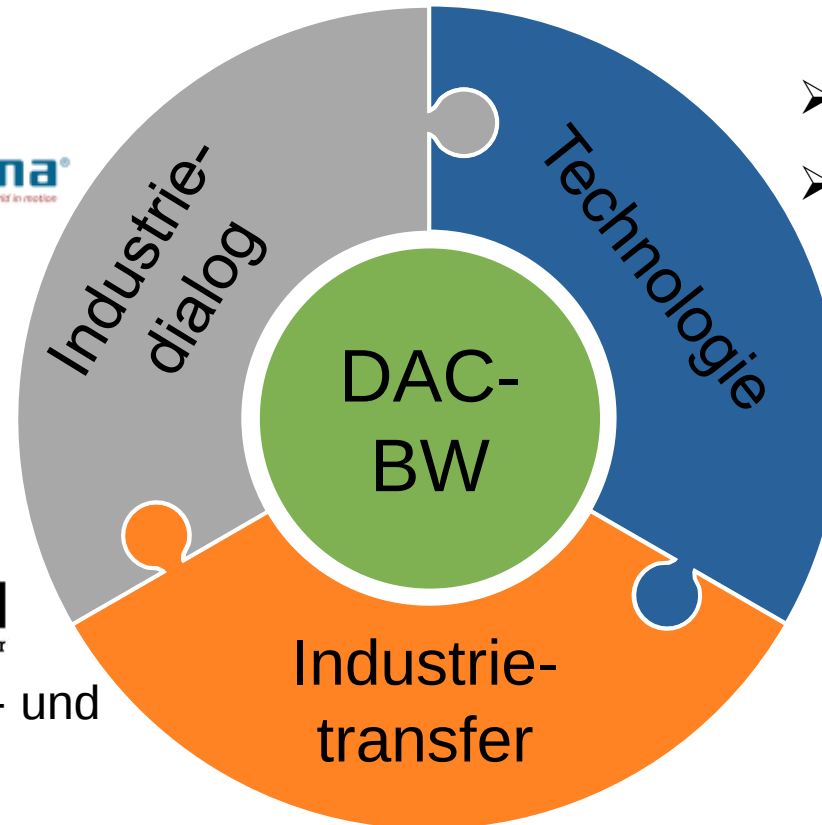
Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR VERKEHR



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS

- 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.



DAC-BW: „Direct Air Capture made in BaWü

Initiierung einer DAC- und Komponentenfertigung auf Landesebene



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR VERKEHR



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS

Stärkung baden-württembergischer Unternehmen für den Markthochlauf Direct Air Capture

- Technologieübergreifende Informationsbereitstellung
 - Workshops zur DAC-Technologie.
 - Workshop zu CO₂-Märkten und Geschäftsmodellen.
 - Workshop Einblick in die Praxis (F&E-Anlagen am ZSW).
 - Informationsmaterial auf Projekt-Homepage.
- Vernetzungsmöglichkeit für Akteure und Marktteilnehmer.
- Unterstützungsangebote auch außerhalb des Projektes durch:
 - Technischer Beratungen bei Produktentwicklungen.
 - Fördermöglichkeiten bei Produktentwicklungen.
 - Komponententests.

DAC-BW: „Direct Air Capture made in BaWü

Initiierung einer DAC- und Komponentenfertigung auf Landesebene



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR VERKEHR



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS

1. Workshop: CO₂-Märkte und ökonomische Potenziale für DAC (25.04.2024 - online)

- Entwicklung von CO₂-Bedarfen und möglichen CO₂-Quellen auf dem Weg zur Klimaneutralität
- Die Rolle von DAC als CO₂-Quelle und damit verbundene Potenziale für die Industrie in BaWü
- Die Entwicklung des Rechtsrahmens – ein Markt entsteht

2. Workshop: DAC-Technologieüberblick (18.07.2024 - online)

- Funktionsweise von DAC-Anlagen und Verfahrensvarianten
- Überblick bestehender Technologien und Wettbewerber, aktuelle Trends und Entwicklungen
- Herausforderungen bei der Industrialisierung und Skalierung von DAC

3. Workshop: Anforderungen an Komponenten und Baugruppen (10.10.2024 – ZSW)

- Wesentliche DAC-Komponenten & Anforderungen am Beispiel der ZSW-Technologie
- Anwendungen von CFD-Simulationen im Rahmen von DAC
- Besichtigung einer DAC-Anlage mit einer Abscheidekapazität von ca. 100 t/a

Überblick DAC-Technologien

Grundlegende Prinzipien

	Absorption (flüssiges Sorbens)			Adsorption (festes Sorbens)		
Sorbens	Hydroxide	Hydroxid/Amine	Amine	Hydroxide	Amine	Calcium- hydroxid
Desorption	Elektrolyse	Elektrodialyse	Nieder- temperatur	Hoch- temperatur	Nieder- temperatur	Hoch- temperatur
Firma	Greenlyte Carbon	Mission Zero	ZSW	Carbon Engineering	Climeworks	Heirloom



© Roland Weihrauch/dpa



© Mission Zero Technologies



© ZSW



© Carbon Engineering



© Climeworks



© Heirloom

Überblick DAC-Technologien

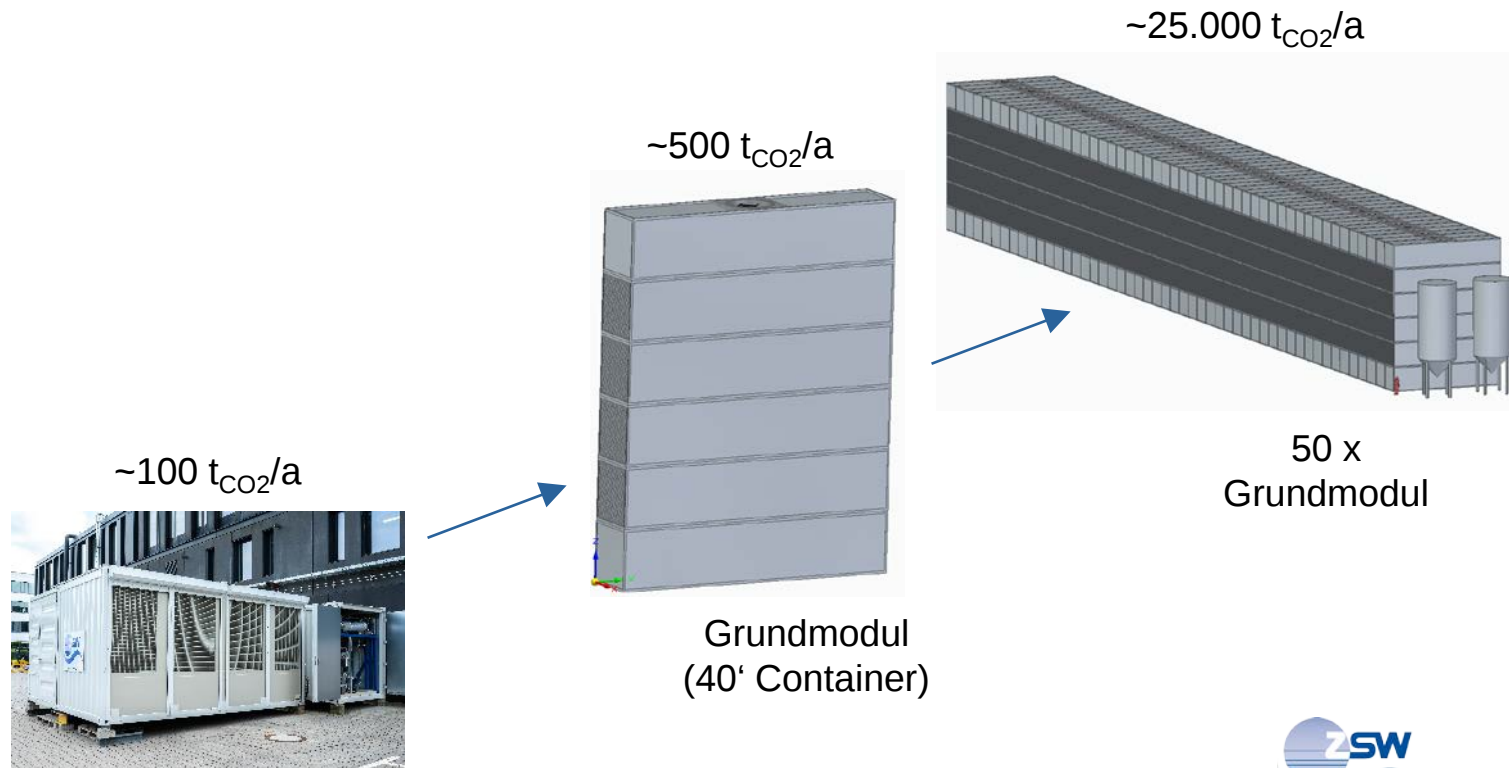
Beispiel ZSW-Technologie

Vorteile des Verfahrens

- Kontinuierlicher Betrieb
 - Keine Totzeiten
 - Kleiner regelungstechnischer Aufwand
 - Geringe Materialbelastung
 - Konstante CO₂-Qualität
- Robuste Technologie
 - Gute Skalierbarkeit
 - Geringe Wartungskosten
- Einsatz von Polyethylenimin (PEI)
 - Gute Zyklen-Stabilität
 - Niedrige Desorptionstemperatur
- Hohe CO₂-Reinheit (99,5%)
- Flüssiges Sorbens
 - Einfaches Wärmemanagement
 - Pufferfähigkeit für flexible Fahrweise

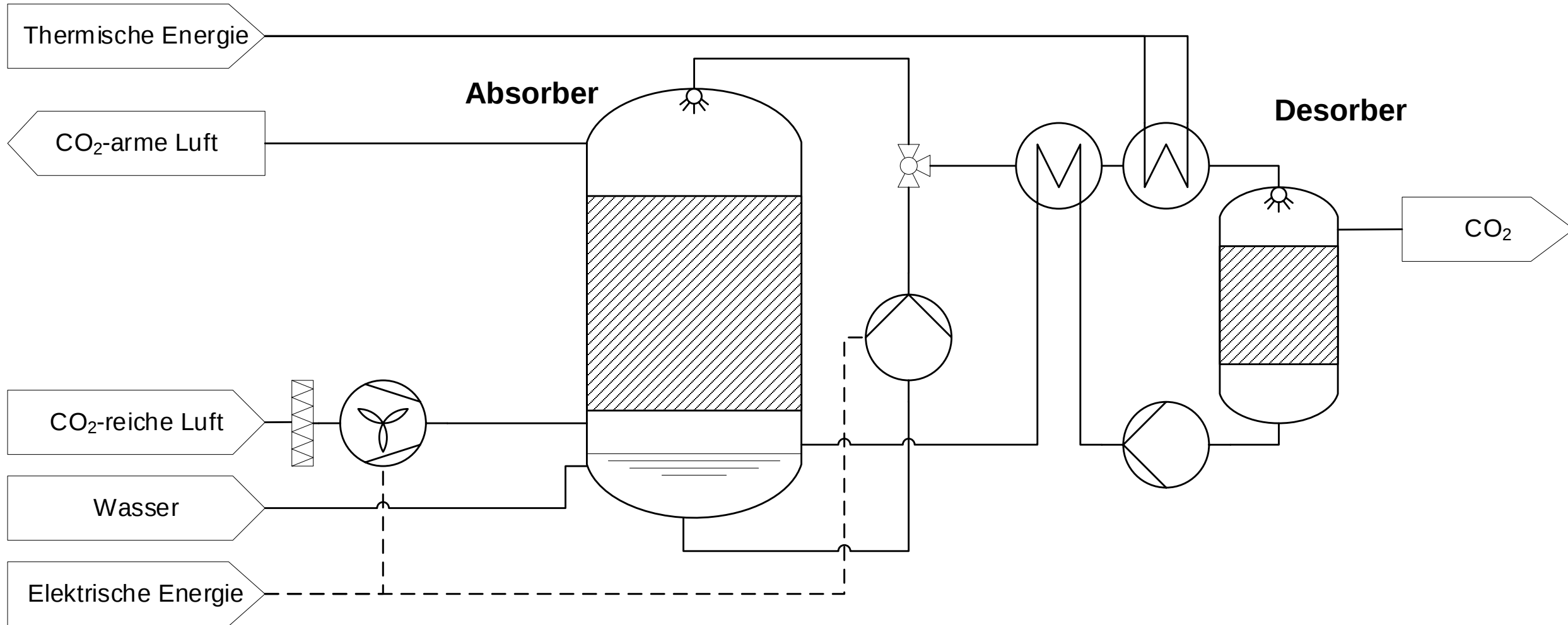
Aktuelle Forschungsschwerpunkte

- Wärmeverbrauch für Desorption
- Sorbens-Spezifikationen
- Einfluss globaler Randbedingungen



Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie



Agenda

3. Workshop: Anforderungen an Komponenten und Baugruppen

- Begrüßung und Überblick
- **Besichtigung der DAC-Anlage (Komponenten)**
- Wesentliche DAC-Komponenten & Anforderungen am Beispiel der ZSW-Technologie
- Anwendungen von CFD-Simulationen im Rahmen von DAC
- Besichtigung der DAC-Anlage (Betrieb)
- Mittagsbuffet
- Offenes Ende mit Zeit für Fragen und Diskussionen

Agenda

3. Workshop: Anforderungen an Komponenten und Baugruppen

- Begrüßung und Überblick
- Besichtigung der DAC-Anlage (Komponenten)
- **Wesentliche DAC-Komponenten & Anforderungen am Beispiel der ZSW-Technologie**
- Anwendungen von CFD-Simulationen im Rahmen von DAC
- Besichtigung der DAC-Anlage (Betrieb)
- Mittagsbuffet
- Offenes Ende mit Zeit für Fragen und Diskussionen

Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Ziele

A) Technische Ziele

- Hohe Absorptionsrate
- Niedriger Energiebedarf

B) Ökonomische Ziele

- Niedrige Investitions- und Betriebskosten
- Einfache Skalierbarkeit

C) Ökologische Ziele

- Minimierung von Emissionen
- Einsatz ressourcenschonender Materialien

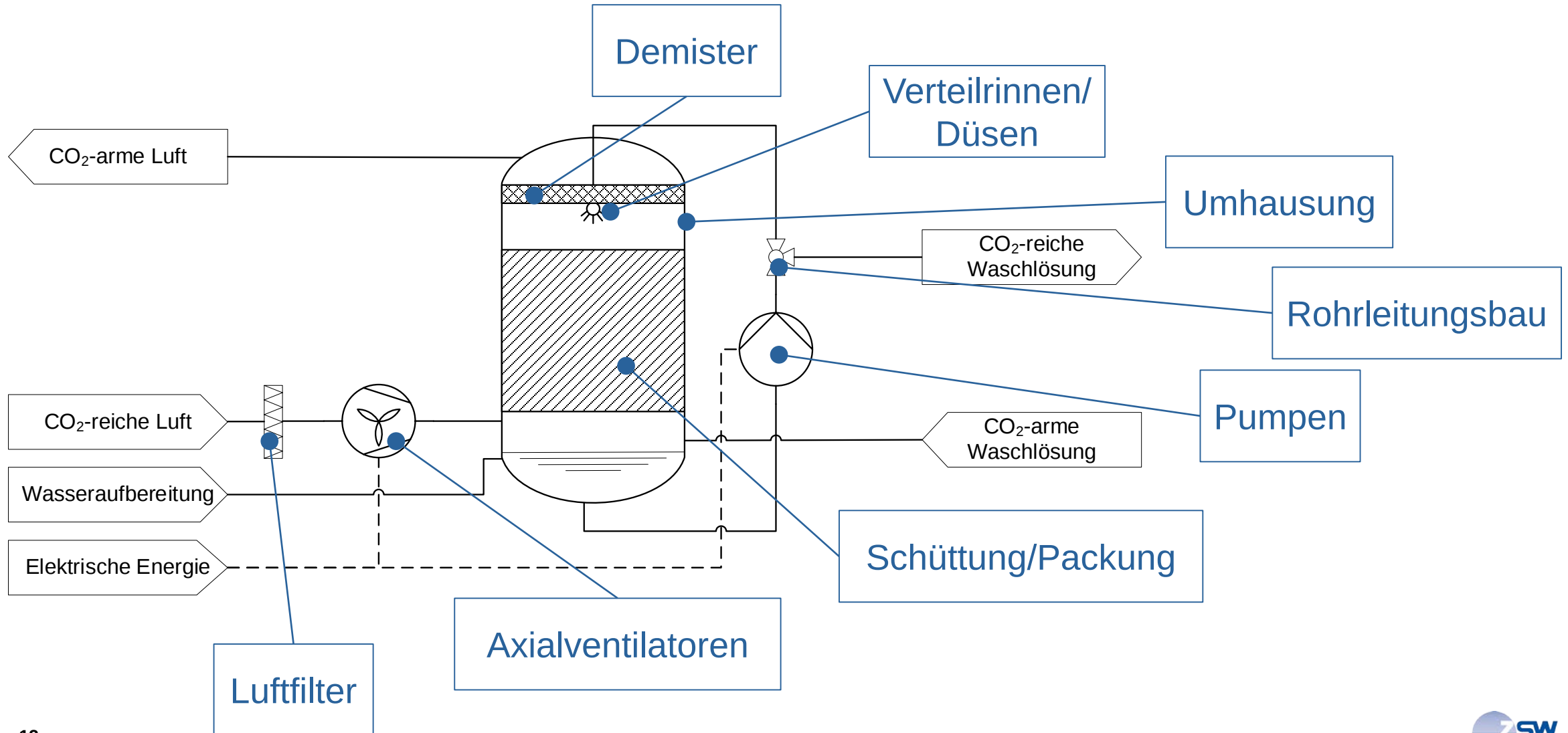
Parameter:

1) Konstruktion

2) Betrieb

Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Konstruktion



Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Konstruktion (Bauform)

Gegenstrom



Kreuzstrom



Effizienz ⇔ Skalierbarkeit

Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Konstruktion (Bauform)

Auslegungsparameter:

- Absorberform (zylindrisch / rechteckig)
- Absorberhöhe → Durchströmungslänge
- Absorberdurchmesser → Durchströmungsquerschnitt

Einfluss auf:

- Verweilzeit des CO_2 im Absorber
- Druckverlust über den Absorber
- Berieselungsdichte des Sorbens
- Strömungshomogenitäten / Randgängigkeiten



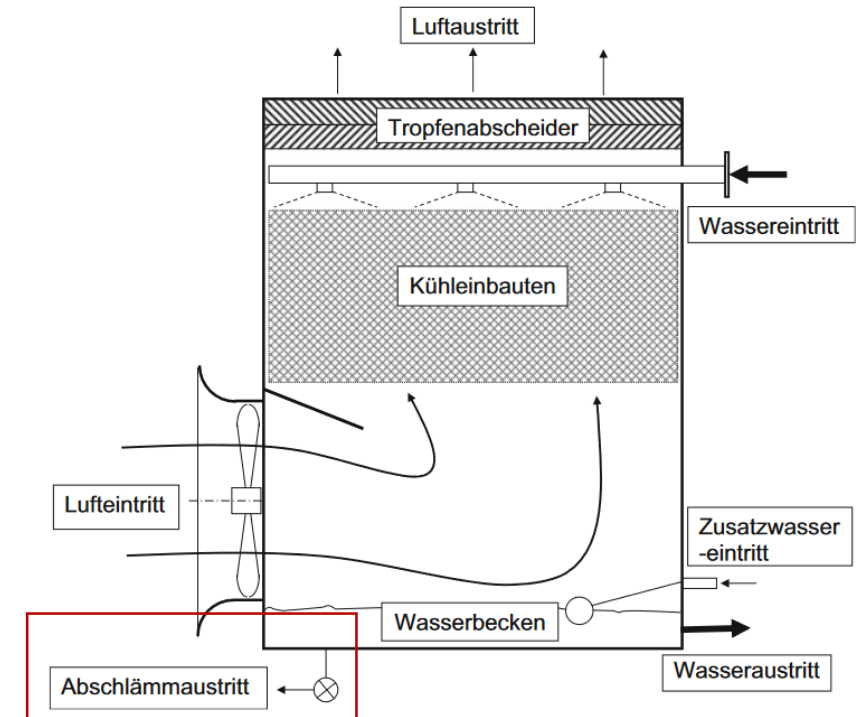
Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Konstruktion (Filter)

Filtern



Abschlämmen



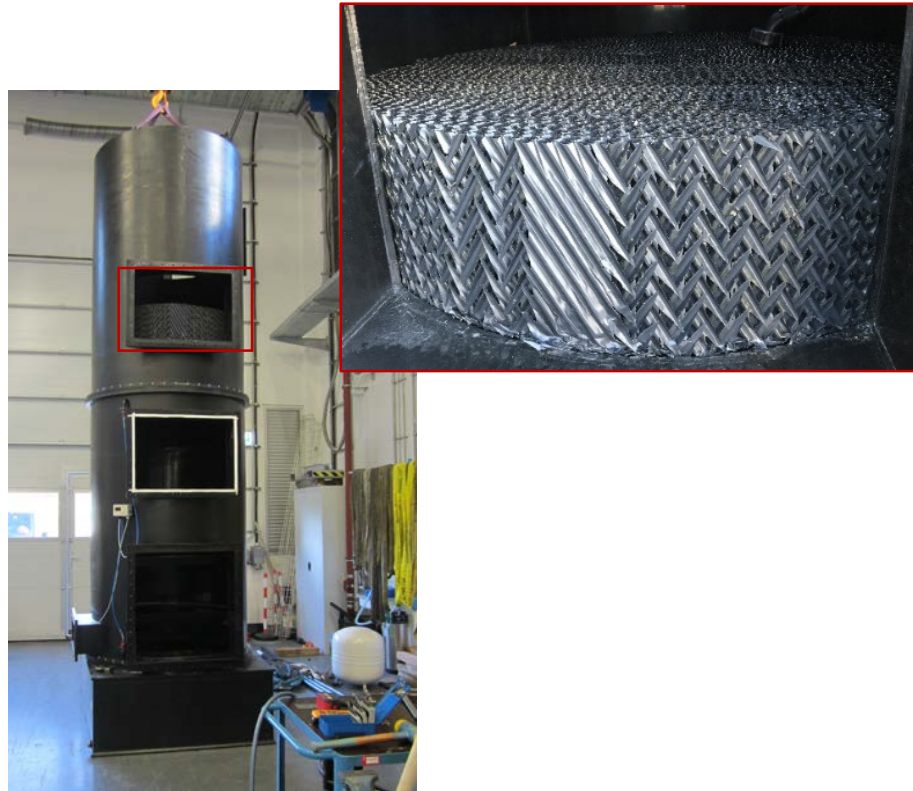
© VDI-Wärmeatlas (doi.org/10.1007/978-3-662-52991-1_111-1)

Prozessstabilität ⇔ Druckverlust & Investition

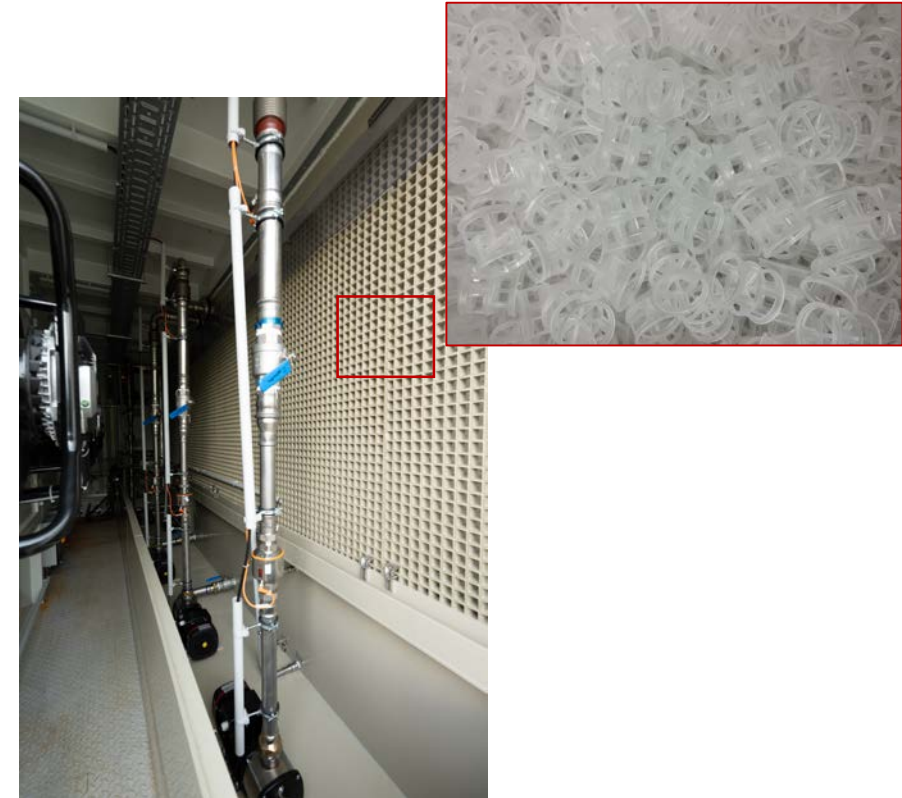
Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Konstruktion (Packung/Füllkörper)

Packung



Füllkörper



Effizienz & Druckverlust $\Leftrightarrow$ Investition / Verfügbarkeit & Prozessstabilität

Wesentliche DAC-Komponenten

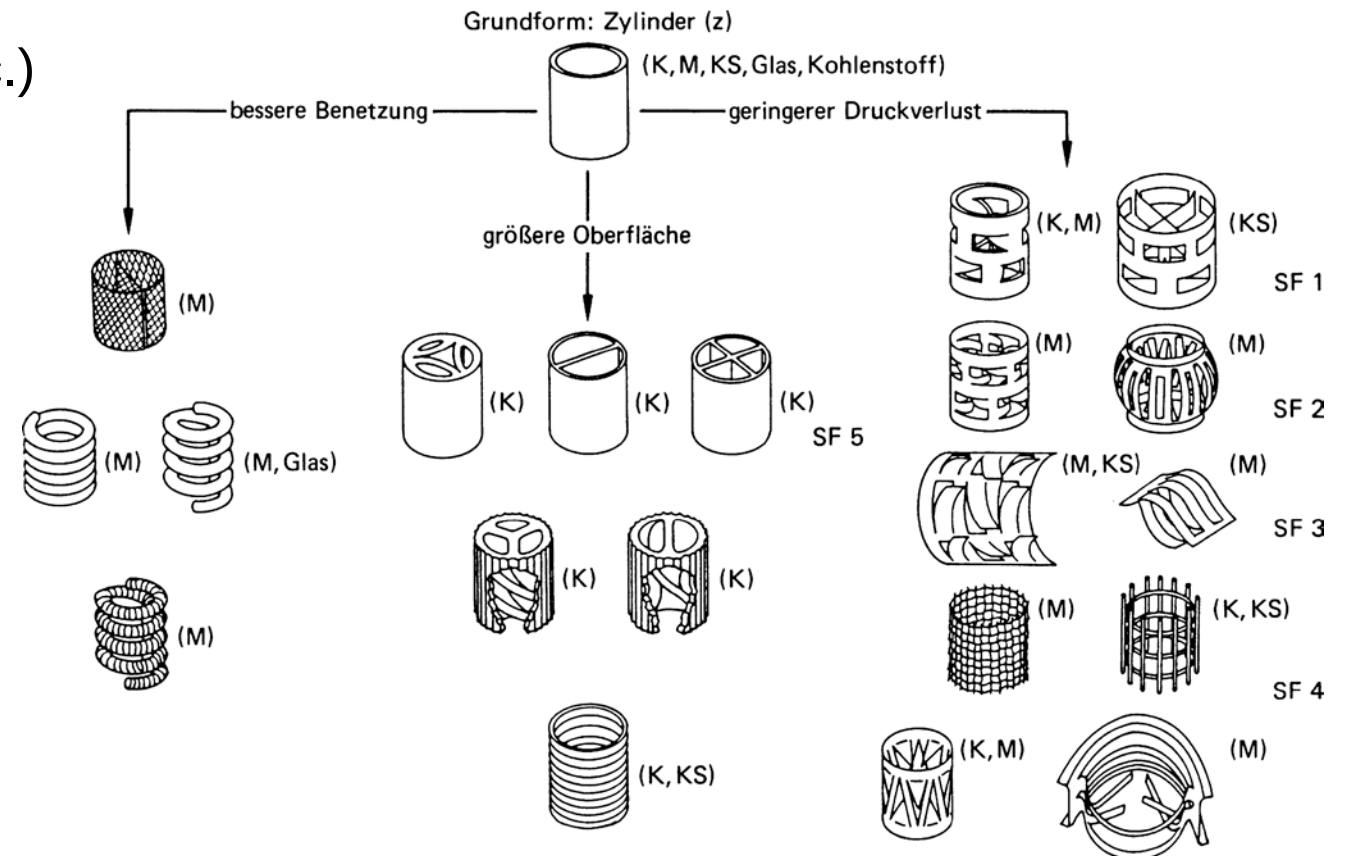
Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Konstruktion (Packung/Füllkörper)

Auslegungsparameter am Bsp. Füllkörper:

- Grundform (Kugel, Zylinder, Sattel)
- Material (Keramik, Kunststoff, Metall, etc.)

Einfluss auf:

- Benetzung
- Druckverlust
- Oberflächengröße
- Gewicht
- Investitionen
- Beständigkeit



© VDI-Wärmeatlas (doi.org/10.1007/978-3-662-52991-1_86-2)

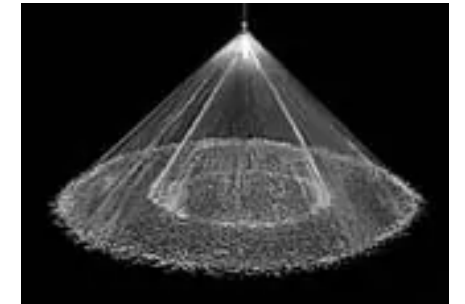
Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Konstruktion (Verteilung)

Verteilrinne



Eindüsung



© Bete Deutschland GmbH

Druckverlust & Prozessstabilität ⇔ Effizienz & Flexibilität

Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Ziele

A) Technische Ziele

- Hohe Absorptionsrate
- Niedriger Energiebedarf

B) Ökonomische Ziele

- Niedrige Investitions- und Betriebskosten
- Einfache Skalierbarkeit

C) Ökologische Ziele

- Minimierung von Emissionen
- Einsatz ressourcenschonender Materialien

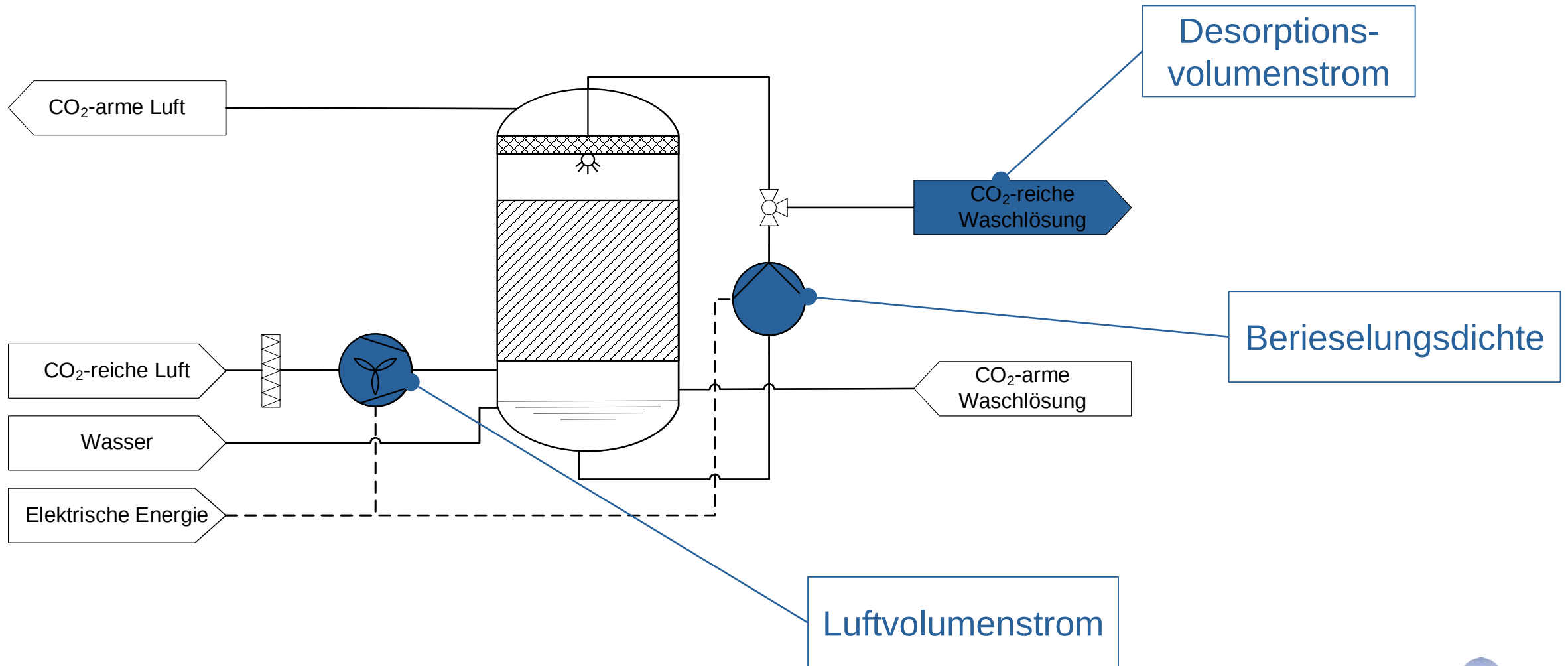
Parameter:

1) Konstruktion

2) Betrieb

Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Betrieb



Wesentliche DAC-Komponenten

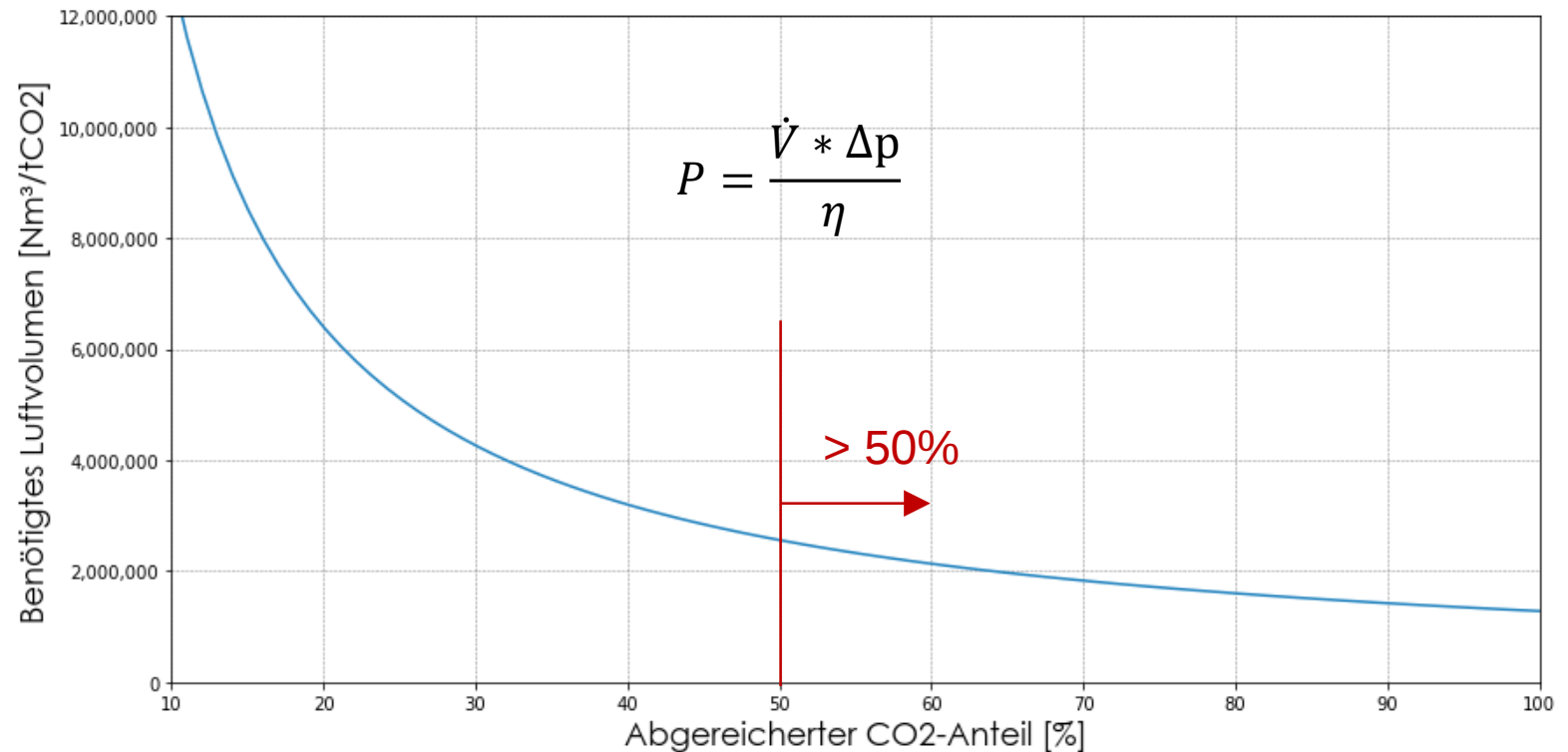
Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Betrieb (Luftvolumenstrom)

Benötigter Luftvolumenstrom als Funktion des CO₂-Abreicherungsgrades

- Art des Sorbens
- Beladungszustand
- Strömungsgeschwindigkeit
- Berieselungsdichte
- Kontaktfläche Sorbens/CO₂

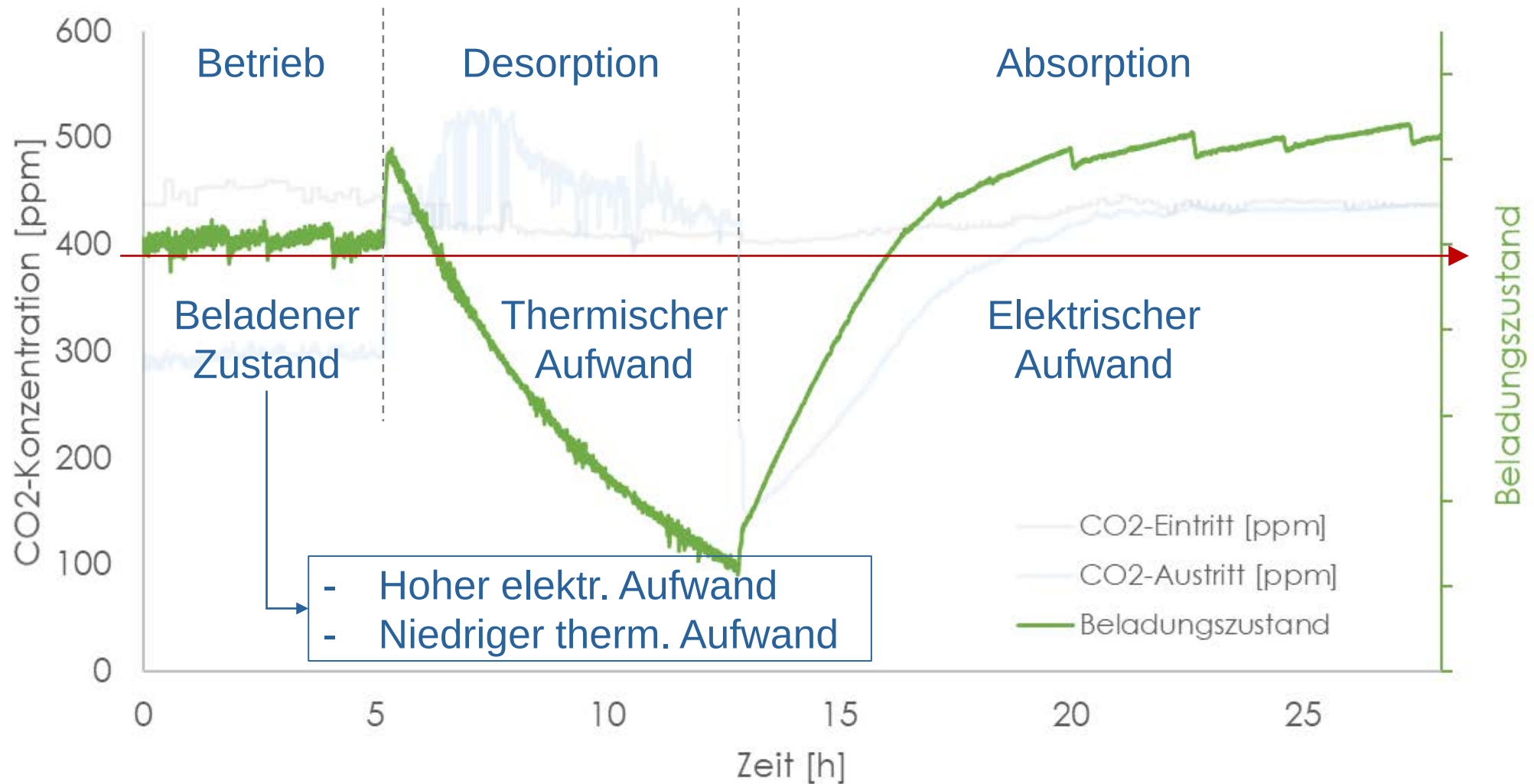
Betriebsweise

- CAPEX → Volumenstrom ↑
- OPEX → Abreicherungsgrad ↑



Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Betrieb (Desorptionsvolumenstrom)



Fragen / Diskussion



Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Desorber: Ziele

A) Technische Ziele

- Hohe Desorptionssrate
- Niedriger Energiebedarf

B) Ökonomische Ziele

- Niedrige Investitions- und Betriebskosten
- Hohe CO₂-Reinheit

C) Ökologische Ziele

- Einsatz ressourcenschonender Materialien

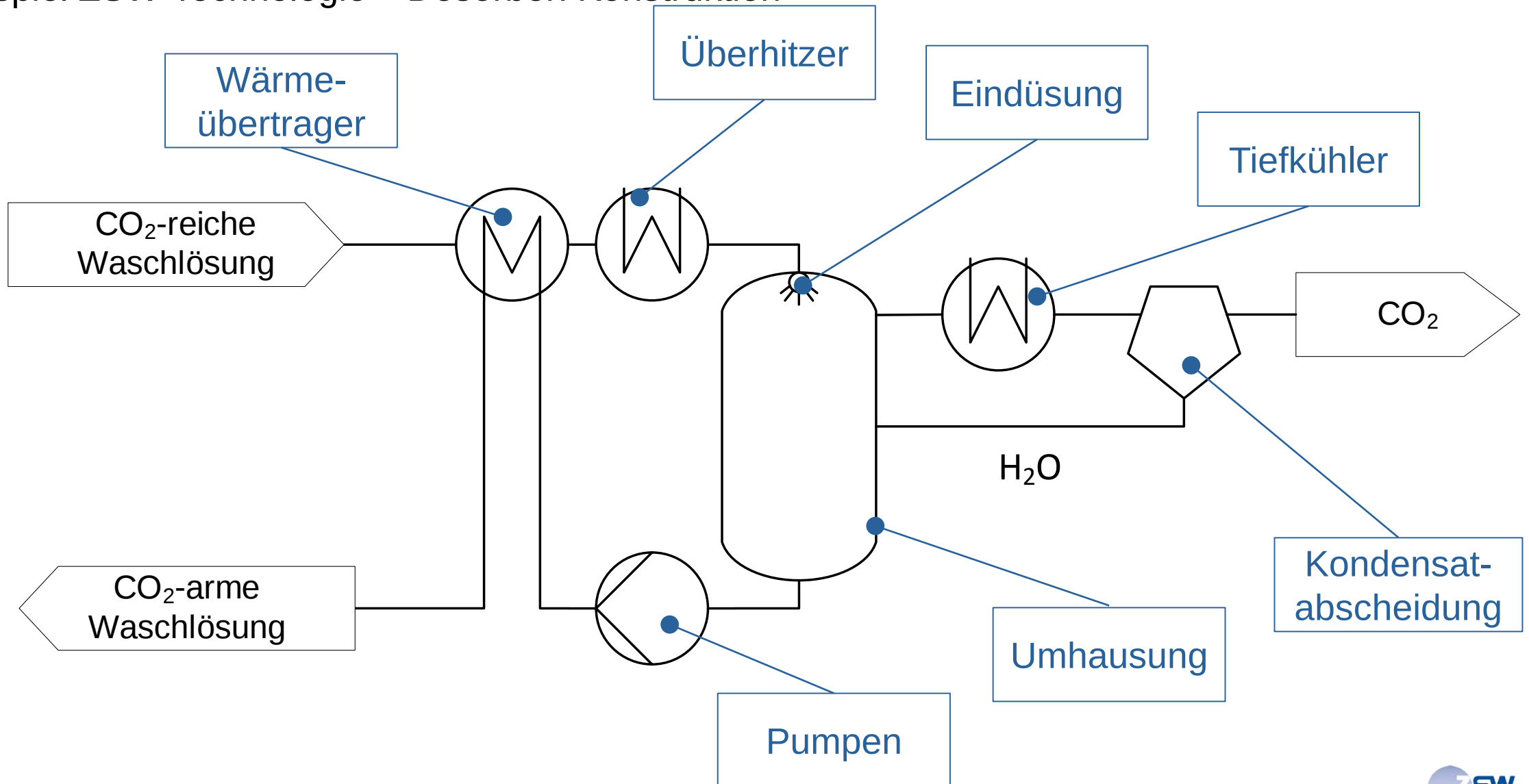
Parameter:

1) Konstruktion

2) Betrieb

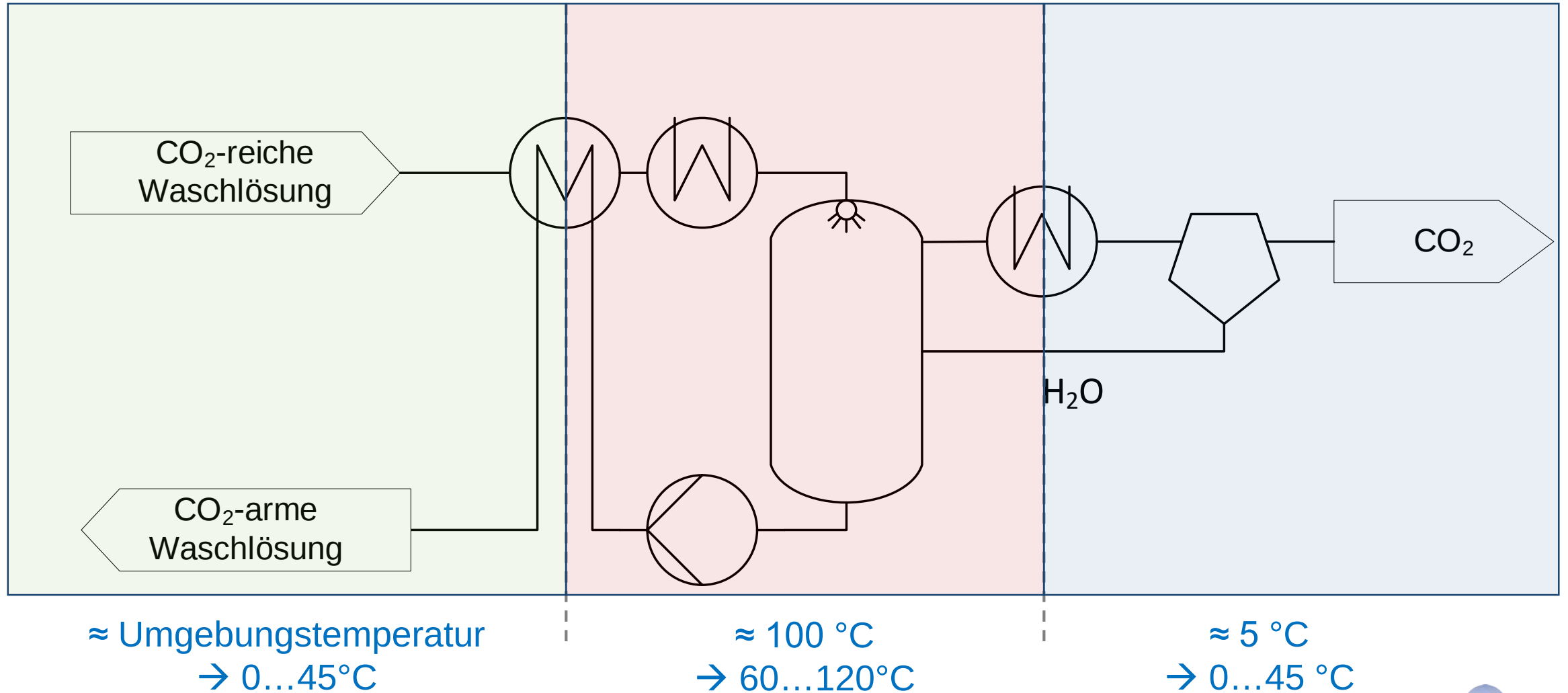
Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Desorber: Konstruktion



Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Desorber: Konstruktion (Materialbeständigkeiten)



Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Desorber: Konstruktion (Materialbeständigkeiten)

Thermische Beständigkeit

- Niedertemperaturverfahren (ZSW) bis ca. 120 °C
- Hochtemperaturverfahren (CarbonEngineering) ca. 900 °C

Chemische Beständigkeit

- Amine mit $\text{pH} > 10$
- Hydroxide (KOH/NaOH) mit $\text{pH} > 12$

Typische Materialien

- Edelstähle (1.4306; 1.4541; 1.4571)
- Kunststoffe (PVC, PE, PP)
→ Temperaturbeständigkeit beachten



Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Desorber: Ziele

A) Technische Ziele

- Hohe Desorptionssrate
- Niedriger Energiebedarf

B) Ökonomische Ziele

- Niedrige Investitions- und Betriebskosten
- Hohe CO₂-Reinheit

C) Ökologische Ziele

- Einsatz ressourcenschonender Materialien

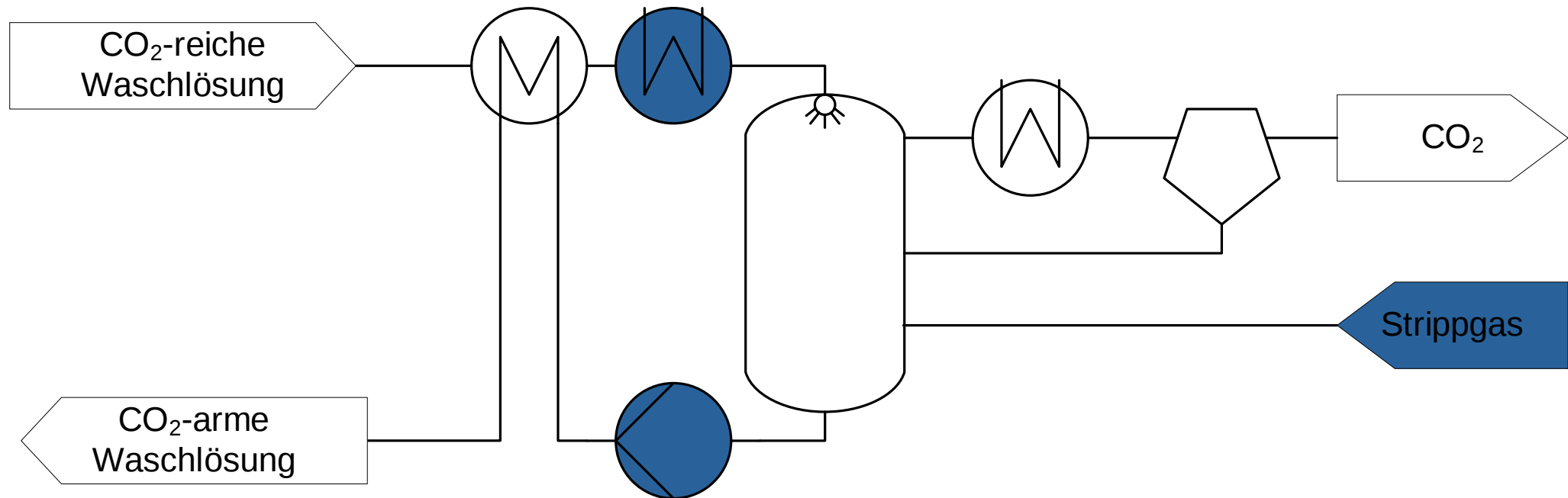
Parameter:

- 1) Konstruktion
- 2) Betrieb

Wesentliche DAC-Komponenten

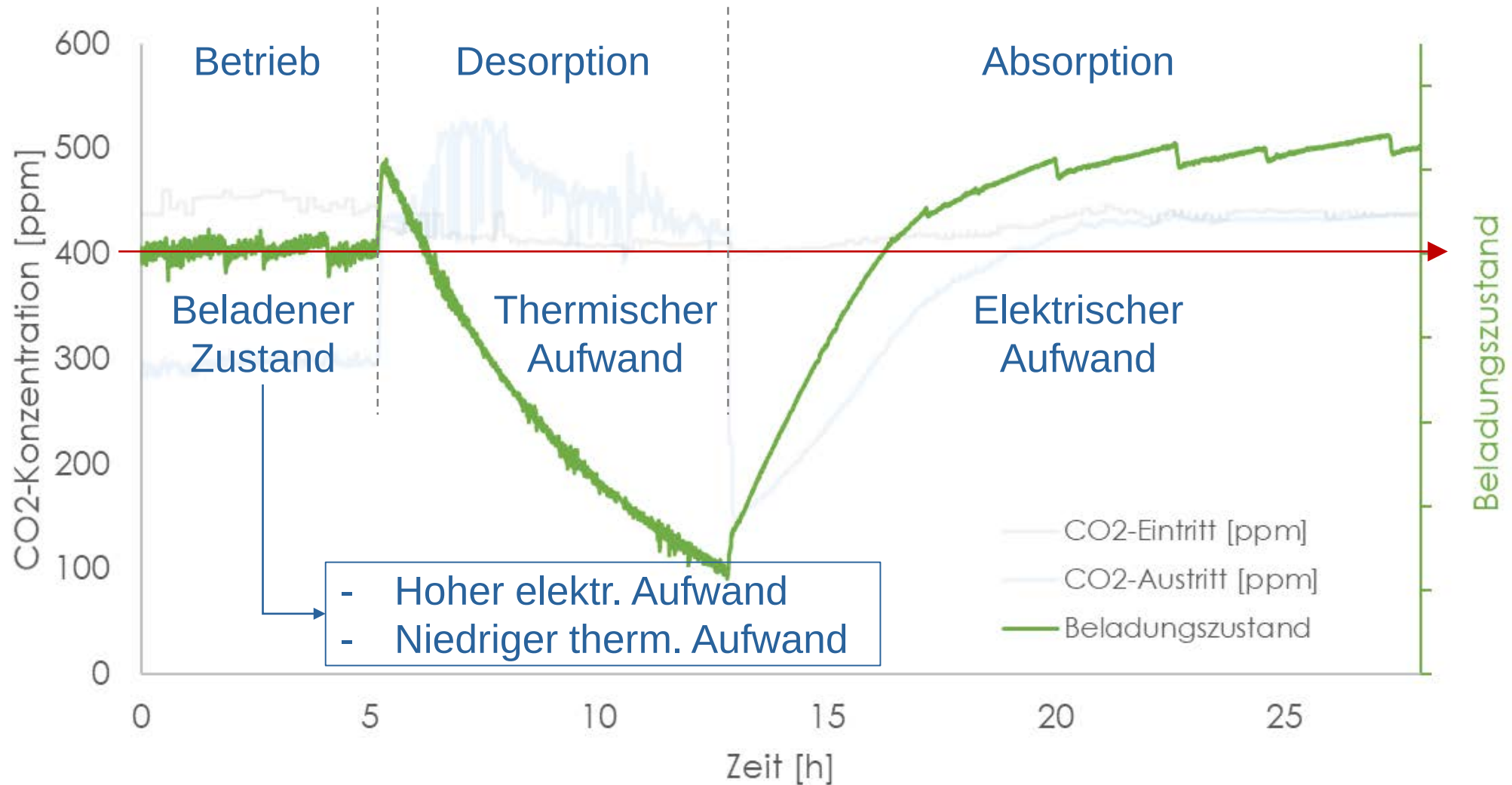
Beispiel ZSW-Technologie – Desorber: Betrieb

- Temperatur $\Leftrightarrow$ Druck
- Desorbervolumenstrom
- Strippgas



Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Absorber: Betrieb (Desorptionsvolumenstrom, Temperatur, Druck etc.)



Fragen / Diskussion

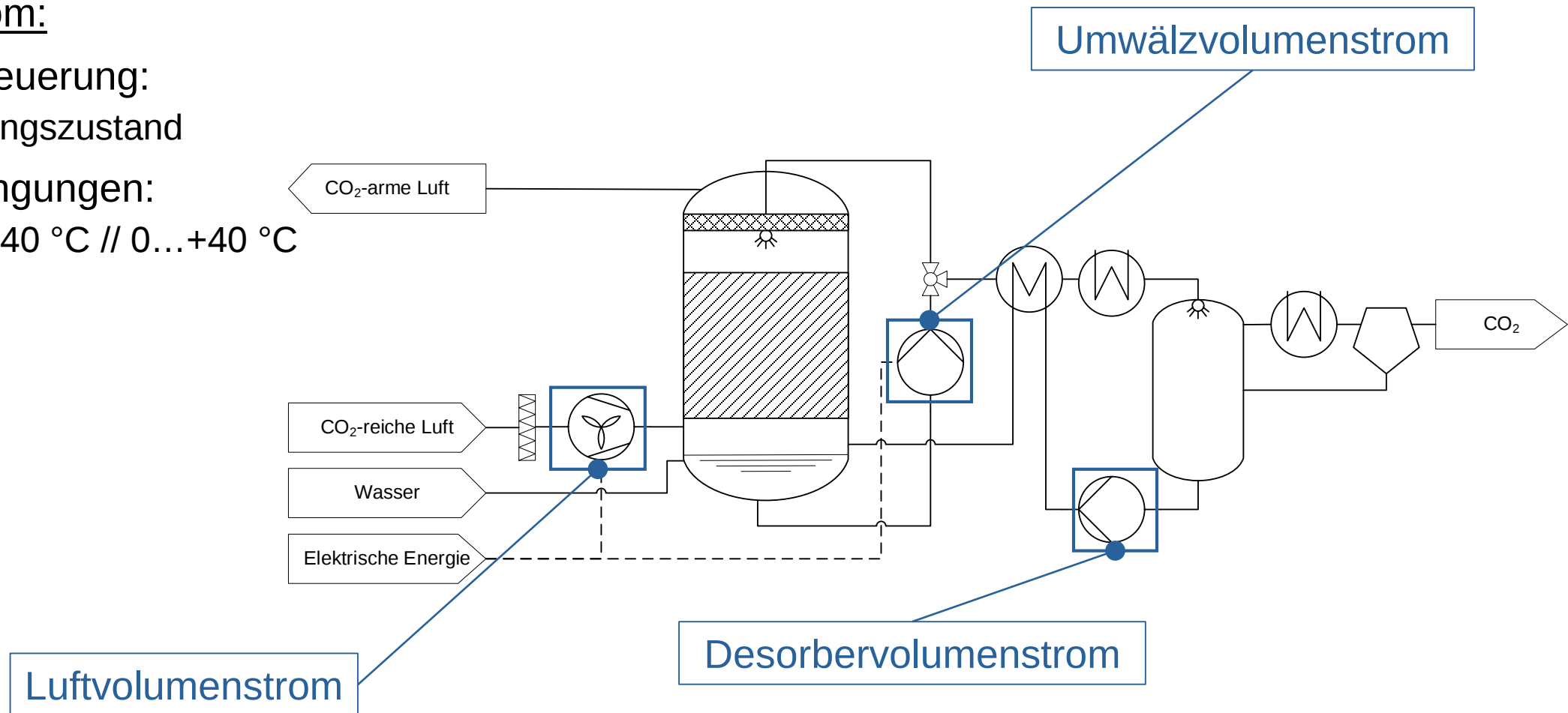


Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Mess- und Regelungstechnik

Volumenstrom:

- Prozesssteuerung:
 - Beladungszustand
- Randbedingungen:
 - $-15...+40\text{ °C}$ // $0...+40\text{ °C}$
 - 12 pH

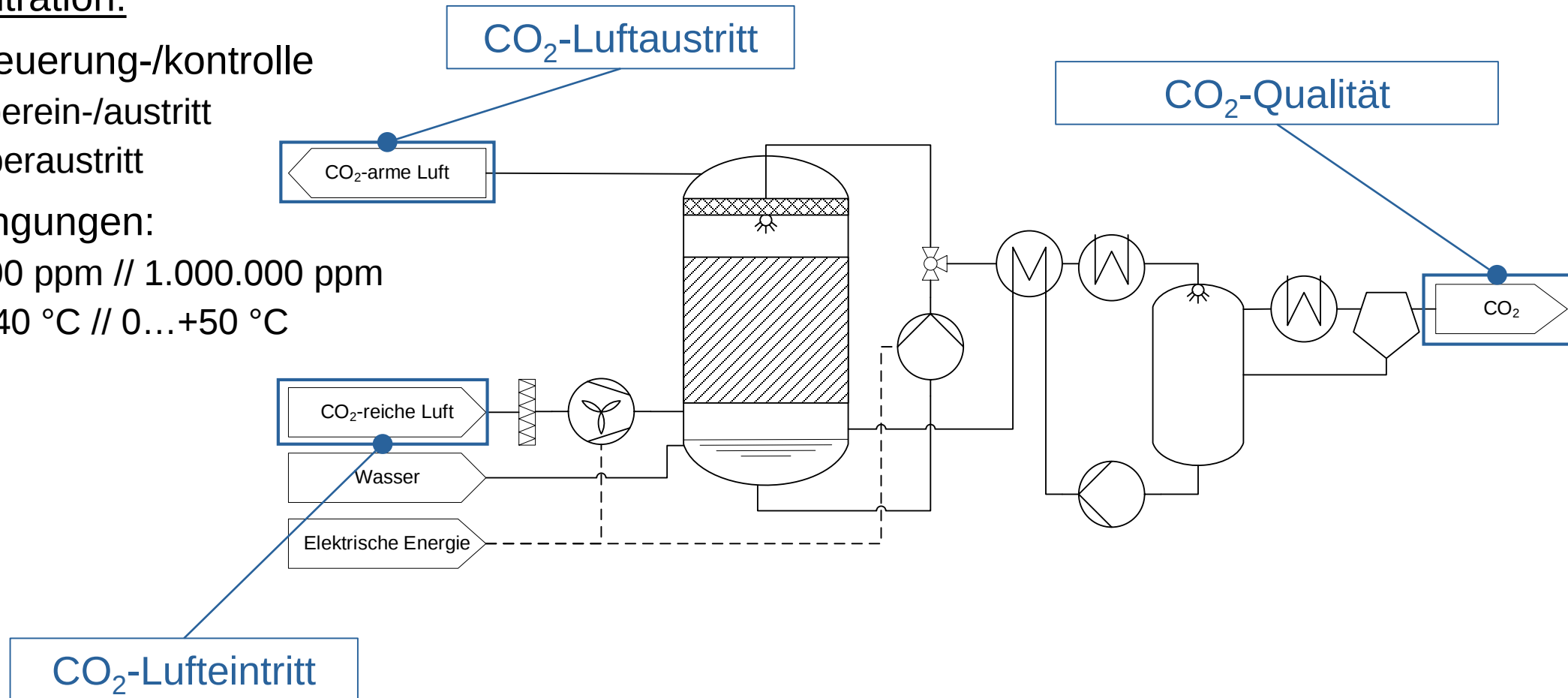


Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Mess- und Regelungstechnik

CO₂-Konzentration:

- Prozesssteuerung-/kontrolle
 - Absorberein-/austritt
 - Desorberaustritt
- Randbedingungen:
 - 0...1000 ppm // 1.000.000 ppm
 - -15...+40 °C // 0...+50 °C

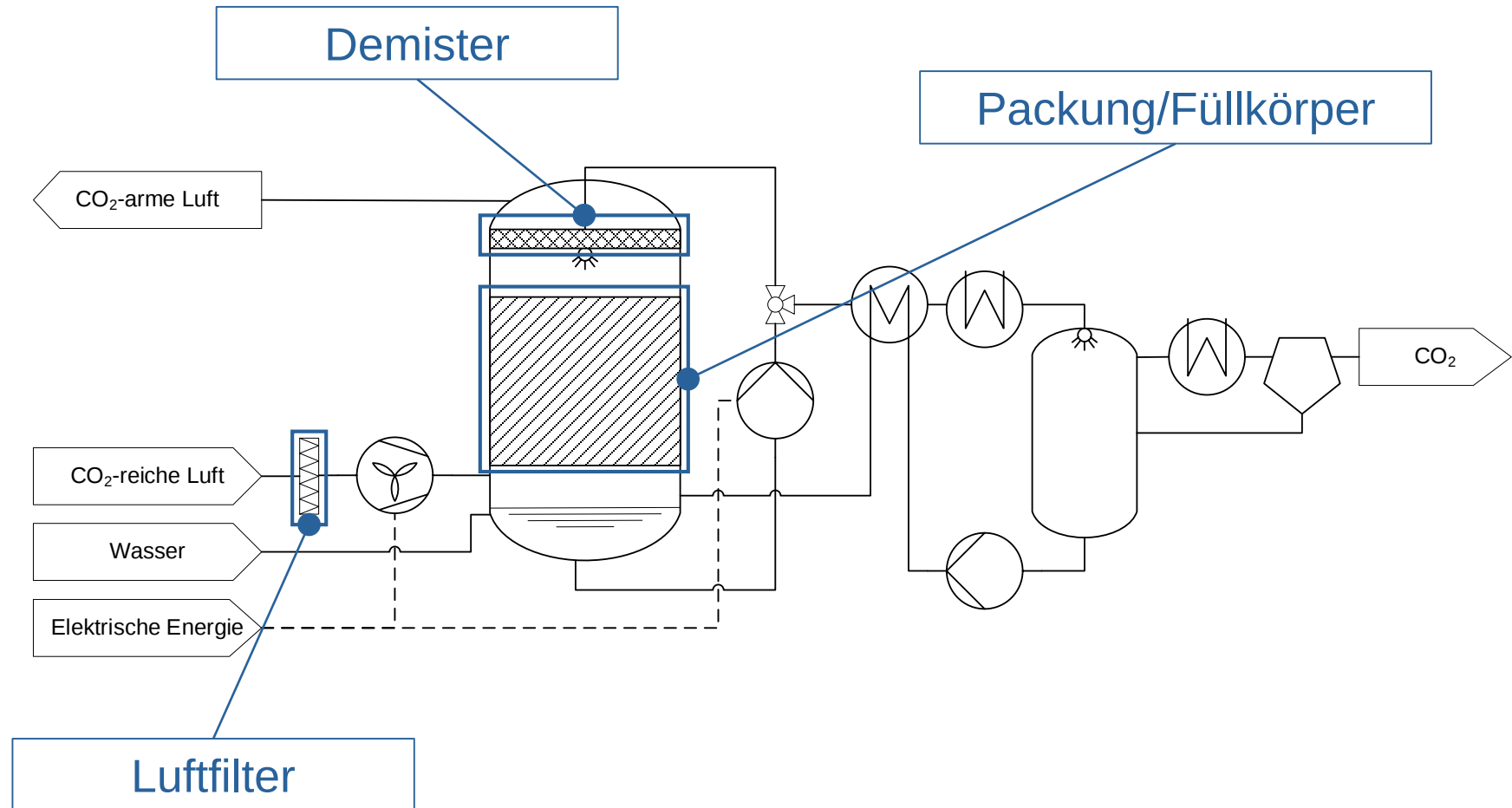


Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Mess- und Regelungstechnik

Differenzdruck :

- Prozesskontrolle
 - Luftfilter
 - Packung/Füllkörper
 - Demister
- Randbedingungen:
 - 0...10 mbar
 - -15...+40 °C
 - 12 pH

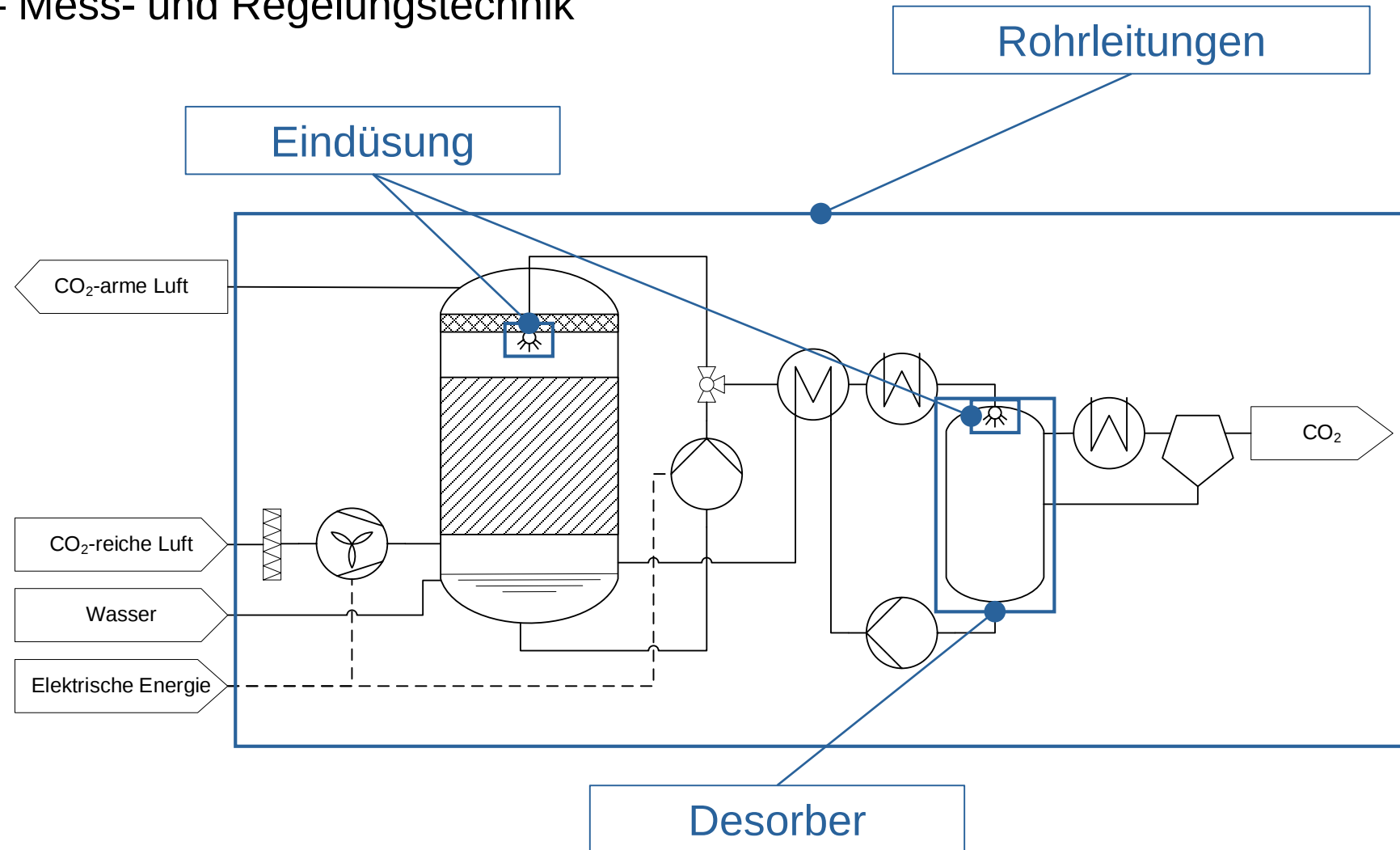


Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Mess- und Regelungstechnik

Druck:

- Prozesskontrolle
 - Rohrleitungen
 - Desorber
 - Eindüsung
- Randbedingungen:
 - 0...6 bar // 0...40 bar
 - pH 12
 - 0...+120 °C



Beispiel ZSW-Technologie – Mess- und Regelungstechnik

- Prozesskontrolle
 - Absorber
 - Wärmeübertrager
 - Desorption

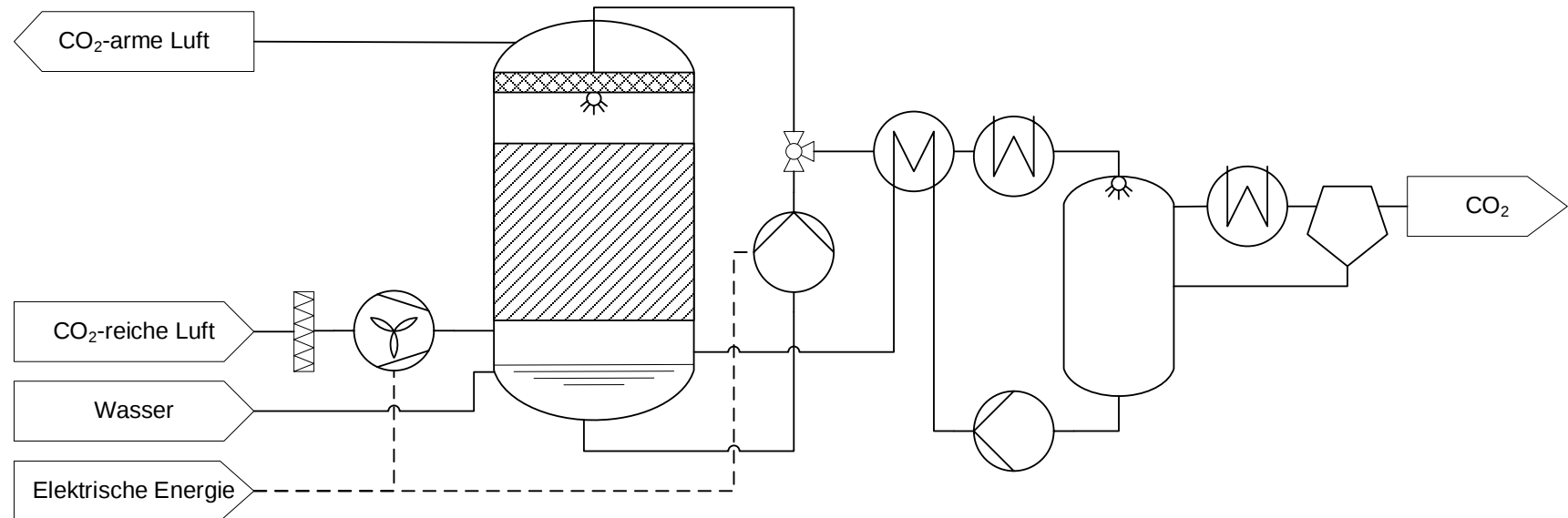
-
- The diagram illustrates a CO₂ capture process. On the left, inputs include 'CO₂-arme Luft' (CO₂-poor air), 'CO₂-reiche Luft' (CO₂-rich air) at 20 °C, 'Wasser' (Water), and 'Elektrische Energie' (Electrical energy). The 'CO₂-reiche Luft' enters a 'Desorber' (a large vertical vessel with a heating coil). The 'Wärmemanagement' (Heat management) section includes a 'Überhitzung' (Superheating) stage and a 'Tiefkühlung' (Deep cooling) stage. The 'Desorber' output goes through a compressor (M) and a condenser (W) in the 'Überhitzung' stage, then through a condenser (W) in the 'Tiefkühlung' stage, and finally a separator before exiting as 'CO₂'. The 'Desorber' is also connected to a 'Wärmemanagement' section. The 'Desorber' is labeled 'Desorber'.

Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Mess- und Regelungstechnik

Weitere Messgrößen:

- Luftfeuchtigkeit
- pH-Wert
- Dichte
- Viskosität
- Aerosolbeladung
- etc...



Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Mess- und Regelungstechnik

- Anlagenskalisierung:
 - kontinuierliche ⇔ diskontinuierliche Verfahren
 - Baugröße ⇔ Modulanzahl
 - Vor-Ort Fertigung ⇔ Plug-and-Play
- ➔ Unterschiedliche Auswirkungen auf Skalierung von Komponenten



© Climeworks



© 1PointFive

Wesentliche DAC-Komponenten

Beispiel ZSW-Technologie – Testmöglichkeiten

Laboraufbauten für flüssigkeits- und feststoffbasierte Ansätze

- Thermogravimetrische Analyse für Materialuntersuchungen
- Testapparaturen zur Analyse von feststoffgebundenen Aminen
 - Be- und Entladungskurven, Zyklenversuche etc.
- Laborwäscher
 - Vorvalidierungen von Verfahrensparameter
 - Erprobung von Komponenten für DAC-Anwendungen
 - Analyse von Langzeitverhalten verschiedener Sorbentien
- Erweiterung der Testinfrastruktur bzgl. Klimazonen

Demonstratoren

- DAC-1 Anlage (17.000 Betriebsstunden)
- DAC-10 Anlage (IBN)



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

Dr.-Ing. Raphael Vollmer

raphael.vollmer@zsw-bw.de

+49 711 7870-171

// DIRECT AIR CAPTURE



// System and component development
// Own prototypes up to >100 t/a CO₂
// Technology benchmark
// Sorbents and material testing

VISIT US AT
**HYDROGEN TECHNOLOGY
EXPO EUROPE**
HALL A2, STAND-NO. C27



Fragen / Diskussion



Agenda

3. Workshop: Anforderungen an Komponenten und Baugruppen

- Begrüßung und Überblick
- Besichtigung der DAC-Anlage (Komponenten)
- Wesentliche DAC-Komponenten & Anforderungen am Beispiel der ZSW-Technologie
- **Anwendungen von CFD-Simulationen im Rahmen von DAC**
- Besichtigung der DAC-Anlage (Betrieb)
- Mittagsbuffet
- Offenes Ende mit Zeit für Fragen und Diskussionen

DAC UND SIMULATIONEN: DER DIGITALE WEG ZUR CO₂-ENTNAHME

Holger Huck, Patrick Le Clercq

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR),
Institut für Verbrennungstechnik - Stuttgart



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR VERKEHR



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS

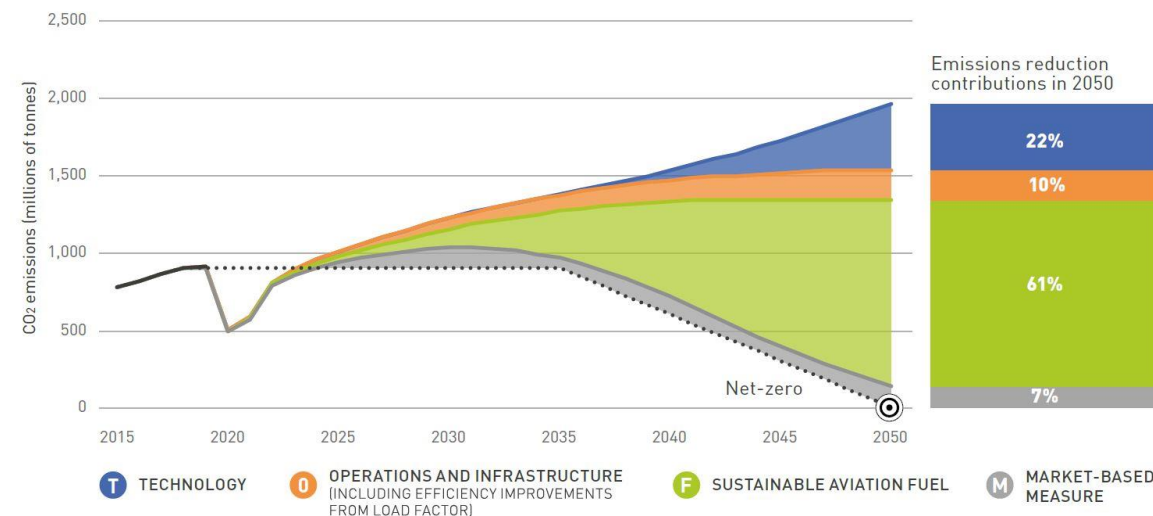
DAC BW
DIRECT AIR CAPTURE MADE
IN BADEN-WÜRTTEMBERG



„Das DLR-Institut für Verbrennungstechnik erarbeitet Lösungen, um sowohl die Energieversorgung als auch die Luftfahrt **klimaverträglich** zu machen. Dafür entwickeln wir **regenerativ erzeugte Kraftstoffe** und innovative Brennkammersysteme für Gas- und Flugzeugturbinen weiter.“



Ohne Sustainable Aviation Fuels (SAF) kann die Luftfahrt nicht klimaneutral werden.

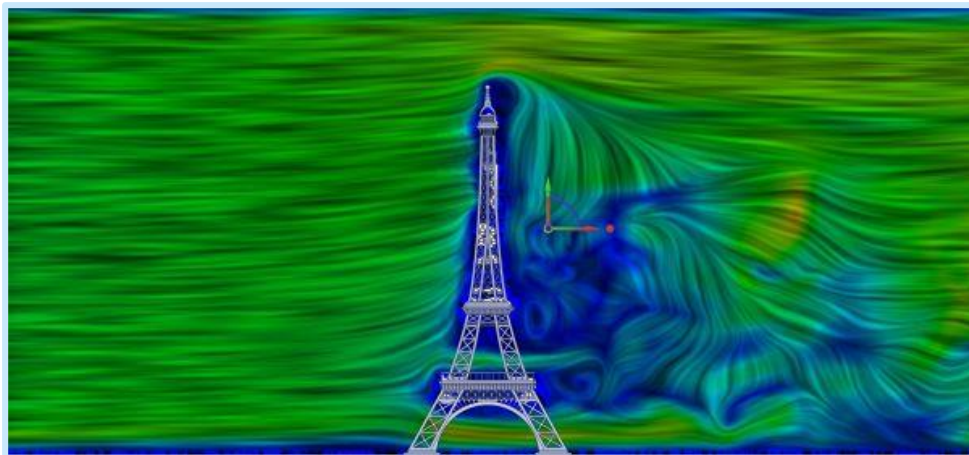


Unsere **Motivation** für DAC-Forschung:
Nutzung von CO₂ als Ausgangsstoff für nachhaltige PtL-Kraftstoffe
(Power-to-Liquid)

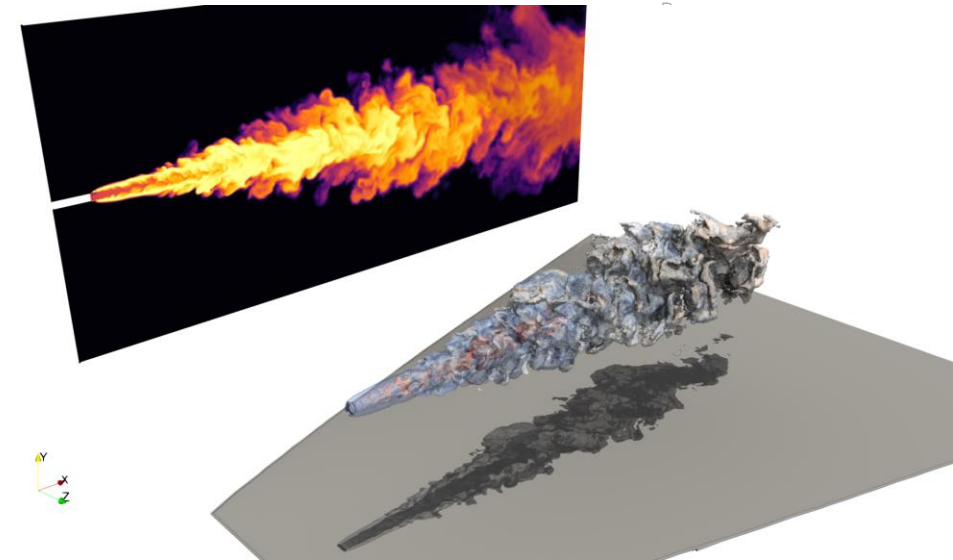
Was sind CFD Simulationen?

Computational Fluid Dynamics

- Werkzeug zur Berechnung und Analyse von Fluidströmungen
- Beinhaltet Phänomene der **Thermodynamik** und **Chemie**
- Potential **Effizienz** der CO₂-Absorption zu steigern



<https://fetchcf.com/view-project/889-eiffel-tower-cfd-simulation>



<https://www.dlr.de/de/vt/forschung-transfer/themen/software-entwicklung/thetacom-numerische-stroemungs-und-verbrennungssimulation>

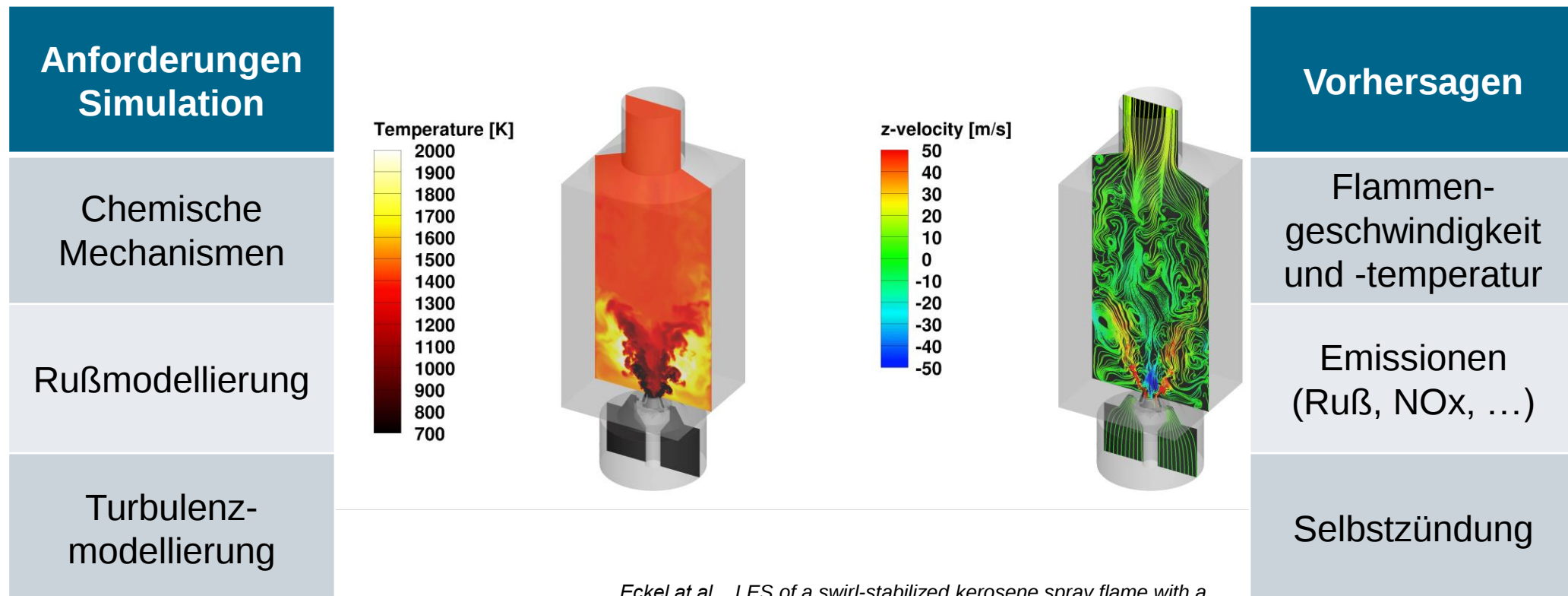
CFD Software bei DLR-VT

- Institutseigenes Programm **ThetaCOM** für numerische Strömungs- und Verbrennungssimulation
- Verwendet 3D Finite Volume Methode und rechnet auf unstrukturierten Gittern
- Sehr gute **Skalierung** auf „High-Performance-Computing“ Systemen

Wie kann CFD die Entwicklung unterstützen?

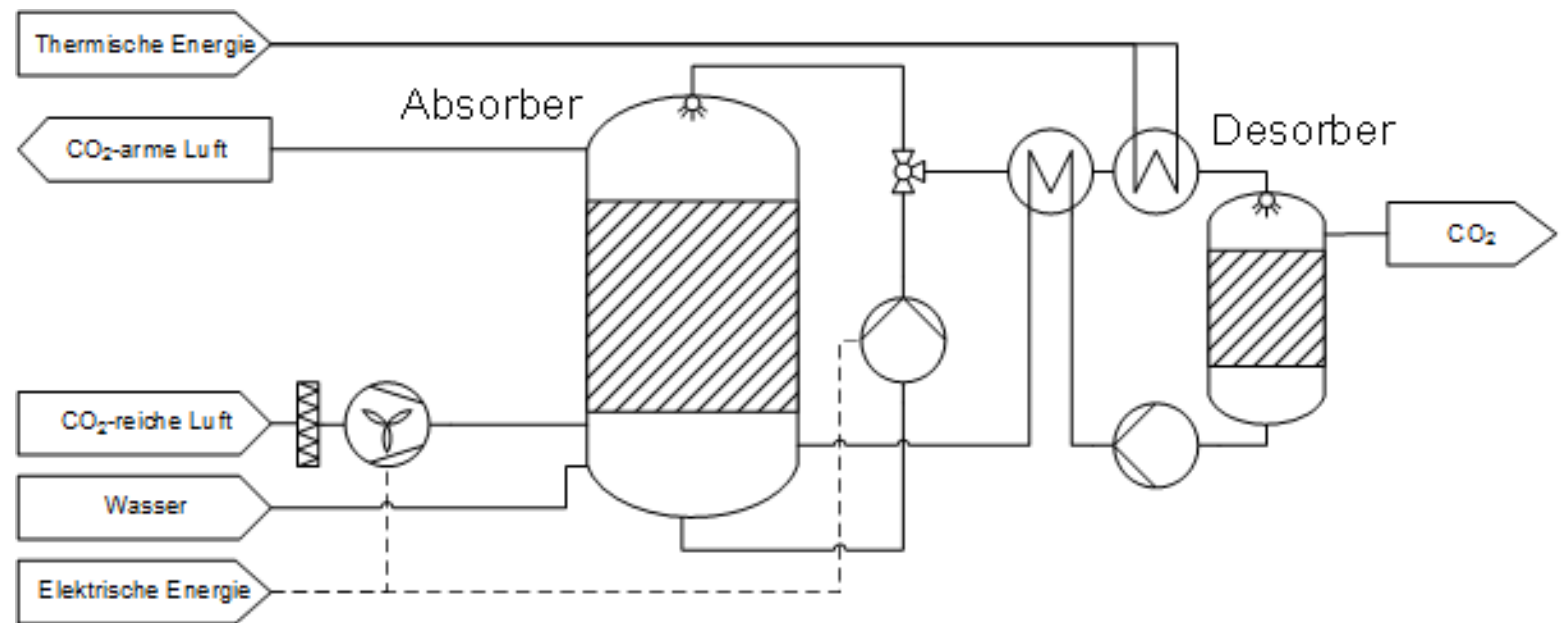
Expertise bei VT:

Vorhersage von komplexen physikalischen und chemischen Prozessen mit ThetaCOM



Eckel et al., „LES of a swirl-stabilized kerosene spray flame with a multi-component vaporization model and detailed chemistry”
<https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2019.05.011>

Aufgabe ist das **Verstehen** und die **Übertragung** von komplexen physikalischen und chemischen Prozessen im Bereich DAC.

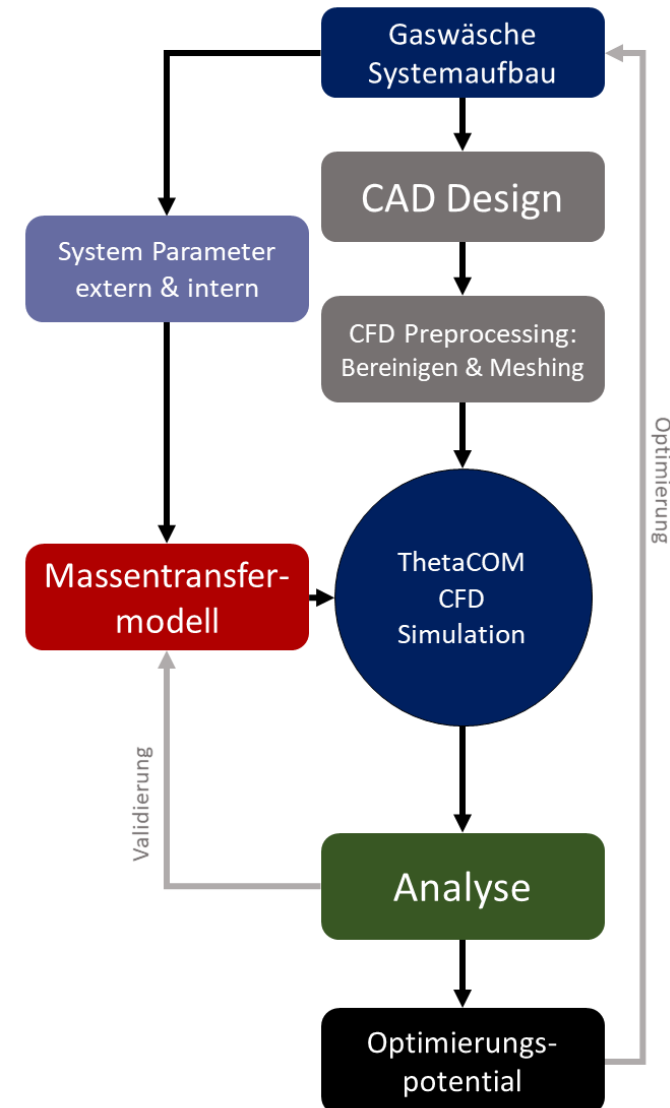


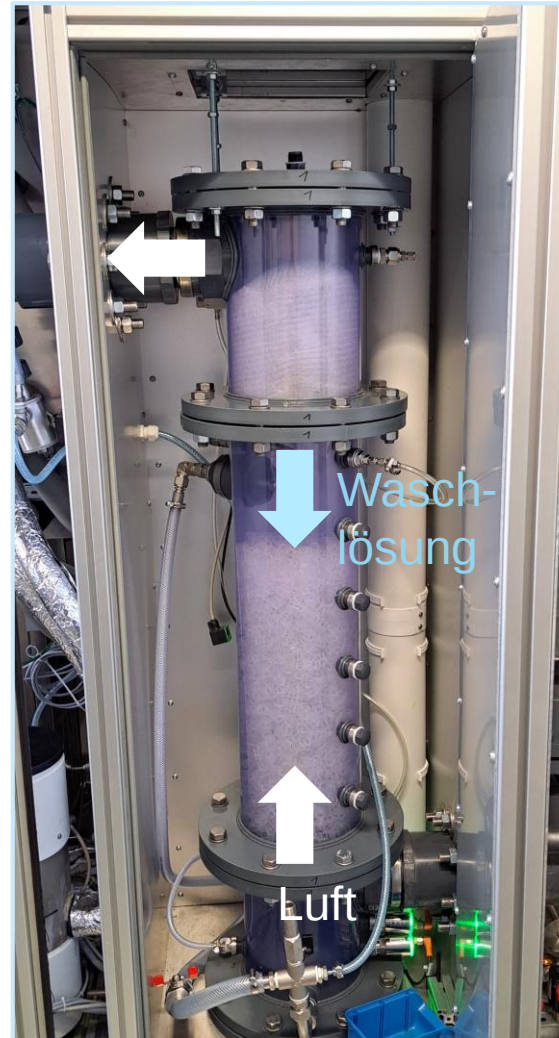
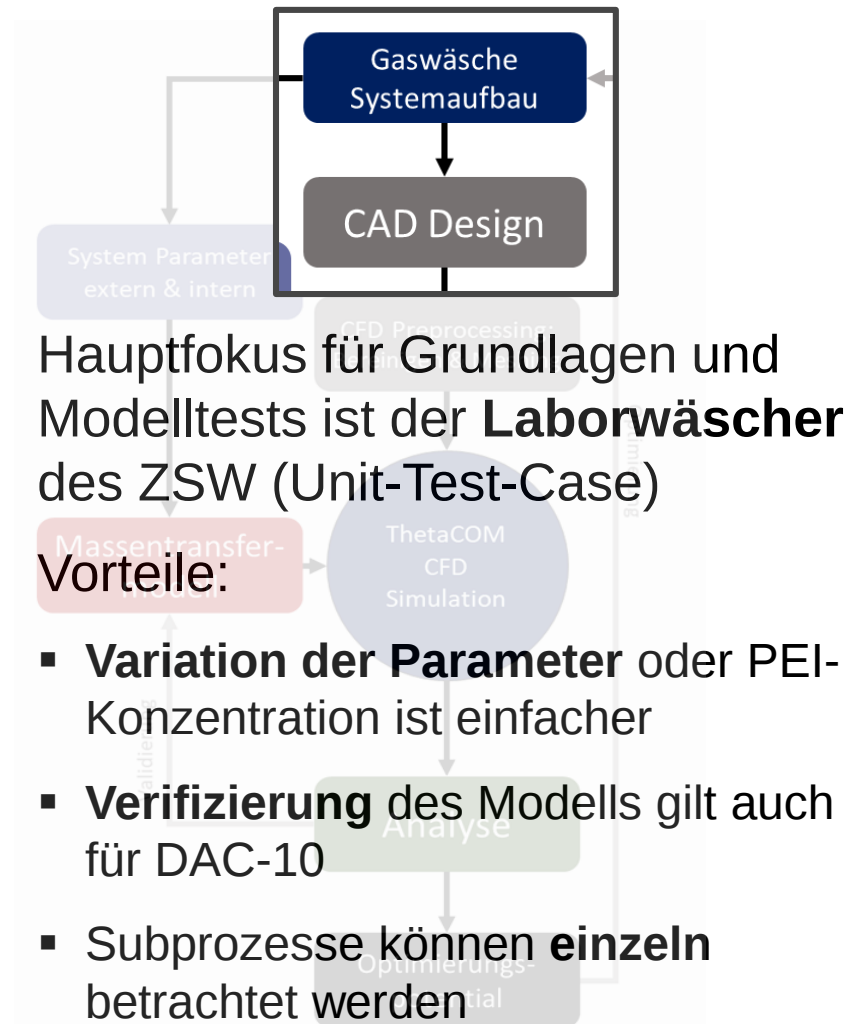
Meilenstein und **Ziel** für DLR-Arbeitspaket:

Entwicklung eines umfassenden CFD-Modells und Aufbau der Simulations Tool-Chain.

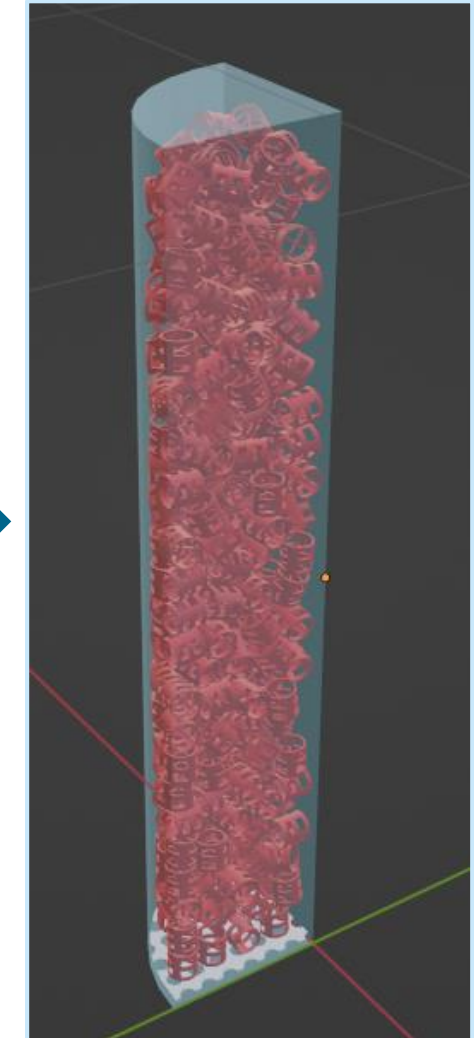
Überblick **Ablauf** einer CFD-Simulation für DAC

1. Preprocessing:
 - Evaluierung der Anlage
 - CAD Design (Meshing)
2. Implementierung in ThetaCOM
 - Theoretische Grundlagen Massentransfermodell
 - CFD-Simulation
3. Analyse der Ergebnisse

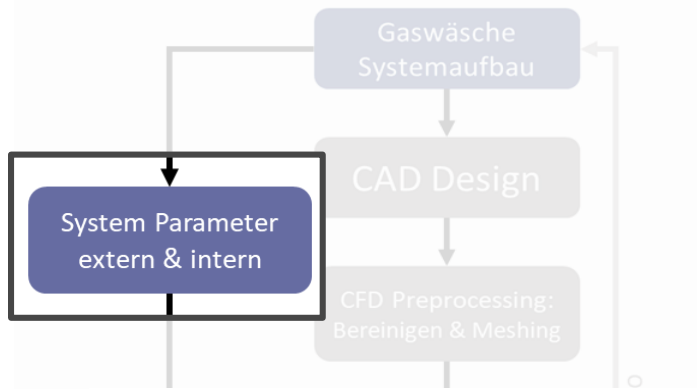




ZSW, Stuttgart

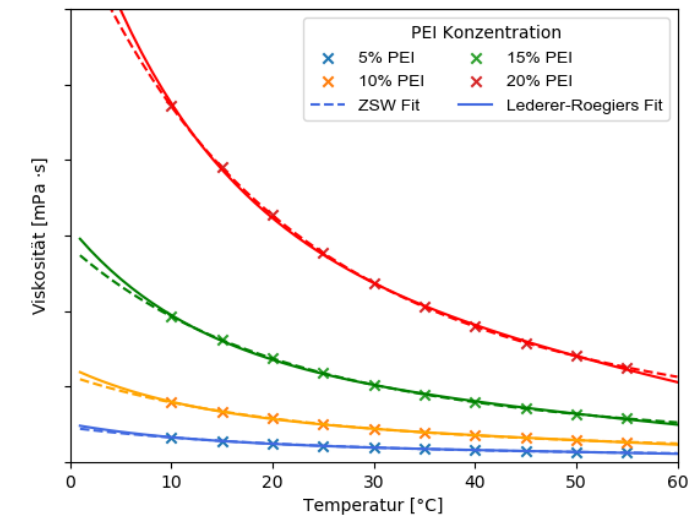
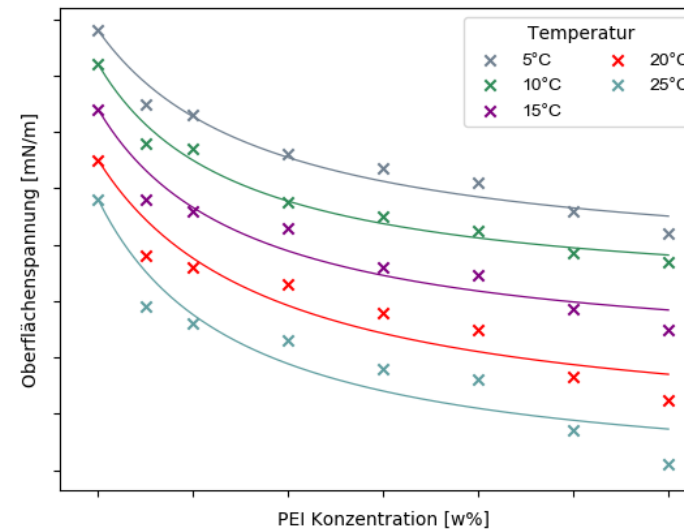
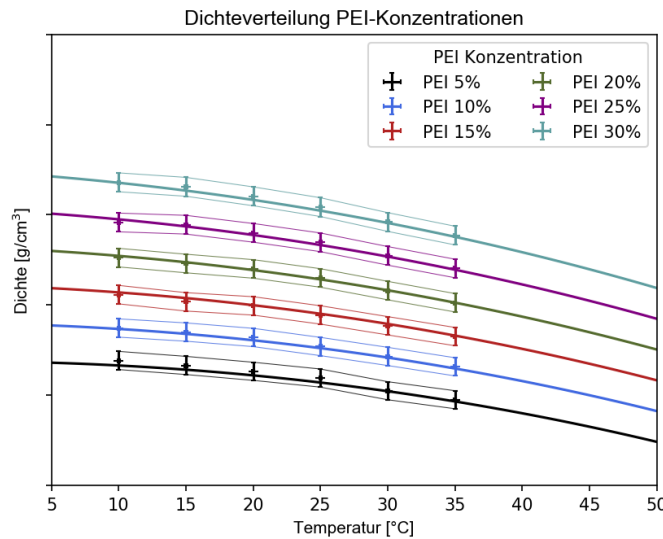


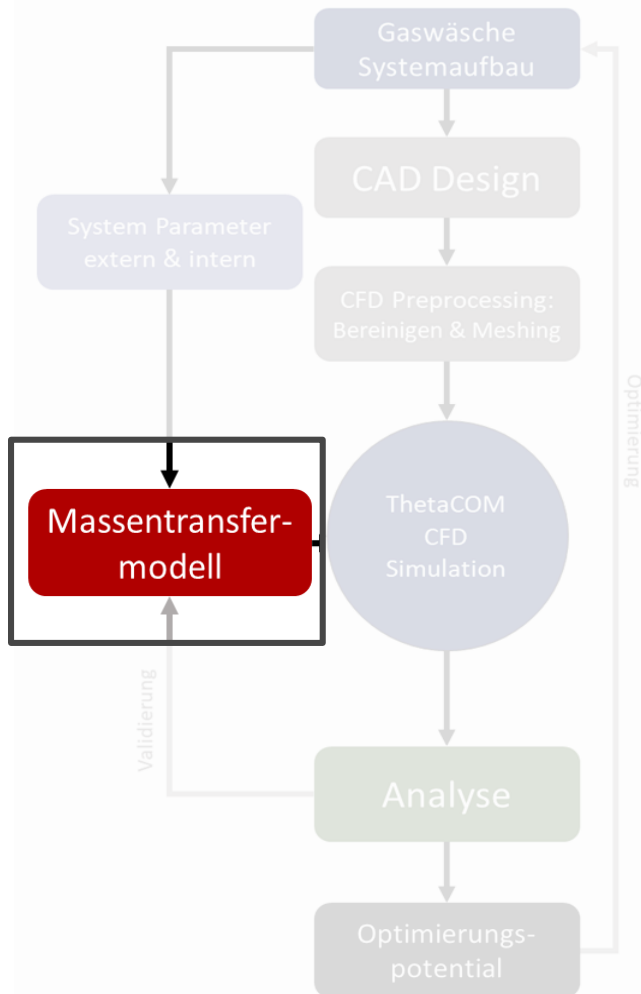
Stoffeigenschaften Waschlösung



Simulation ist nur so gut wie die **Informationen**, die wir über das System haben.

Essentiell ist dabei die Charakterisierung des **Absorberstoffes**.





Diffusion

Übergang von einem Stoff aus einem Bereich **hoher Konzentration** in einen Bereich **geringerer Konzentration**. Treibende Kraft ist die Eigenbewegung der Teilchen (Brown'sche Molekularbewegung).

Einschub:

Adsorption

Oberflächenprozess

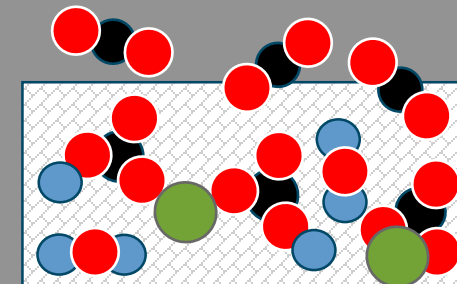
(Van-der-Waals oder kovalente Bindung)

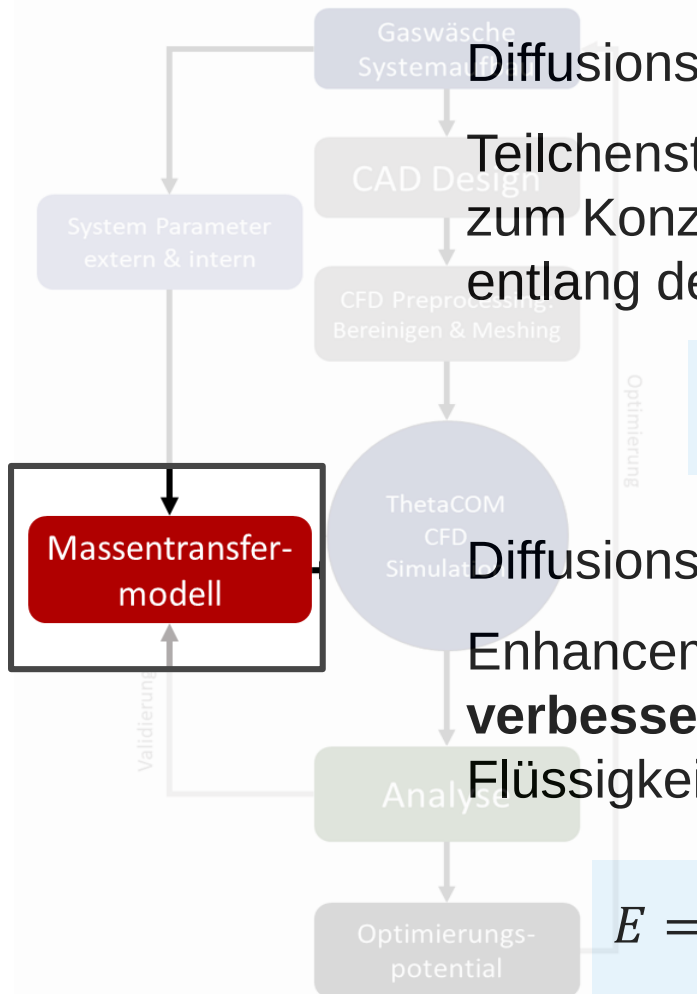


Absorption

Volumenprozess

Aufnahme durch die Grenzfläche in die Phase





Diffusionsgleichungen **ohne Reaktion**

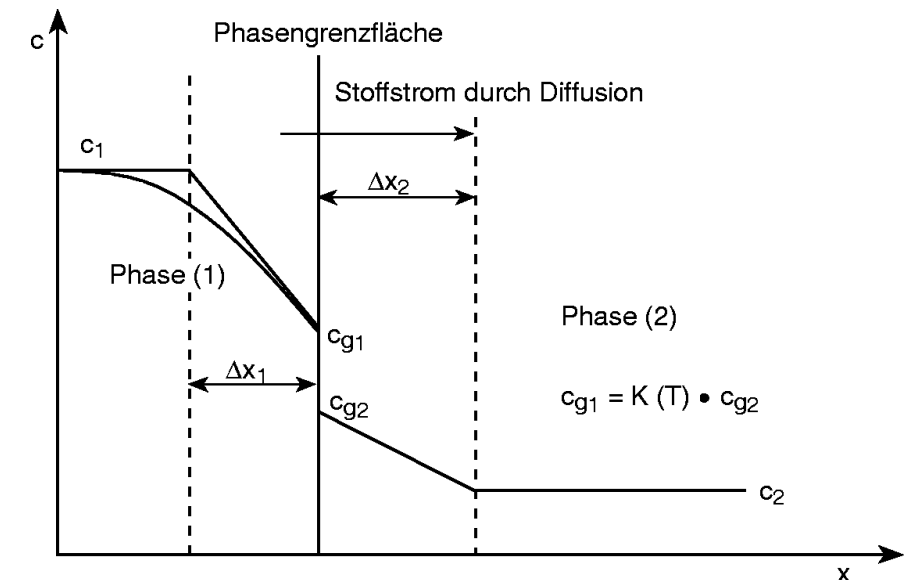
Teilchenstrom pro Fläche ist proportional zum Konzentrationsgradienten $\partial c / \partial x$ entlang der Diffusionsrichtung.

$$J_{phys} = -D \frac{\partial c}{\partial x}$$

Diffusionsgleichung **mit Reaktion**

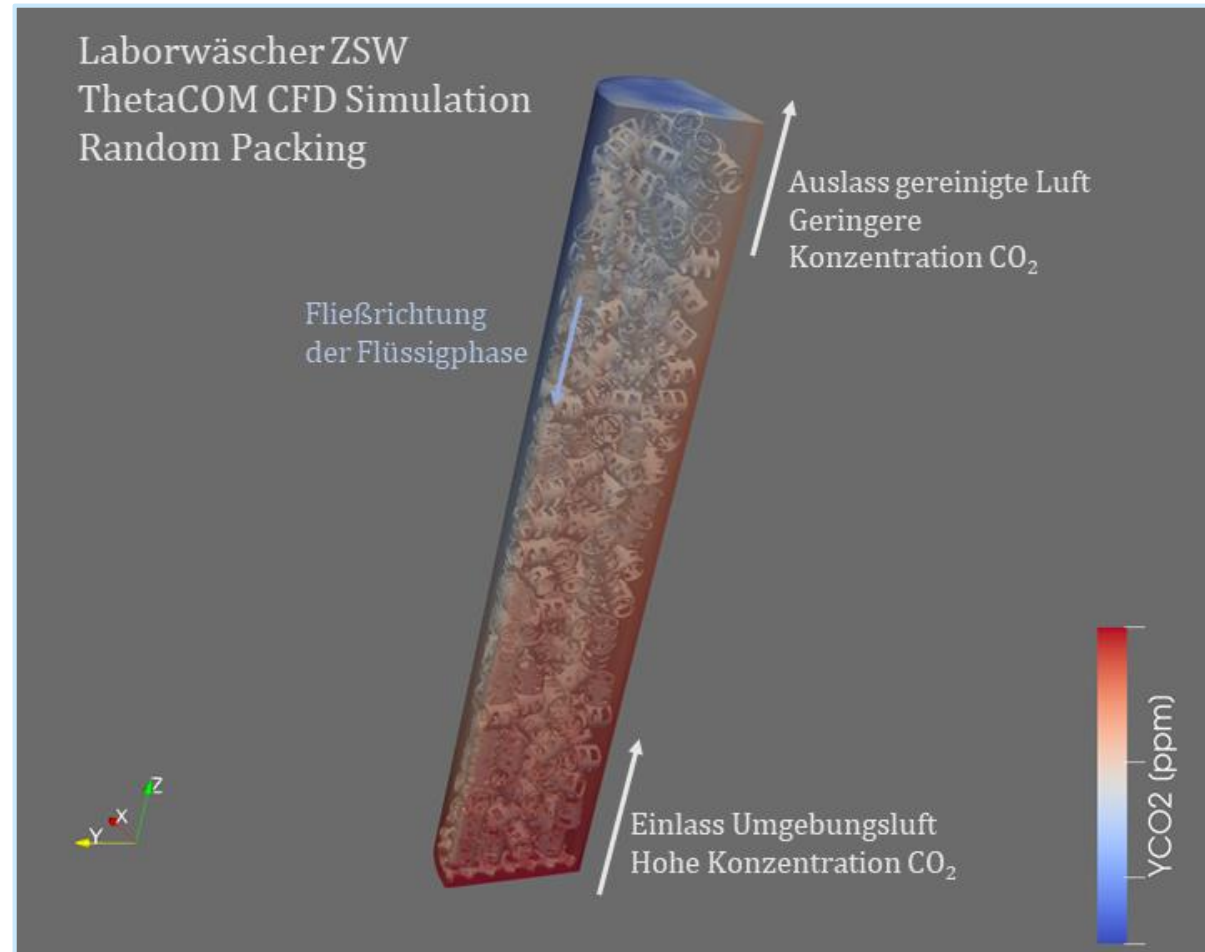
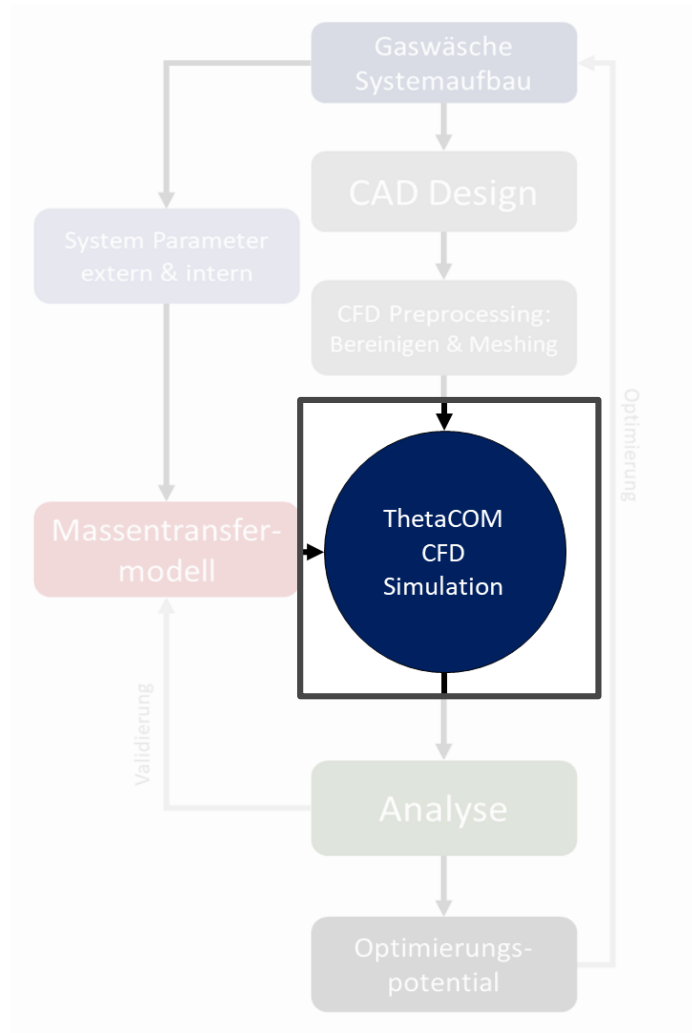
Enhancement Factor beschreibt die **verbesserte** Diffusion von Gas in Flüssigkeit mit Reaktion

$$E = \frac{J_{chem}}{J_{phys}} \text{ bzw. } J_{chem} = E \cdot J_{phys}$$

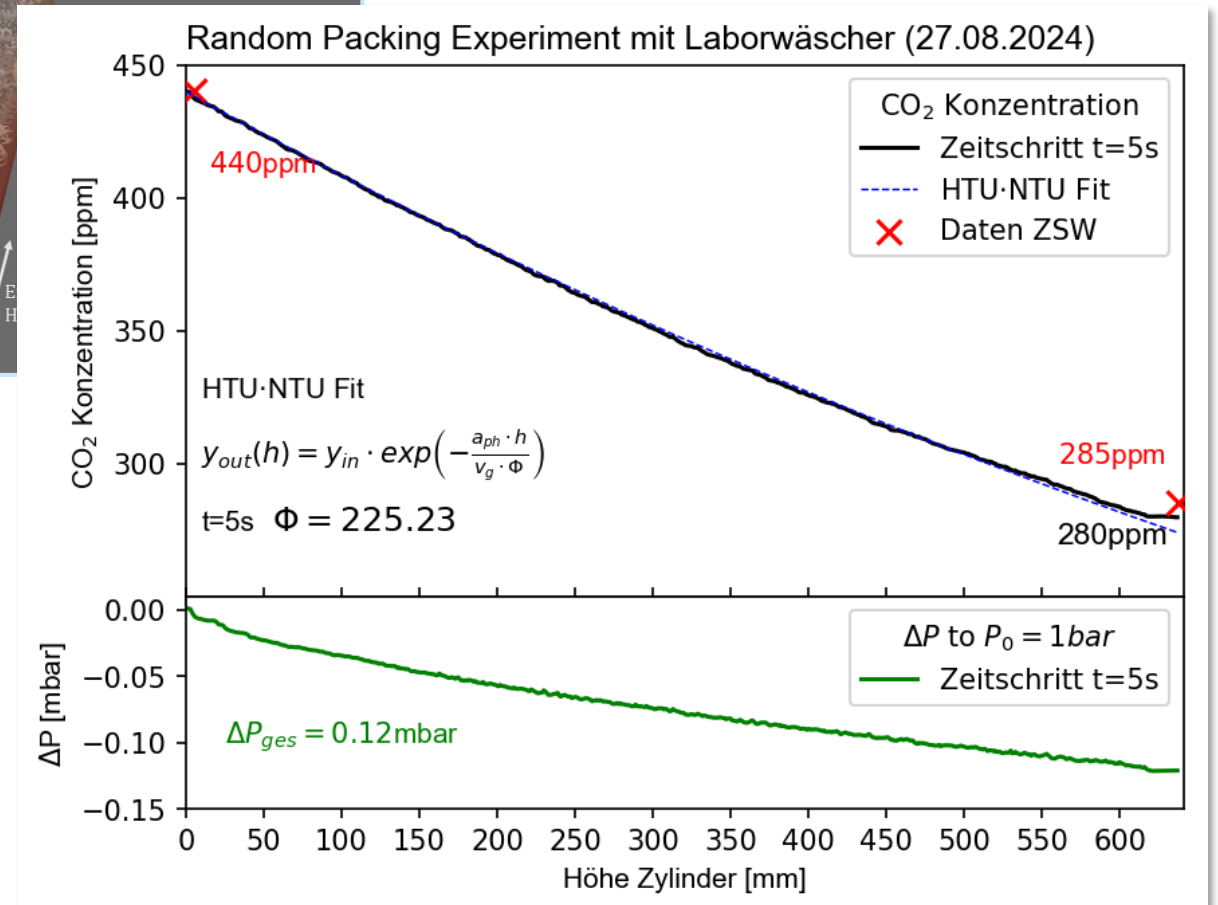
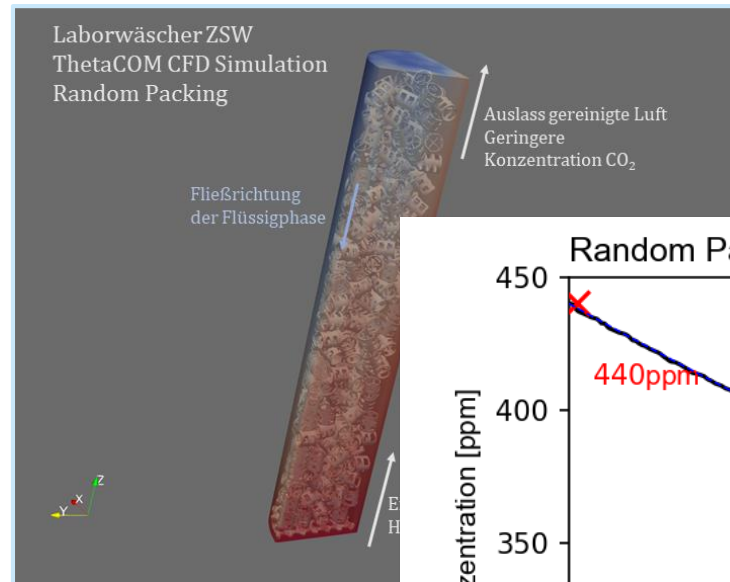
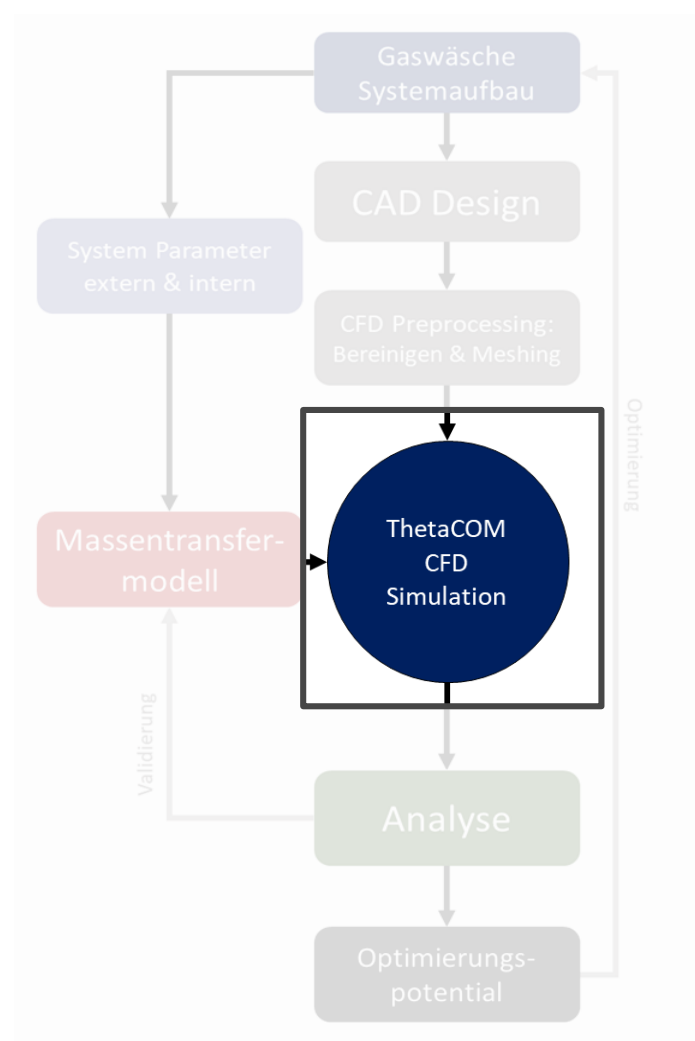


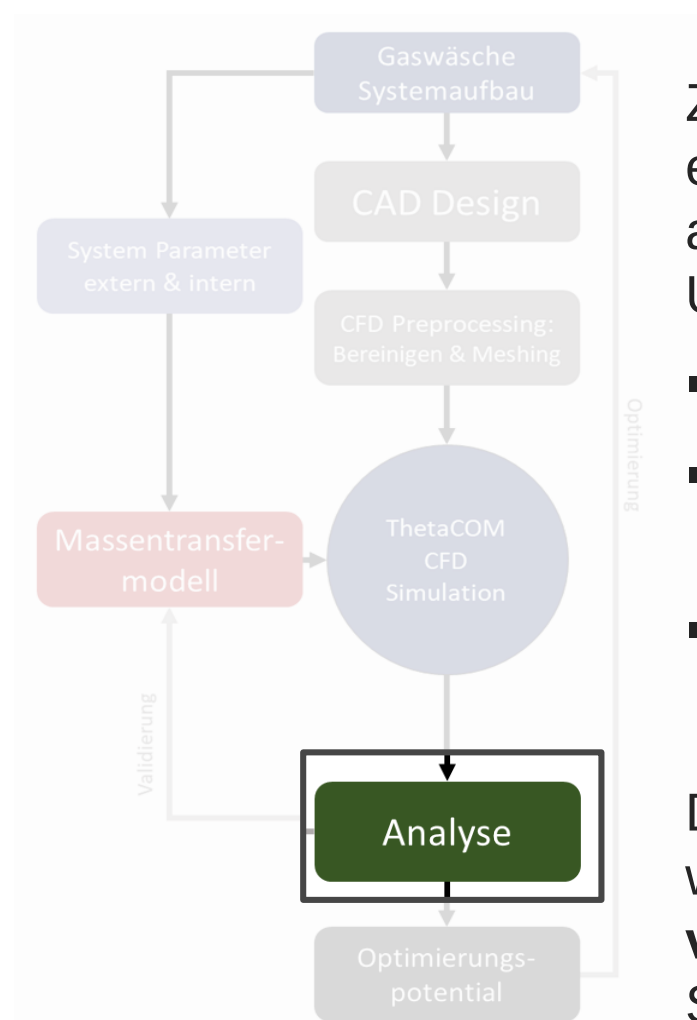
„Gas-Liquid Reactions“, P.V. Danckwerts, McGraw-Hill, 1965

CFD Simulation – ThetaCOM



CFD Simulation – ThetaCOM





Ziel ist es **robustes Modell** zu entwickeln, welches sensitiv auf alle Betriebsparameter und Umwelteinflüsse ist.

- Temperaturbereiche
- CO₂-Konzentrationsveränderungen
- Reaktive Komponente

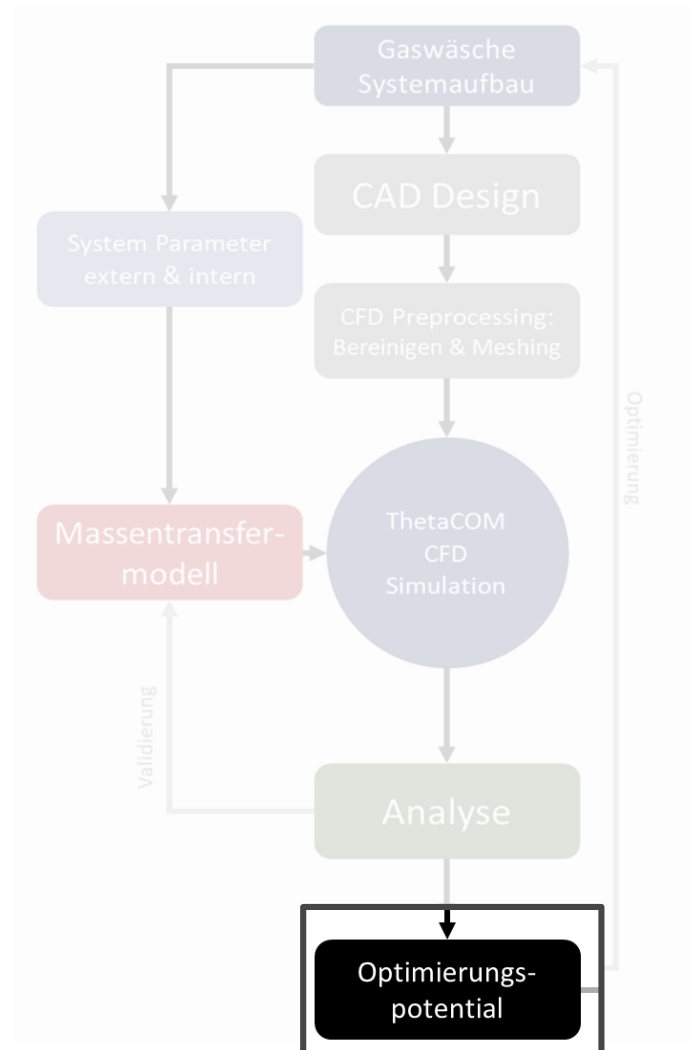
Der **Trend** soll exakt abgebildet werden innerhalb einer **verifizierten und validierten** Simulation.

Simulation als Hilfsmittel für **Skalierung** neuer Anlagen

- Effizienzsteigerung
- Leistungsvorhersage

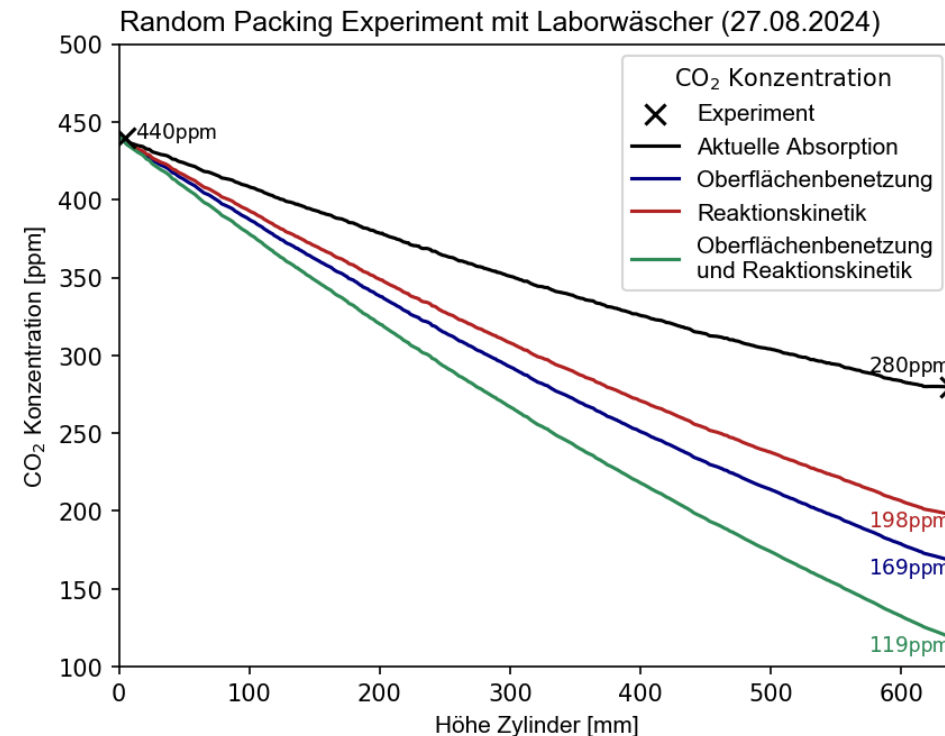


Climeworks Mammoth Plant, Iceland
<https://www.newscientist.com/article/2430214-global-capacity-to-directly-suck-co2-from-air-has-just-quadrupled/>



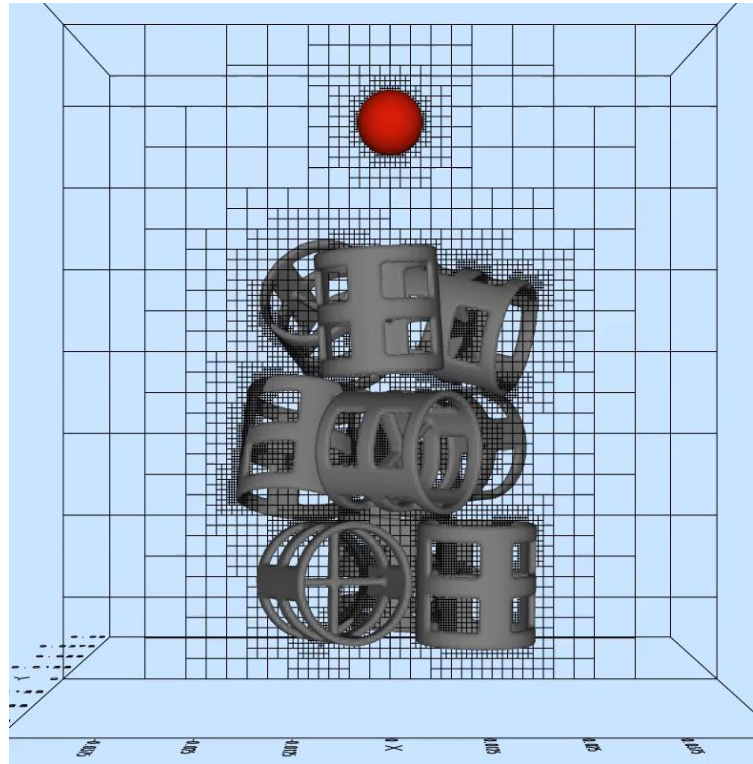
Welche Parameter haben den **größten Einfluss** und sind am einfachsten anzuwenden?

Beispiel: Doppelte Reaktionsgeschwindigkeit und doppelte Oberflächenbenetzung



Simulation der **Flüssigphase** mit Basilisk

- Kontaktwinkel der Flüssig-Feststoff-Grenzfläche
- Direkte Identifizierung der Benetzung



Desorption von CO_2 aus der Flüssigphase

- Sprungtemperatur für Deaktivierung
- Löslichkeitskurve von Gas in Flüssigkeit

DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR VERKEHR



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS

DAC BW
DIRECT AIR CAPTURE MADE
IN BADEN-WÜRTTEMBERG

