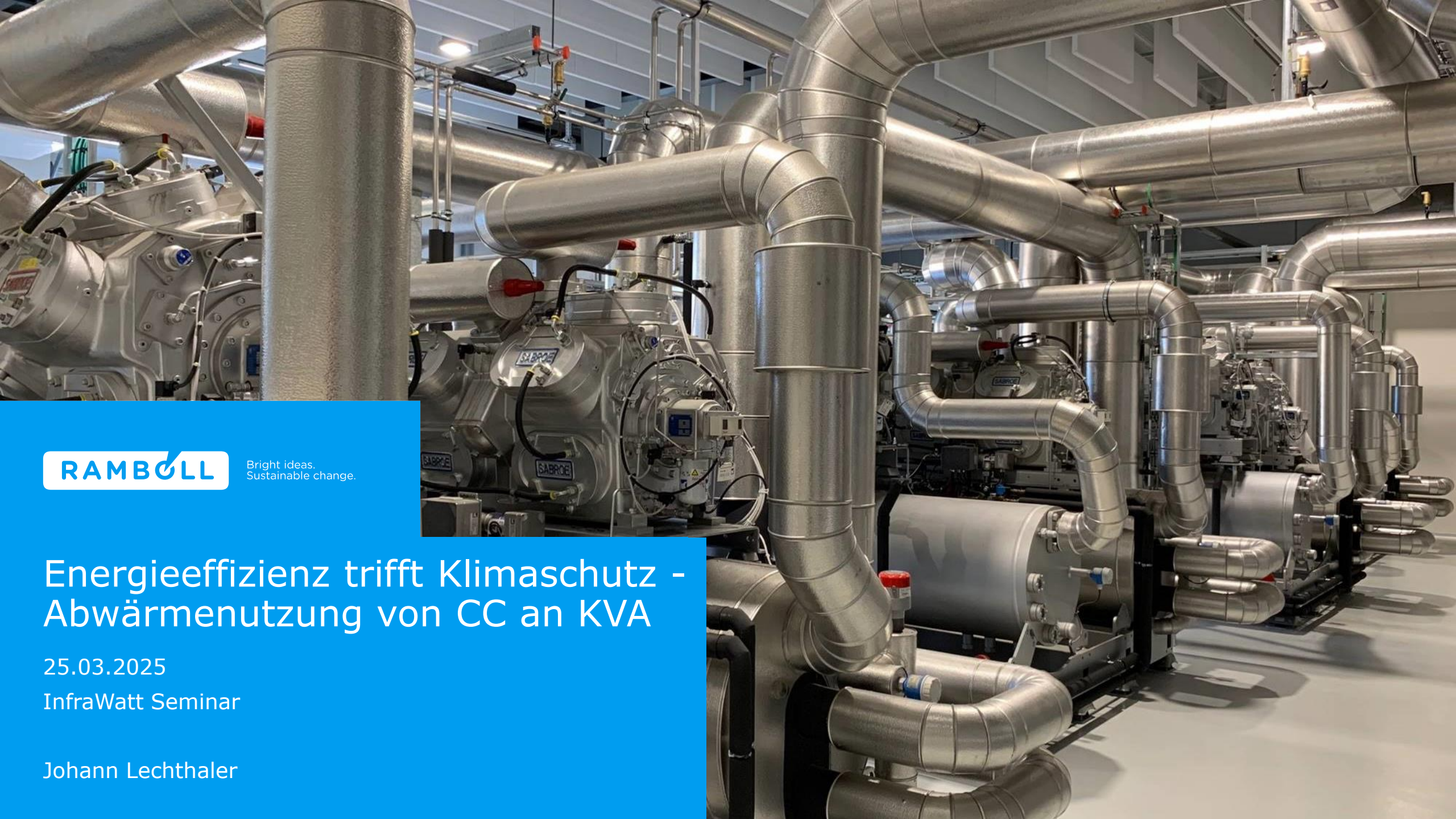




RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

Energieeffizienz trifft Klimaschutz - Abwärmenutzung von CC an KVA

25.03.2025

InfraWatt Seminar

Johann Lechthaler

Ramboll Energie und Ramboll Schweiz

Ramboll Energie

2'500 Expertinnen & Experten weltweit

50 Jahre Erfahrung in der Beratung, Planung und Umsetzung

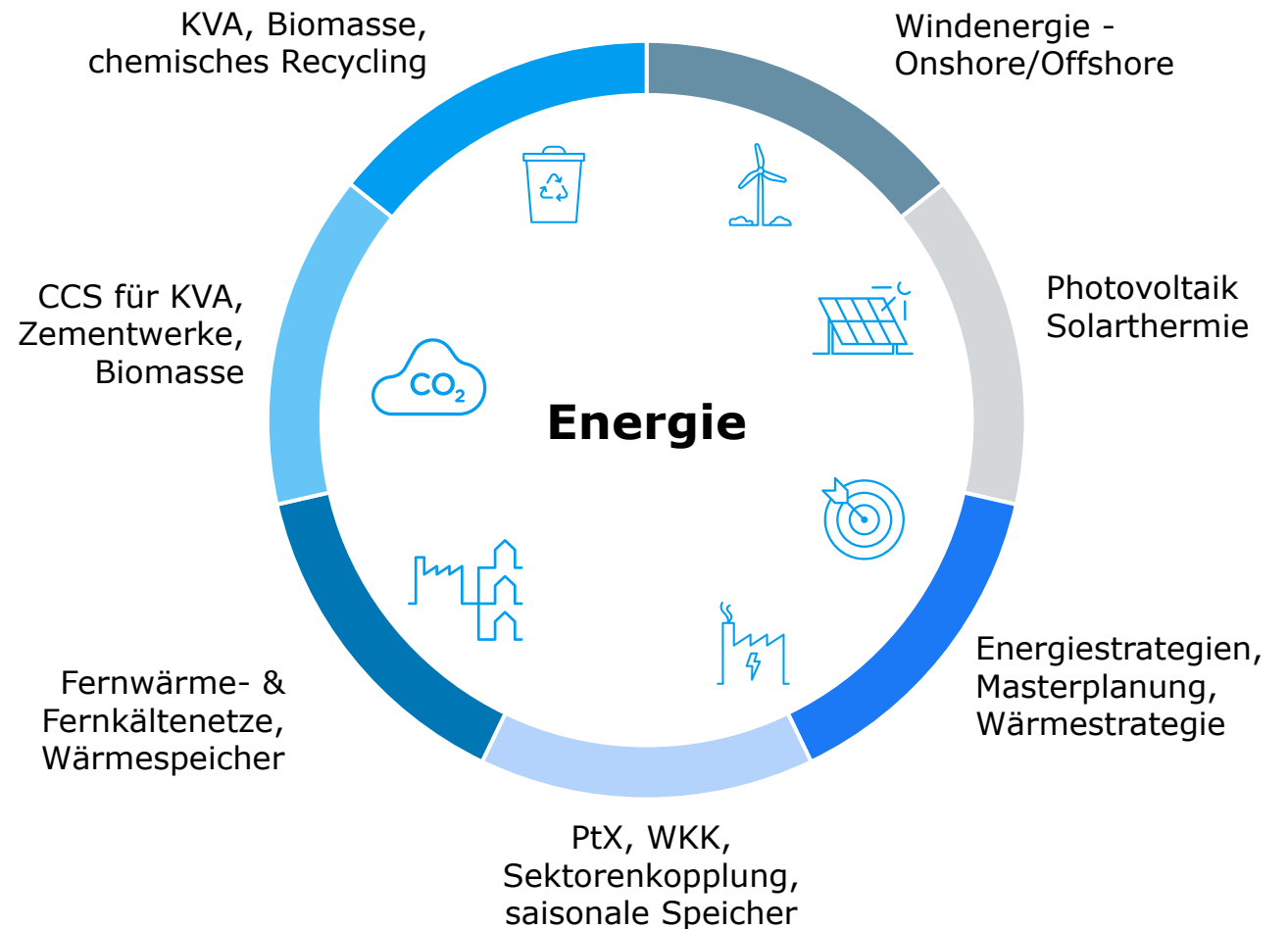
Innovative, effiziente und nachhaltige Lösungen für die **Energie- & Wärmewende**

Ramboll Schweiz

Lokale Realisierung mit Zugriff auf Know-How, Experten und Ressourcen der Ramboll Gruppe

KVA-Planung und Realisierung mit hoher Energie- und Umwelteffizienz, mit **CCS**
Effiziente **Fernwärmesysteme**.

Sektorenkopplung an Schnittstelle KVA/FW und mit Speichern, PtH, PtX



Ramboll bietet eine einzigartige Kombination aus technologischer, kommerzieller und globaler Expertise & Erfahrung im Bereich CCUS

Wir kennen die Technologie

Ramboll ist ein weltweit führender Berater im Bereich CCUS und steht an vorderster Front bei der Entwicklung der Technologien, die in allen Phasen von CCUS eingesetzt werden.

Unsere Expertise basiert auf vielen Jahren Erfahrung, einschliesslich der Abscheidung von CO₂ aus Kraftwerken und Energie-aus-Abfall-Anlagen, der Onshore- und Offshore-Behandlung und dem Transport von Gasen, Onshore- und Offshore-Öl- und Gasbetrieb sowie Power-to-X-Projekten.

Wir verfügen über Erfahrung in allen Facetten der Kohlenstoffabscheidung, einschliesslich Aminwäschen, Oxyfuel-Verfahren, Chilled Ammonia, CO₂-Kompression usw.

Wir arbeiten entlang der gesamten Wertschöpfungskette

Wir arbeiten entlang der gesamten Wertschöpfungskette von CCUS, angefangen bei der Abscheidung über den Transport, die Nutzung bis zur Speicherung. Unsere Rolle erstreckt sich als vertrauenswürdiger technischer und strategischer Berater, der Stakeholder in jeder Phase dieser Wertschöpfungskette begleitet, von der Infrastrukturentwicklung bis hin zur Beratung und Modernisierung der Energieeffizienz.

Wir arbeiten mit verschiedenen Akteuren zusammen, darunter Produzenten, Infrastrukturanbieter, Abnehmer und Behörden, einschliesslich unserer langjährigen Zusammenarbeit mit der EU-Kommission über unser Büro in Brüssel. Unser tiefgreifendes Verständnis der wichtigsten Akteure versetzt uns in die Lage, die Planung, Beschaffung sowie die effiziente Umsetzung und Betriebsführung fachkundig zu gestalten.

Wir verstehen alle kommerziellen und Umweltaspekte

Unsere umfassende kommerzielle Expertise in den Energiemärkten, die Trends, Treiber, regulatorischen Dynamiken, Geschäftsmodelle und operative Exzellenz umfasst, wird durch unser tiefes Verständnis der sich entwickelnden CCUS-Landschaft gestärkt. Diese Synergie ermöglicht es uns, vertrauenswürdige und wertvolle Beratung für fundierte Entscheidungen anzubieten.

Da der Fokus auf ESG-Vorschriften intensiver wird und ihre Komplexität zunimmt, legen wir einen hohen Stellenwert darauf, stets auf dem neuesten Stand zu bleiben und bevorstehende politische und regulatorische Veränderungen zu überwachen. Dies versetzt uns in die Lage, diese Komplexität geschickt zu navigieren und unseren Kunden bei der Erreichung der ESG-Konformität zu helfen.

Wir haben weltweit Erfahrung

Ramboll verbindet erstklassige globale Expertise mit einem robusten Netzwerk von lokalen Fachexperten, was unsere Fähigkeit stärkt, beispiellose Einblicke und Lösungen zu bieten. Unsere Präsenz in 35 Ländern mit 300 Büros ermöglicht es uns, auf einen Schatz an lokalem Wissen zuzugreifen, was uns ein tiefes Verständnis für Marktbedingungen, sektorale Feinheiten und regionale Branchenpraktiken verleiht, einschliesslich kultureller Dimensionen.

Diese einzigartige Kombination aus globaler und lokaler Expertise ermöglicht es uns, umfassende, branchenspezifische Empfehlungen anzubieten, die nicht nur auf internationalen Best Practices basieren, sondern auch fein abgestimmt sind, um die spezifischen Ziele unserer Kunden zu erfüllen.

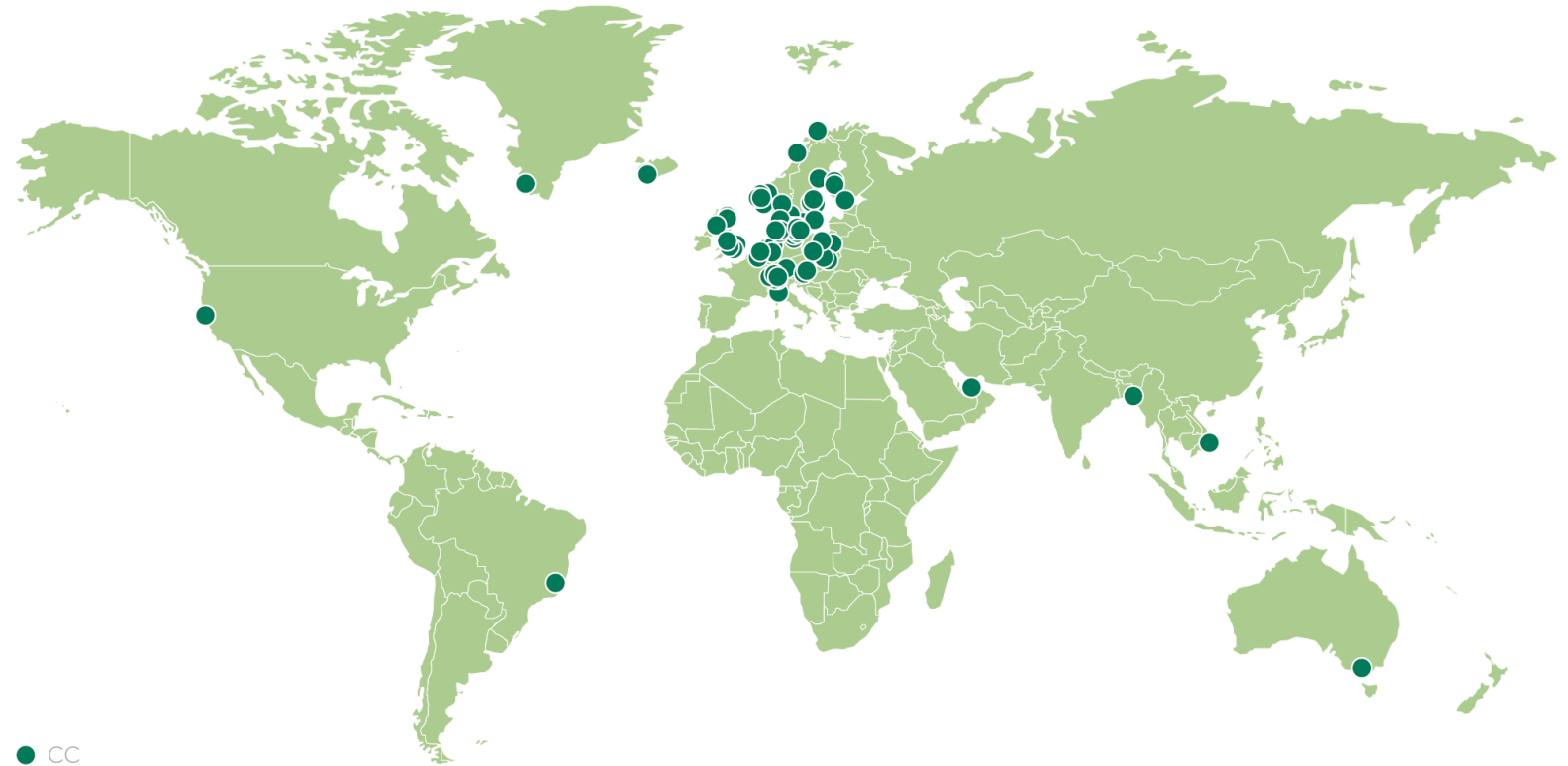


Karte der Projektreferenzen für CCUS-Projekte

Während der letzten Jahre, in denen das Interesse an der CO₂-Abscheidung erheblich gestiegen ist, haben wir **mehr als 180 strategische Studien, Konzeptstudien und Pre-FEED/FEED-Arbeiten an CO₂-Abscheidungsanlagen** für eine Vielzahl von Kunden durchgeführt.

Ramboll ist seit vielen Jahren in der Entwicklung von CO₂-Abscheidungsprojekten tätig und verfügt über umfassende Erfahrungen in Forschung, Entwicklung, Bau von Pilotanlagen, Tests und der Integration mit verschiedenen Prozessen wie Biomassekesselanlagen, Abfallverbrennungsanlagen und Wasserstoffproduktion.

Wir sind eines der wenigen Beratungsunternehmen mit praktischer Erfahrung in der CO₂-Abscheidung, speziell bezüglich der Vorbehandlung von Abgasen, vollständiger Energieintegration und -optimierung in bestehenden Anlagen sowie umfassenden FEED-Studien.



Amerika: USA (Kalifornien), Brasilien **Europa:** Österreich, Belgien, Dänemark, Deutschland, Grönland, Island, Italien, Niederlande, Norwegen, Polen, Schweden, Schweiz, Vereinigtes Königreich **Asien:** Bangladesch, Vietnam, VAE **Australien:** Victoria

Übersicht

- 1** Weshalb Carbon Capture?
- 2** Abwärme an KVA und CCS
- 3** Zusammenfassung

Hintergrund

Klimastrategie Schweiz: Netto-Null bis 2050

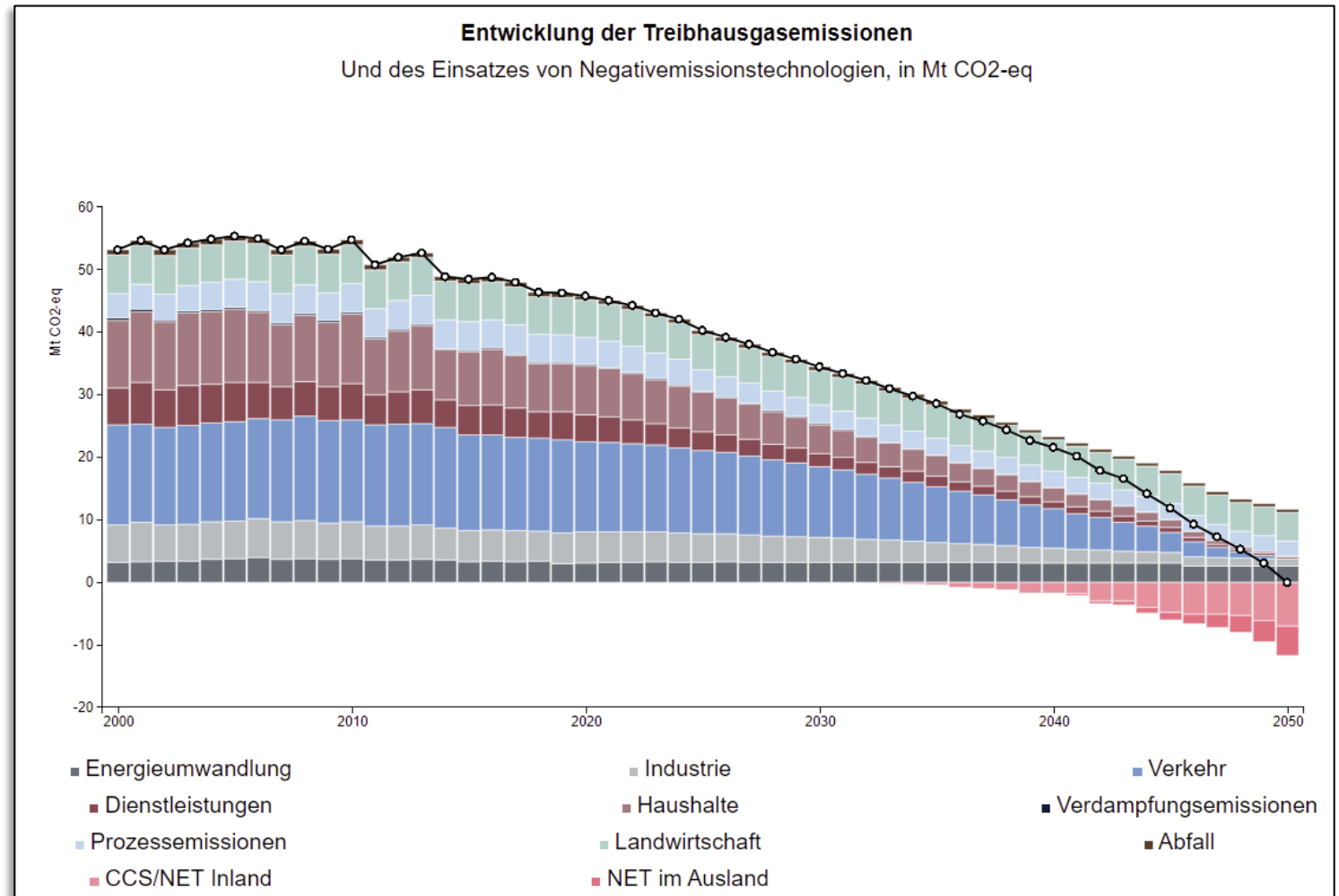
Schwer vermeidbare Emissionen

Die Schweiz will bis 2050 das Netto Null Ziel erreichen.

Wenn

- alle Gebäude erneuerbar beheizt und gekühlt werden,
- der Verkehr komplett dekarbonisiert ist und
- Elektrizität nur noch nachhaltig produziert wird

verbleiben rund 12 Mio t CO₂eq welche schwer vermeidbar sind.



Hintergrund

CCS und Negativemissionstechnologien (NET)

CO₂-Vermeidung Abscheidung von fossilem CO₂

- 2 Mio t fossiles CO₂eq aus KVA
- 3 Mio t aus Zementwerken und Industrien

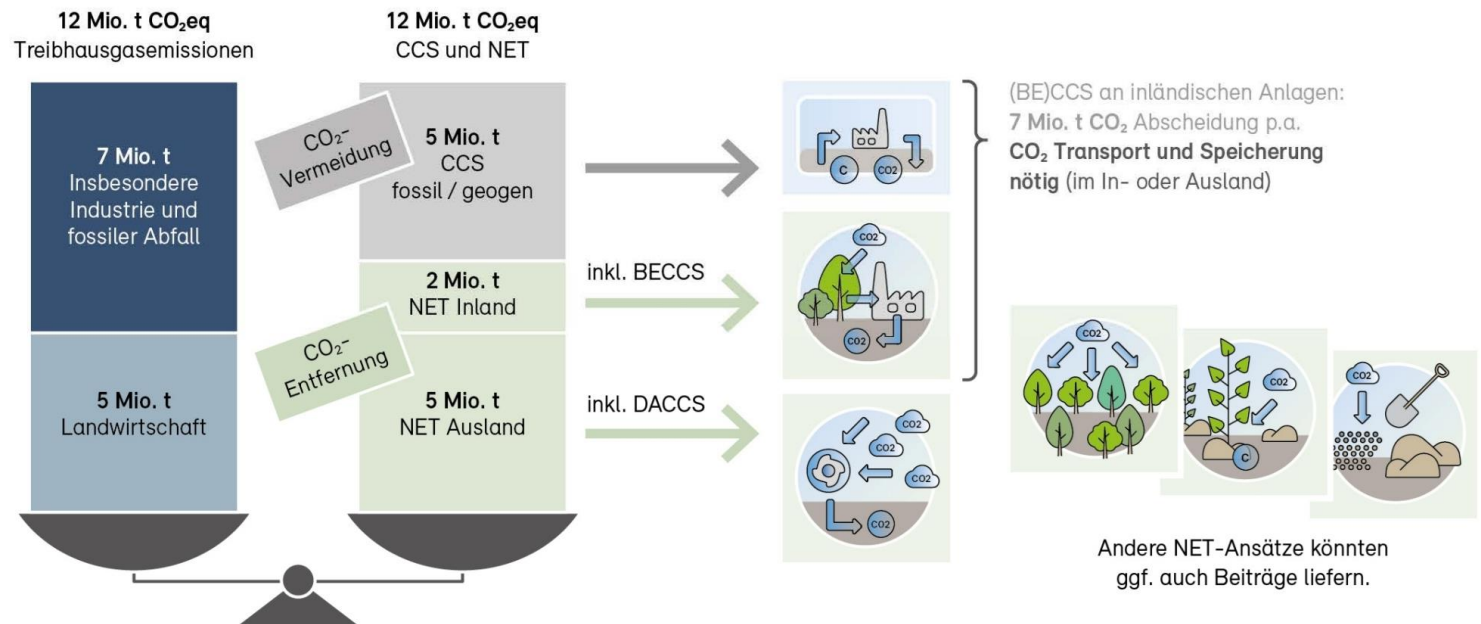
sollen mit CCS abgeschieden und damit vermieden werden.

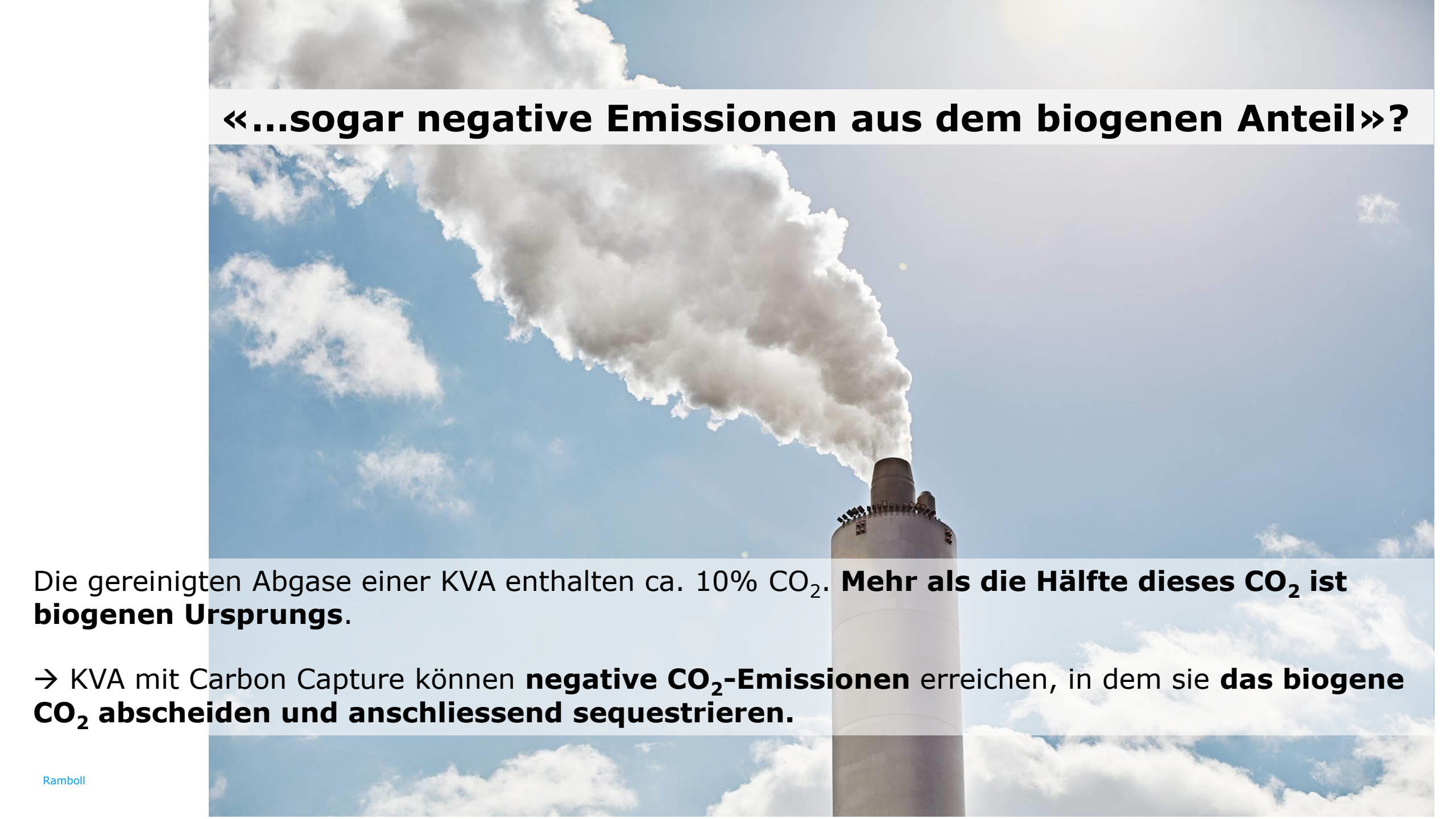
CO₂-Entfernung Abscheidung von biogenem CO₂

- Negative Emissionen mit BECCS, (Abscheidung von biogenem CO₂)
 - CCS des biogenen Anteils in KVA
 - CCS bei Biomassekraftwerken



Wie CCS und NET 2050 zu Netto-Null beitragen





«...sogar negative Emissionen aus dem biogenen Anteil»?

Die gereinigten Abgase einer KVA enthalten ca. 10% CO₂. **Mehr als die Hälfte dieses CO₂ ist biogenen Ursprungs.**

→ KVA mit Carbon Capture können **negative CO₂-Emissionen** erreichen, in dem sie **das biogene CO₂ abscheiden und anschliessend sequestrieren.**

Übersicht

- 1** Weshalb Carbon Capture?
- 2** Abwärme an KVA und CCS
- 3** Zusammenfassung

Einordnung von Abwärme aus KVA

Bedeutung der Abwärme in der Klimapolitik

- Nach dem Stand der Technik nicht vermeidbare Wärmeverluste aus Energieumwandlungsprozessen oder chemischen Prozessen (EnFV)
- Beitrag zur Reduktion des Primärenergieverbrauchs durch Nutzung in Fernwärmenetzen
- Keine Primärenergie zugeteilt → CO₂-neutral

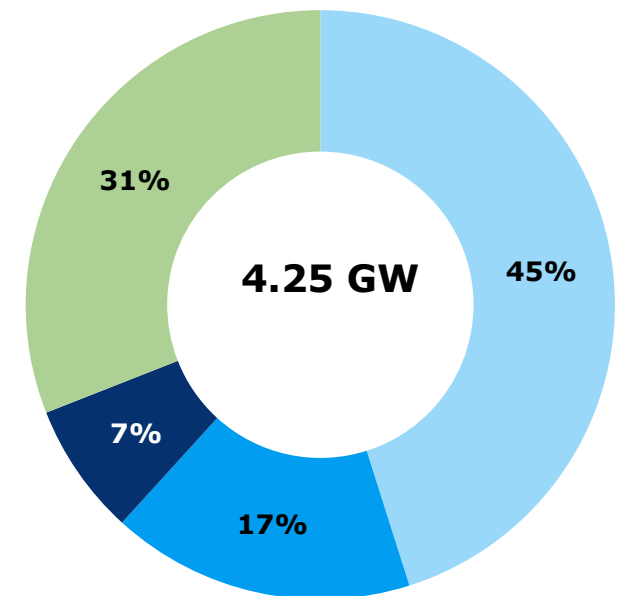
Vorgaben zur Nutzung von Abwärme laut Abfallverordnung

- Bestehende Anlagen: mindestens 55% des Energiegehalts des Abfalls ausserhalb der Anlagen nutzen
- Nutzung von Energie zur CO₂-Abscheidung als Nutzung ausserhalb der Anlagen anerkannt
- Neuanlagen: Hoher Energienutzungsgrad von 80% (CC bereits inkludiert)



Ziel nur durch Fernwärme erreichbar!

Installierte Leistung in FW-Netzen nach Energieträger 2021



- Abwärme KVA
- Umweltwärme (+WP) und Abwärme
- Öl und Gas (Erdgas & Biogas)
- Biomasse

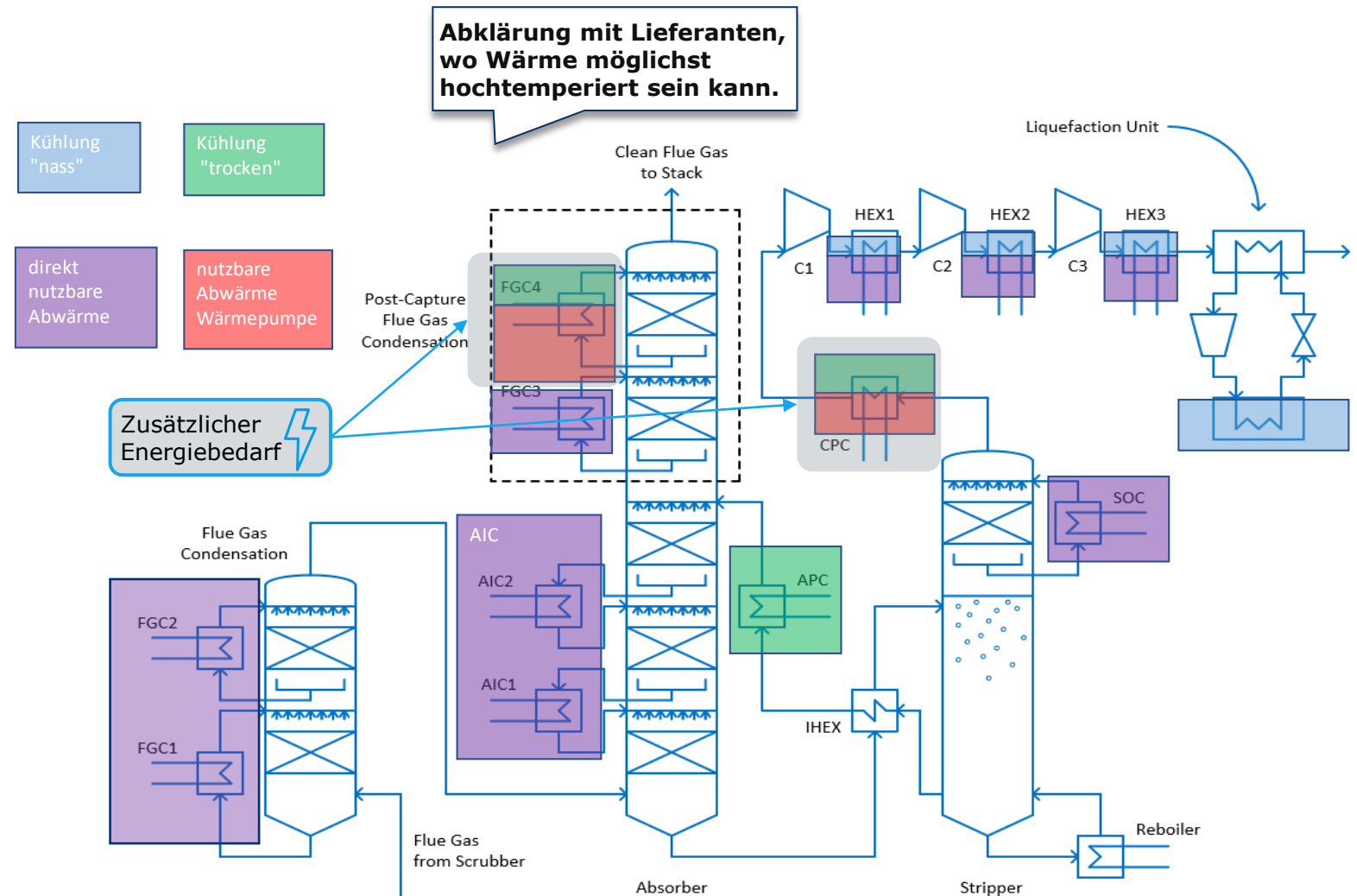
Fernwärmepotenzial durch Abwärme CO₂-Abscheidung

Abwärmequellen CO₂-Abscheidung

- Die Abgase müssen vor der Abscheidung auf eine niedrige Temperatur gekühlt werden. Dies ist eine sehr grosse Abwärmequelle.
- Bsp. Aminverfahren (rechts): In verschiedenen Prozessen der CO₂-Abscheidung (Aminkühlung, Absorberkühlung, Stripperkühlung) entsteht Abwärme
- Bei Kompression und Kühlung des CO₂ fällt Abwärme an
- Die Abwärmen haben unterschiedliche Temperaturniveaus

Nutzung Abwärme mit FW

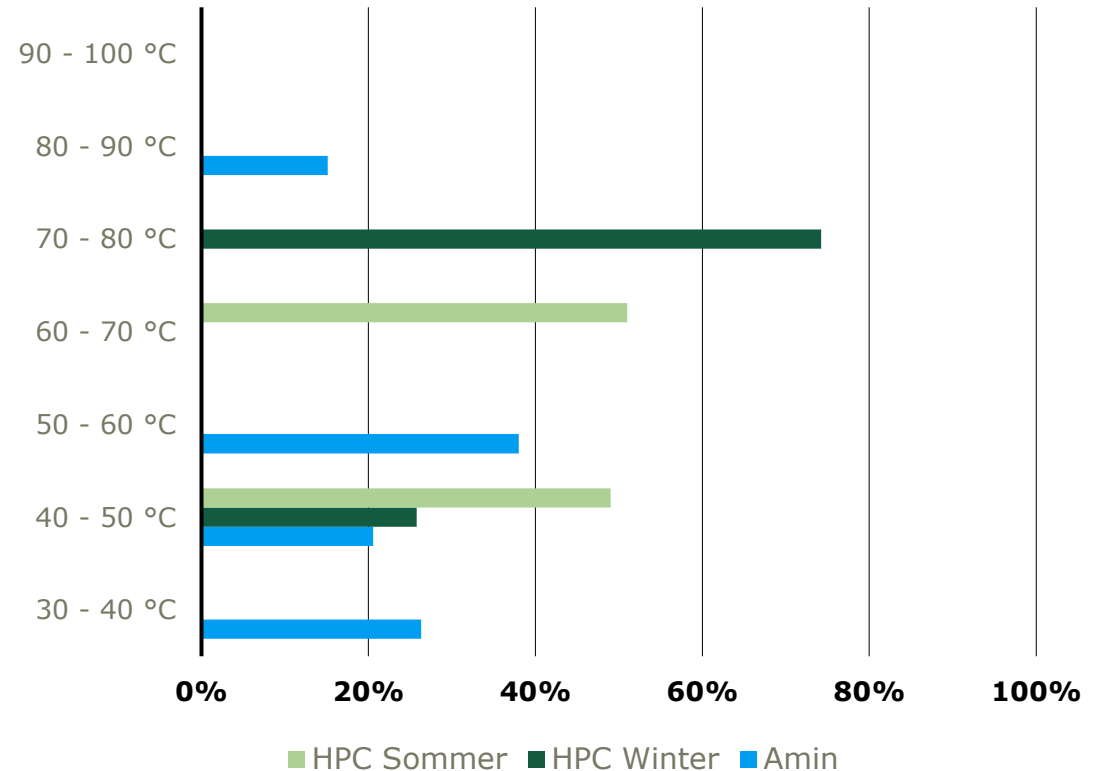
- Je tiefer die Fernwärmemetemperaturen und je höher die Fernwärmekapazität, desto mehr Abwärme kann direkt (ohne Wärmepumpen) an die Fernwärme abgegeben werden



Beispiel Abwärmemengen nach Temperaturniveau

- CO₂-Abscheidung benötigt Dampf und/oder Strom, was ohne energetische Integration zu **erheblichen Einbussen** bei Strom- und Fernwärmeproduktion führt.
- Eingesetzte Energie fällt an verschiedenen Stellen als Abwärme an.
- Mit geeignetem Fernwärmenetz kann diese Abwärme **genutzt** werden.
- **Temperaturen** im Fernwärmenetz (insbesondere Rücklauf) und Fernwärmekapazität bestimmen direkte Nutzbarkeit der Abwärme.
- Zusätzliche Abwärme durch **Abkühlung der Abgase** der KVA mit Temperaturniveau 40-60 °C.
- **Wärmepumpen** können Abwärme unterhalb der Fernwärmemetemperaturen nutzen, erhöhen jedoch Eigenverbrauch an Strom oder Dampf.
- Optimierung und Integration der Abwärmennutzung kann **Energieeffizienz** und **Betriebskosten** der KVA mit CO₂-Abscheidung erheblich verbessern.
- Beitrag zur **Dekarbonisierung** der regionalen Wärmeversorgung durch Fernwärme.

PROZENTUALE VERTEILUNG SORTIERT NACH TEMPERATURBEREICH

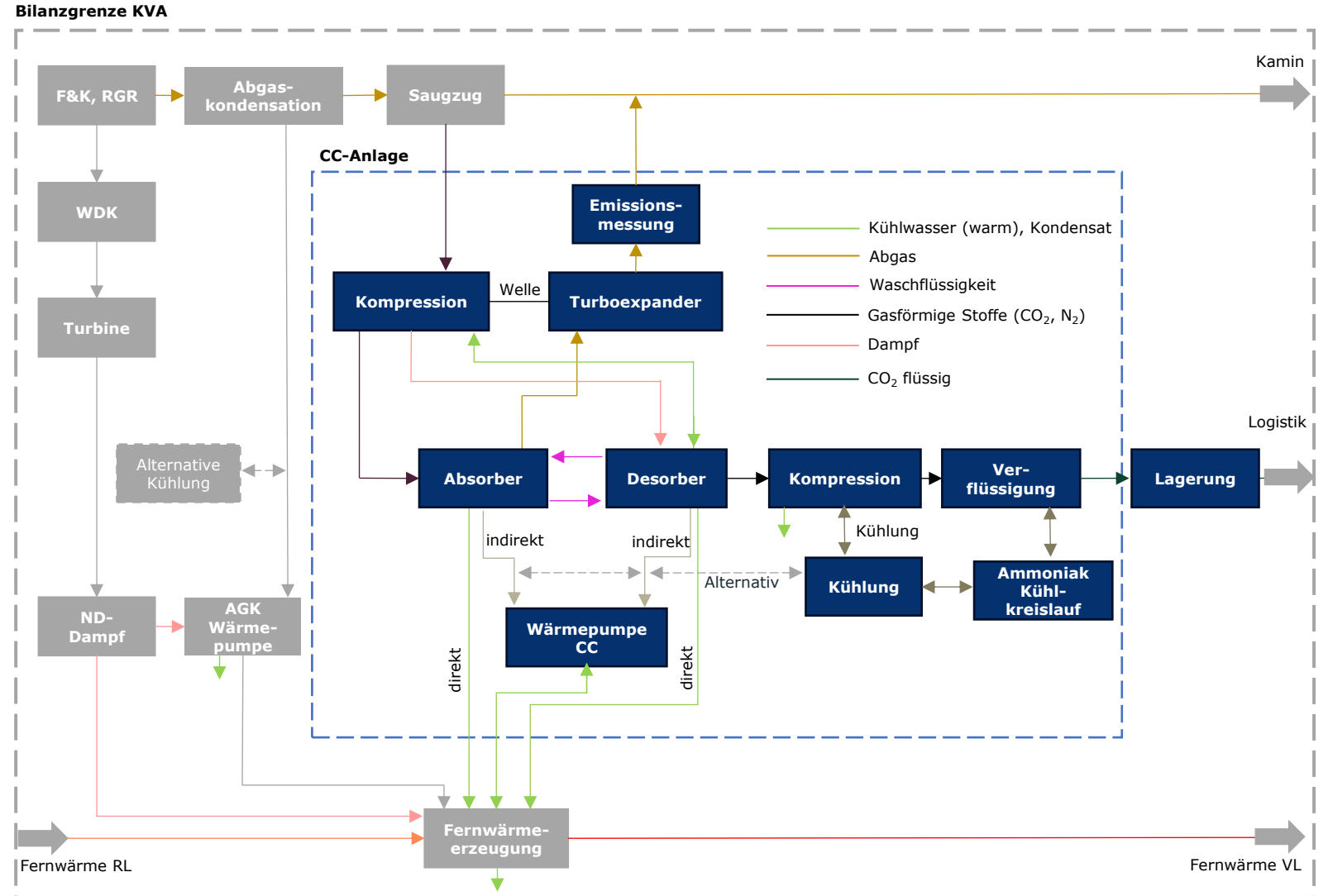


Keine Pauschalaussagen!
Abhängig von Technologie,
Lieferanten und Standort.

Energetische Einbindung am Beispiel HPC

- Betriebsbereich und Dampfauskoppelung der Turbine begrenzt Wahl der WP-Technologie
- Aminverfahren benötigt viel Desorptionsdampf → strombetriebene KWP
- Minimierung des Stromverbrauchs beim HPC-Verfahren → AWP
 - Aber z.B. bei Dampfauskoppelung ebenfalls KWP

**Keine Pauschalaussagen!
Abhängig von Technologie,
Lieferanten und Standort.**



Die Herausforderung bei der Lösung des Problems

Damit Abwärme effizient genutzt werden kann

- Ausreichend Fernwärmekapazität
- Moderne Rücklauftemperaturen z.B. 40-50 °C
- Nicht zu hohe Vorlauftemperaturen z.B. <110 °C

Deutschland:

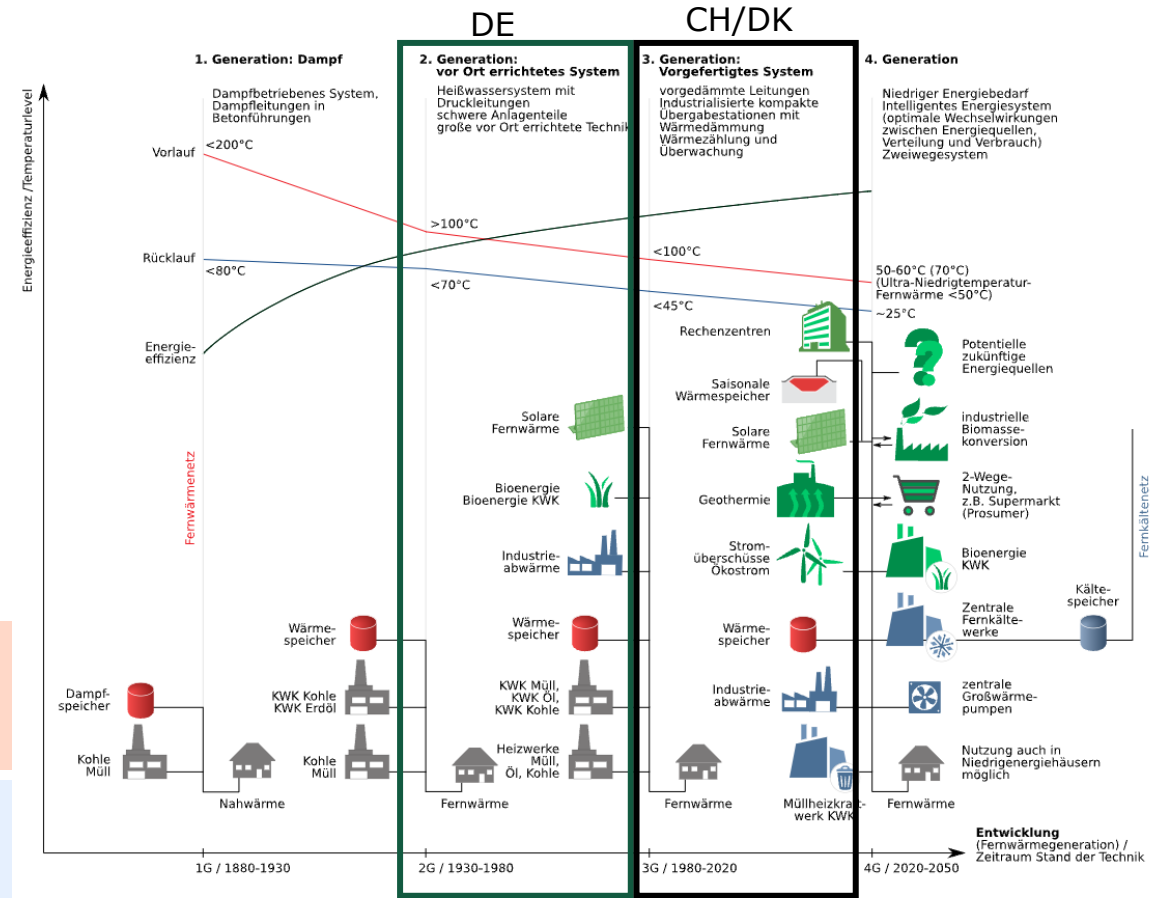
- Häufig VL-Temperaturen > 110°C und Rücklauftemperaturen um 65 °C
- Mit Umweltwärme auf niedrigen Temperaturniveaus, wird der Rücklauf vorgewärmt, bevor er zu KVA gelangt



- **ungenutzte Abwärme an der KVA für Rückkühlung**
- **besonders markant mit Carbon Capture**



- **Ausbau der FW-Netze**
- **Überwindung hydraulischer Limitierungen**

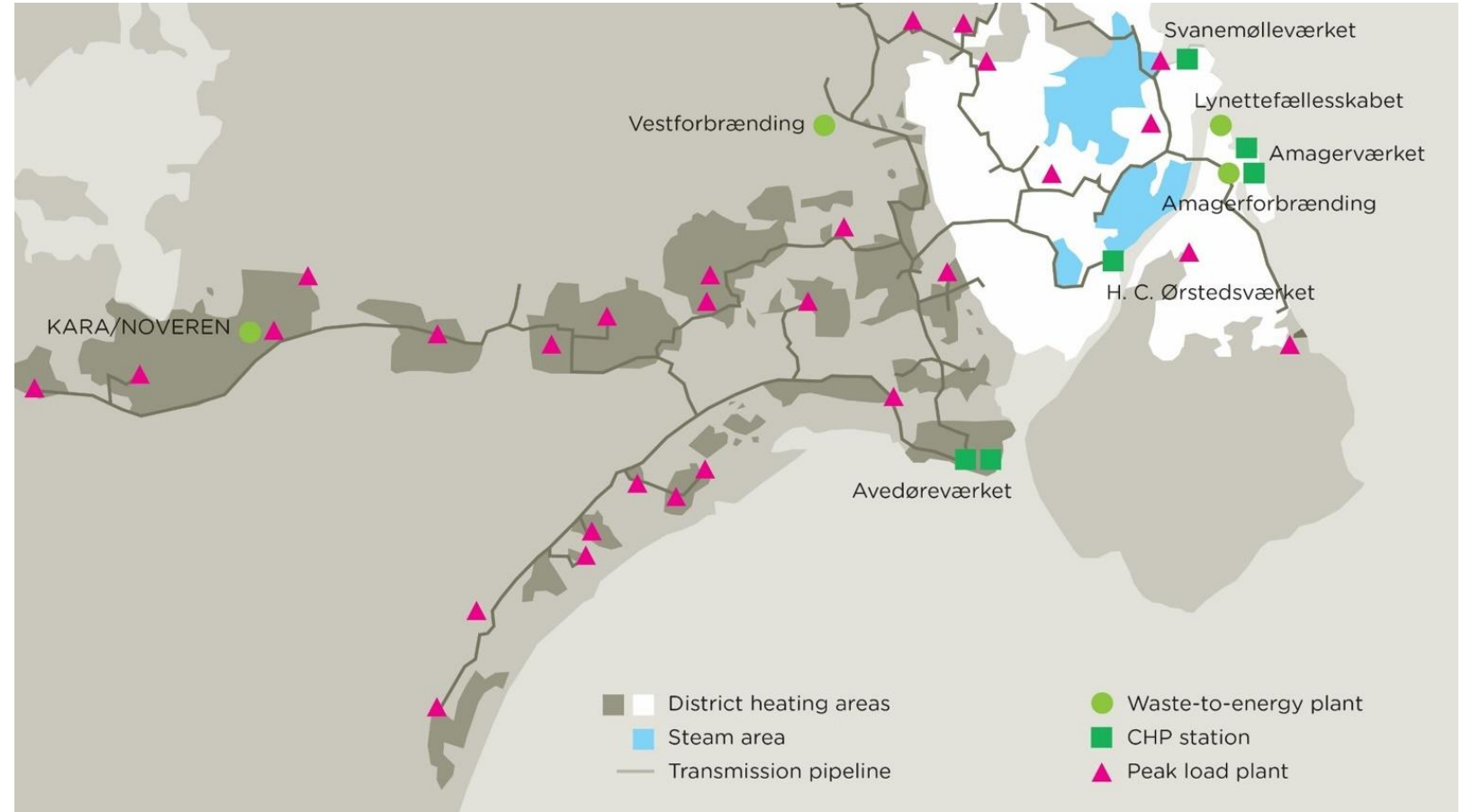


Energienutzung am Beispiel Kopenhagen

Integriertes Fernwärmenetz für über 1 Mio. Personen

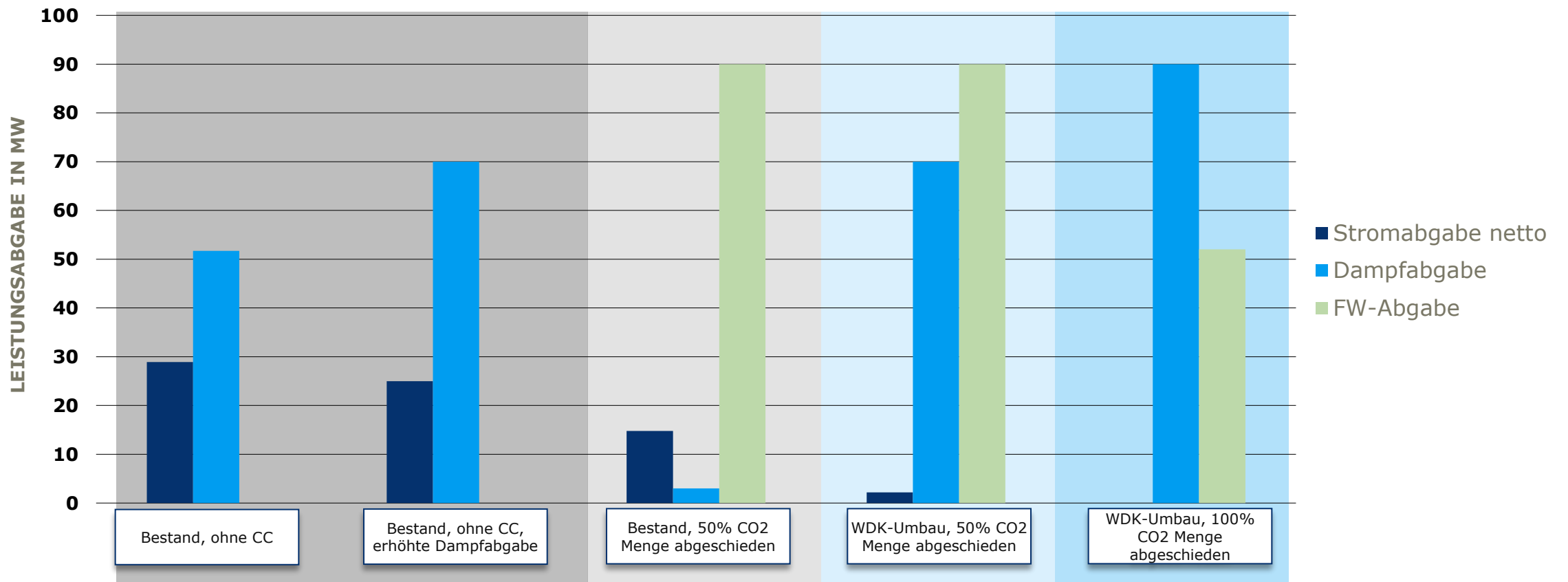
Kopenhagen betreibt eines der grössten FW-Netze:

- Beheizte Gebäudefläche:
70 Millionen m²
- Hauptleitung:
160 km
- Jährliche Wärmeleistung:
10'000 GWh/a
- Anschlussleitung:
1'650 MW
- Vorlauf-/Rücklauftemperatur:
90 / bis 40 °C
- Jahrzehntelange Hinarbeit
- EHS und CO₂-Steuer machen CO₂-neutrale Wärme attraktiv



Auswirkungen von CC an KVA auf die Energieabgabe

Beispiel Anlage mit Aminverfahren



Übersicht

- 1** Weshalb Carbon Capture?
- 2** Abwärme an KVA und CCS
- 3** Zusammenfassung

Zusammenfassung Carbon Capture und Fernwärme

«Energieeffizienz trifft Klimaschutz»

Auswirkungen von CO₂-Abscheidung auf Strom

- Steigerung des elektrischen Eigenverbrauchs durch Anlagentechnik und Wärmepumpen
- Die Stromproduktion wird erheblich reduziert
- Zu Spitzenlastzeiten teilweise kurzzeitig Stromzukauf erforderlich

Auswirkungen von CO₂-Abscheidung auf Fernwärme

- Durch CO₂-Abscheidung mit Amin/HPC-Verfahren wird viel Abwärme frei
- Die Abwärmenutzung hängt von Netzparametern und –kapazitäten ab
- Die Fernwärmeproduktion kann aufrechterhalten oder sogar erhöht werden

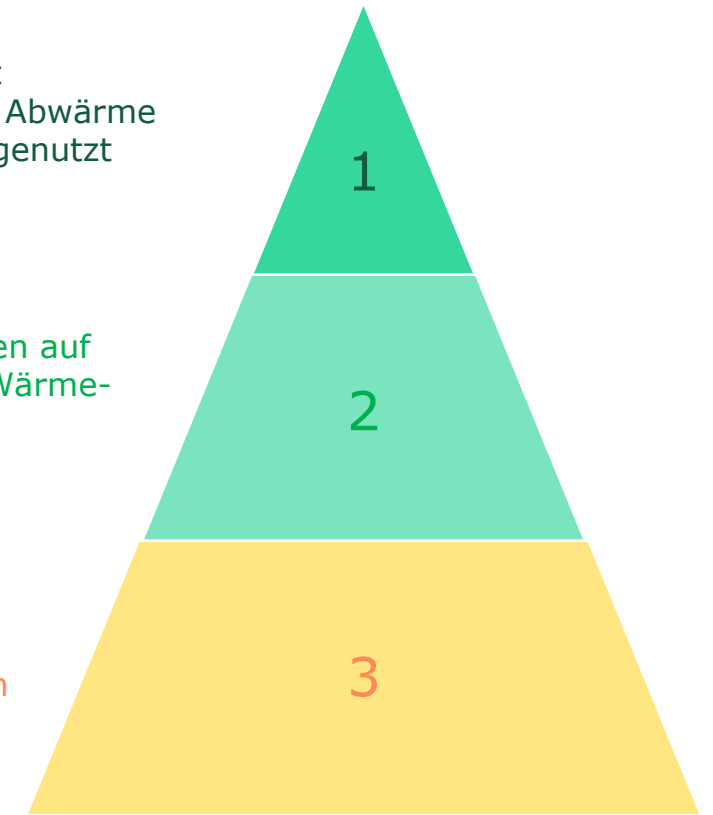
Optimal für CC

- niedrige Fernwärme-Rücklauftemperaturen
- moderate Vorlauftemperaturen mit gleitendem Übergang So/Wi
- Vermeiden von Konkurrenzsituationen mit anderen Wärmequellen

Nutzung nicht
vermeidbarer Abwärme
(die effizient genutzt
werden kann)

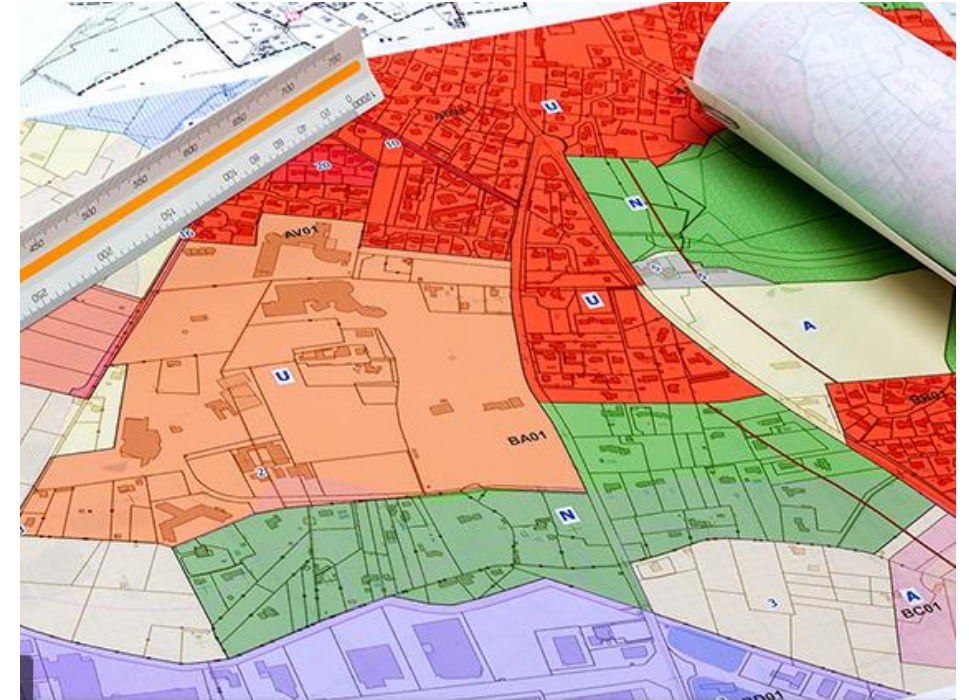
Umweltwärmen auf
niedrigerem Wärme-
niveau

Weitere
Wärmequellen



Die grosse Chance: Kommunale Wärmeplanung

-  • Fernwärme ist essenziell für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung.
-  • Fernwärmesysteme sollten auf moderne Temperaturstandards ausgelegt werden.
-  • Temperaturen bestehender Netze können gesenkt werden (siehe Basel, Kopenhagen).
-  • Standortoptimierung der KVA und Nutzung des Dekarbonisierungspotenzials; unvermeidbare Abwärme muss genutzt werden → KVA mit CC sind sehr effizient!
- Carbon Capture und KVA-Abwärme CO₂-neutral und erhöht die Abwärmemengen deutlich (zu Lasten von Strom).
- Schrittweises Umsetzen der Massnahmen, etappierter Ausbau.



Bright
ideas.
Sustainable
change.

RAMBOLL



Johann Lechthaler

Ramboll AG
Hardturmstrasse 132
8005 Zürich

jnhe@ramboll.ch