

KVA der Zukunft

Beispielen aus Skandinavien & Anwendung in der Schweiz für Energieeffizienz und Klimaschutz

Andres Kronenberg
Geschäftsführer Ramboll AG, Zürich

Für den Verband Fernwärme Schweiz

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.



KARA/NOVEREN

ROSKILDE, Dänemark

1 Linie, 200'000 t/a
50 bar / 425 °C Dampf
Abgaskondensation, Abgastemp. 40°C
Fernwärmeleistung 60 MW
Wirkungsgrad: el. 21.7%, th. 69.7%
R1 Wert ca. 1.3



AMAGER BAKKE

Kopenhagen, Dänemark

2 Linien, 280'000 t/a
70 bar / 440 °C Dampf
Abgaskondensation, Abgastemp. 40°C
Fernwärmeleistung 247 MW
Wirkungsgrad: el. 21.9%, th. 85.1%
R1 ca. 1.5

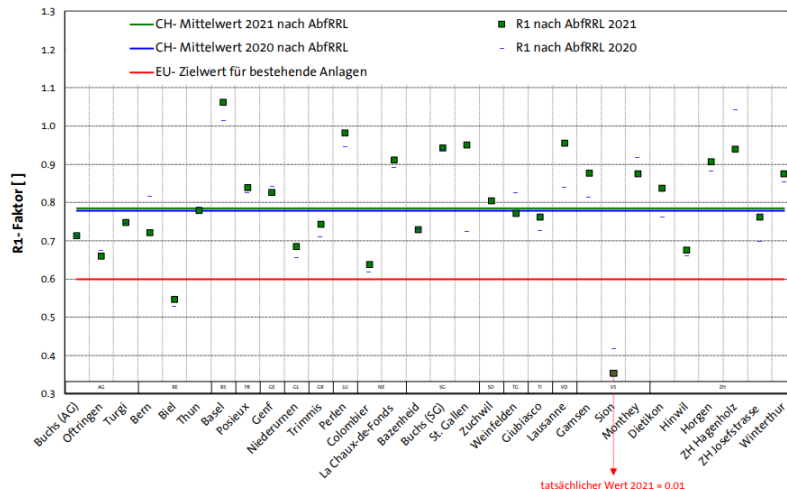
Energieeffizienz

Referenzen zeigen was möglich ist

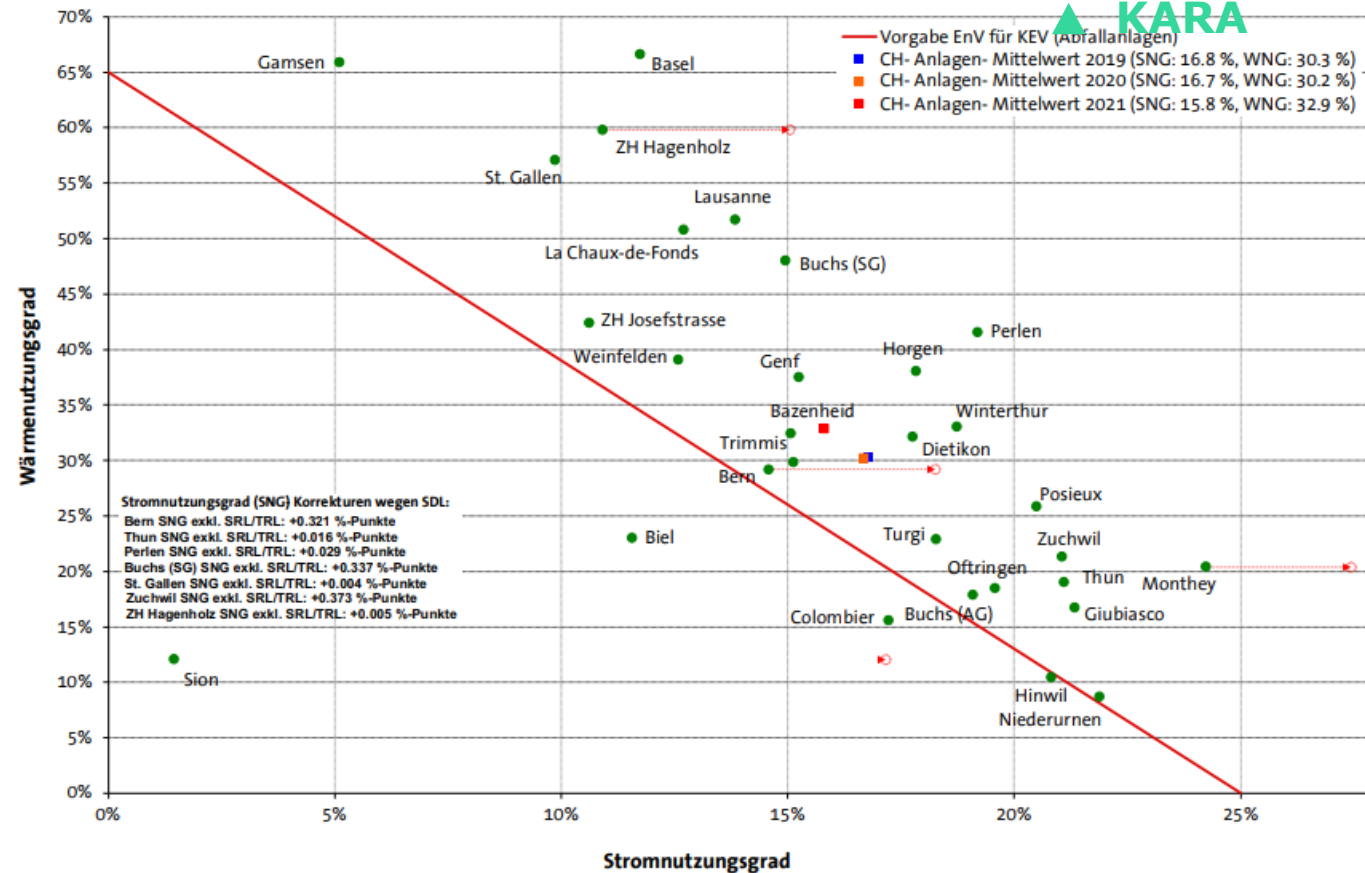
▲ Amager

- Die Energieeffizienz von Amager und Kara liegen weit über dem von schweizerischen Anlagen
- Der R1 dieser Anlagen liegt bei R1.5 für Amager und R1.3 für Kara.

R1- Faktor 2021 und 2020



Energienutzungsgrad CH- KVA 2021



▲ KARA

Grafik aus dem Rytec Bericht 2021:
Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren

Zukunft der KVA

Hintergrund: CCS und Negative Emissionstechnologien

Wenn

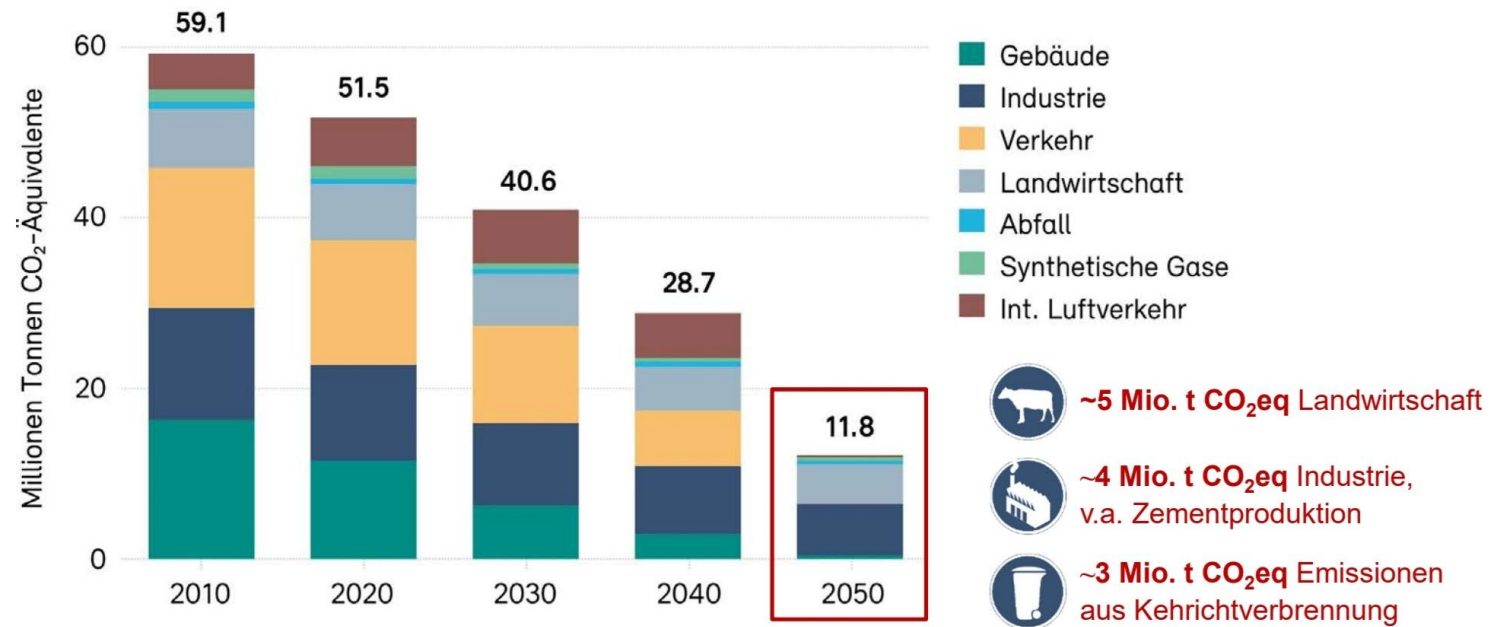
- alle Gebäude erneuerbar beheizt und gekühlt werden,
- der Verkehr komplett dekarbonisiert ist und
- Elektrizität nur noch nachhaltig produziert wird

verbleiben rund 12 Mio t CO₂eq welche schwer vermeidbar sind.

Die Dekarbonisierung der Komfortwärme führt zu einem Boom der FW welche von KVA gespiesen werden können.



Langfristige Klimastrategie: Schwer vermeidbare Emissionen 2050



Langfristige Klimastrategie der Schweiz und Rolle von Negativemissionstechnologien

23

Zukunft der KVA

Dreifache Rolle der KVA in der Klimastrategie

Wärme Lieferung

KVA als Wärmelieferant.

CO₂-Vermeidung

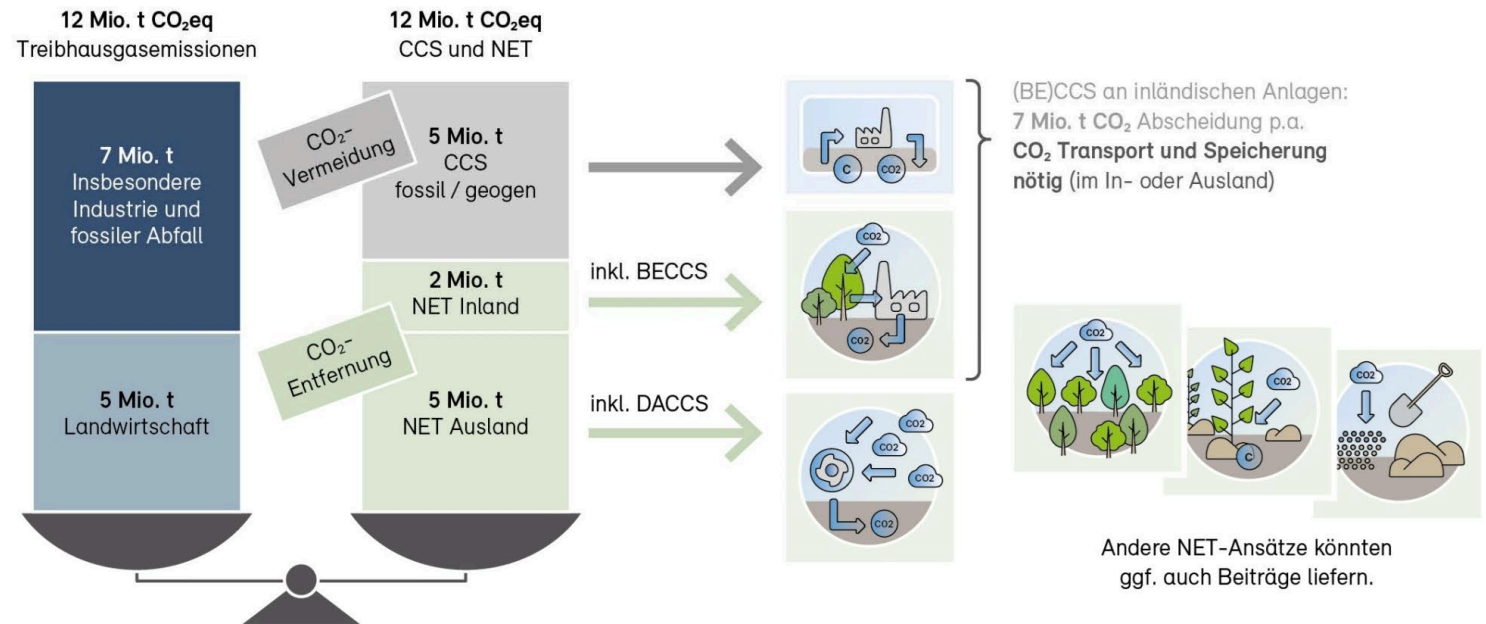
2 Mio t CO₂eq aus der thermischen Verwertung von 4 Mio t Abfall sind zu vermeiden

CO₂-Entfernung

2 Mio t biogenes CO₂ aus der thermischen Verwertung von Abfall als Potential für Negativemissionen.



Wie CCS und NET 2050 zu Netto-Null beitragen



Quelle: Langfristige Klimastrategie der Schweiz, Januar 2021; BFE Energieperspektiven 2050+, November 2020

Langfristige Klimastrategie der Schweiz und Rolle von Negativemissionstechnologien

31

Zukunft der KVA

Moderne KVA als idealer Standort für CCS

Energieaufwand

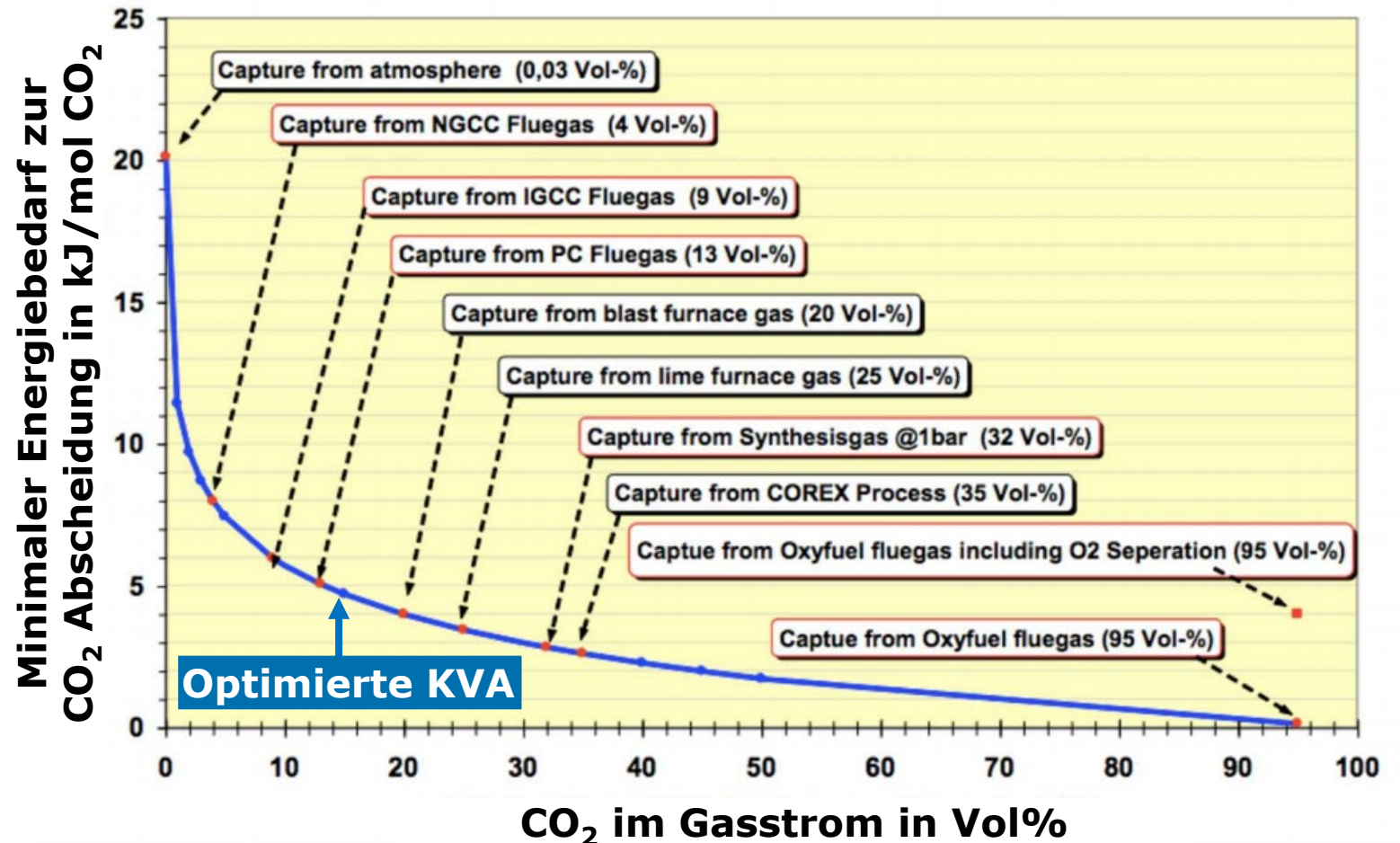
- Abhängig von CO₂-Konzentration im Abgas
- CO₂ -Abscheidung nach optimierter KVA
4 mal effizienter als aus Luft

Verfügbarkeit von Energie

- Prozesswärme und Strom der KVA

Verwertung der Abwärme

- Ein hoher Anteil des Energieaufwandes kann als Fernwärme wiederverwertet werden



KVA der Zukunft

Schritt für Schritt in Richtung Klimaschutz

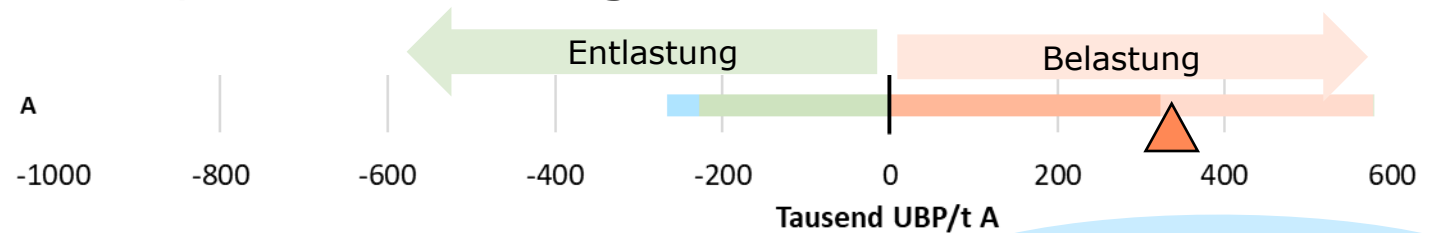
Startpunkt

- Minimale KVA
- Einhaltung LRV Stand 2000
- Minimale energetische Effizienz
- Nur Verstromung
- Recycling von Eisen aus der Schlacke

Bereitschaft für CCS

- nicht bereit

Ökobilanz, Umweltbelastung LCA



Treibhausgase, CO₂-Äquivalente



Luftemissionen
Energieabgabe Strom
Metallrückgewinnung Schlacke
NET CO₂

Klimagase
Energieabgabe Wärme
Metallrückgewinnung Flugasche
▲ Gesamtresultat

Gesamtresultat

KVA der Zukunft

Schritt für Schritt in Richtung Klimaschutz

Einfache KVA mit Fernwärme

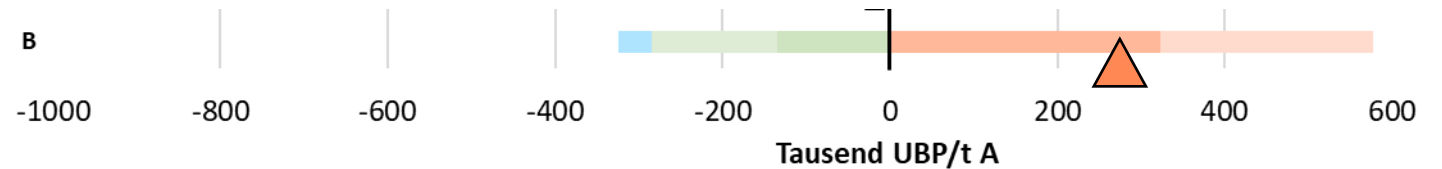
- Minimale KVA
- Einhaltung LRV Stand 2000
- Minimale energetische Effizienz
- Verstromung und Fernwärme
- Recycling von Eisen aus der Schlacke

Bereitschaft für CCS

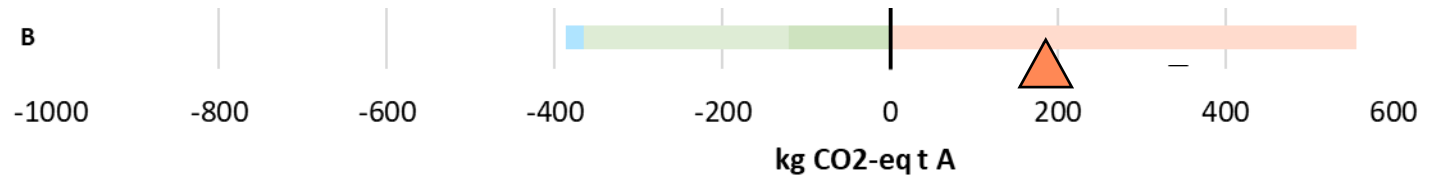
- nicht bereit

Auskopplung von ganzjähriger Prozesswärme wurde modelliert, wird aber in dieser Präsentation nicht abgedeckt.

Ökobilanz, Umweltbelastung



Treibhausgase, CO₂-Äquivalente



Luftemissionen
Energieabgabe Strom
Metallrückgewinnung Schlacke
NET CO2

Klimagase
Energieabgabe Wärme
Metallrückgewinnung Flugasche
Gesamtergebnis

KVA der Zukunft

Schritt für Schritt in Richtung Klimaschutz

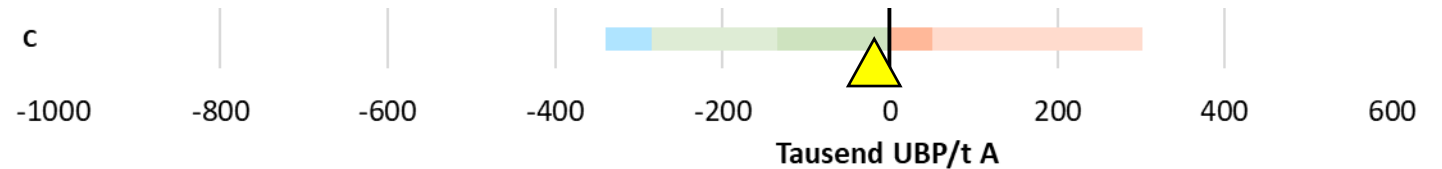
... erweitert mit erstklassiger Abgasbehandlung

- Umweltoptimierte KVA
- Abgasbehandlung erstklassig
- Minimale energetische Effizienz
- Verstromung und Fernwärme
- Recycling von Eisen aus der Schlacke

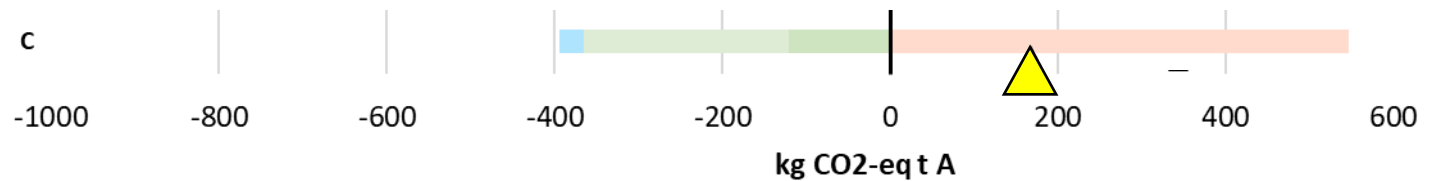
Bereitschaft für CCS

- Abgaswerte OK für CCS

Ökobilanz, Umweltbelastung



Treibhausgase, CO₂-Äquivalente



Luftemissionen
Energieabgabe Strom
Metallrückgewinnung Schlacke
NET CO2

Klimagase
Energieabgabe Wärme
Metallrückgewinnung Flugasche
▲ Gesamtresultat

KVA der Zukunft

Schritt für Schritt in Richtung Klimaschutz

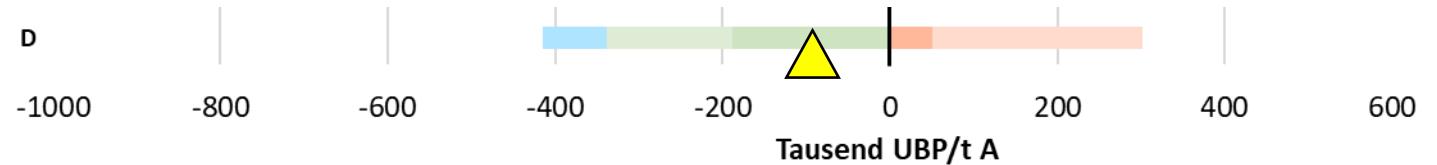
... energetisch optimiert & Metallrückgewinnung

- Moderne KVA
- Abgasbehandlung erstklassig
- Energetisch optimiert
- Verstromung und Fernwärme
- Recycling von Eisen und NE-Metallen aus der Schlacke

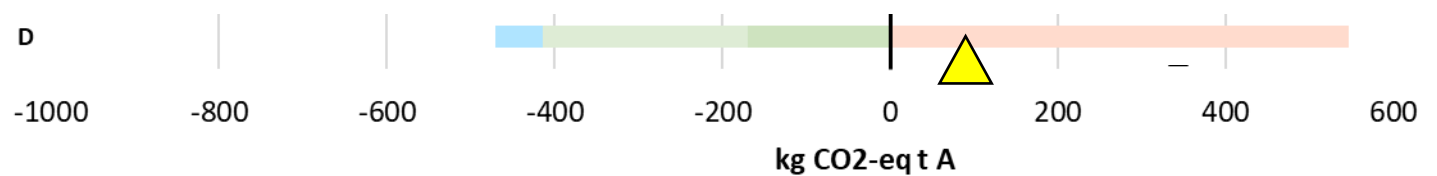
Bereitschaft für CCS

- Abgaswerte OK, CO₂ optimiert

Ökobilanz, Umweltbelastung



Treibhausgase, CO₂-Äquivalente



Luftemissionen
Energieabgabe Strom
Metallrückgewinnung Schlacke
NET CO2

Klimagase
Energieabgabe Wärme
Metallrückgewinnung Flugasche
▲ Gesamtresultat

KVA der Zukunft

Schritt für Schritt in Richtung Klimaschutz

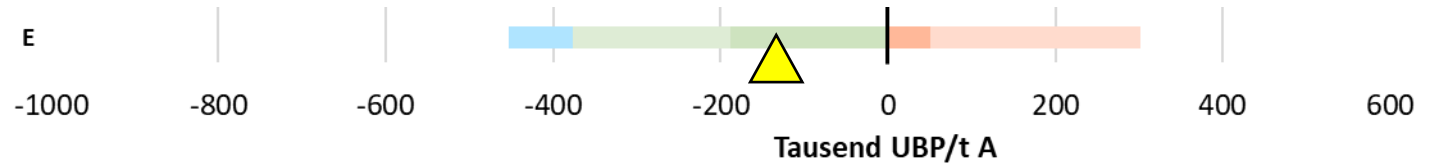
... erweitert um Abgaskondensation

- Moderne KVA
- Abgasbehandlung erstklassig
- Energetisch erstklassig
- Verstromung und Fernwärme
- Recycling von Metallen aus der Schlacke
- Abgaskondensation mit Wärmepumpe oder Wärmeverschiebung mit Befeuchtung

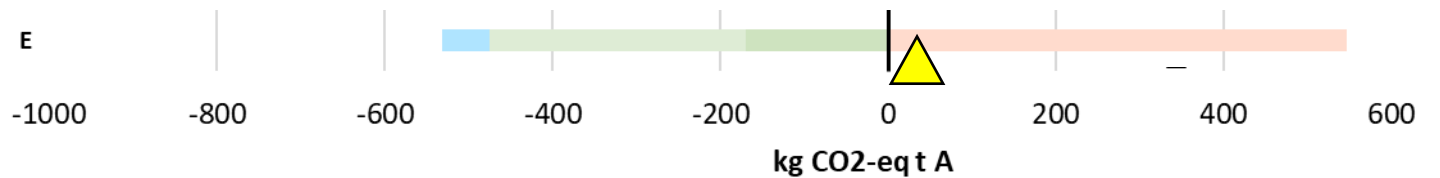
Bereitschaft für CCS

- Abgaswerte OK, CO₂ optimiert
- Eintrittstemperatur erfüllt

Ökobilanz, Umweltbelastung



Treibhausgase, CO₂-Äquivalente



Luftemissionen
Energieabgabe Strom
Metallrückgewinnung Schlacke
NET CO2

Klimagase
Energieabgabe Wärme
Metallrückgewinnung Flugasche
▲ Gesamtresultat

Kombination Direktkondensation und Wärmepumpe

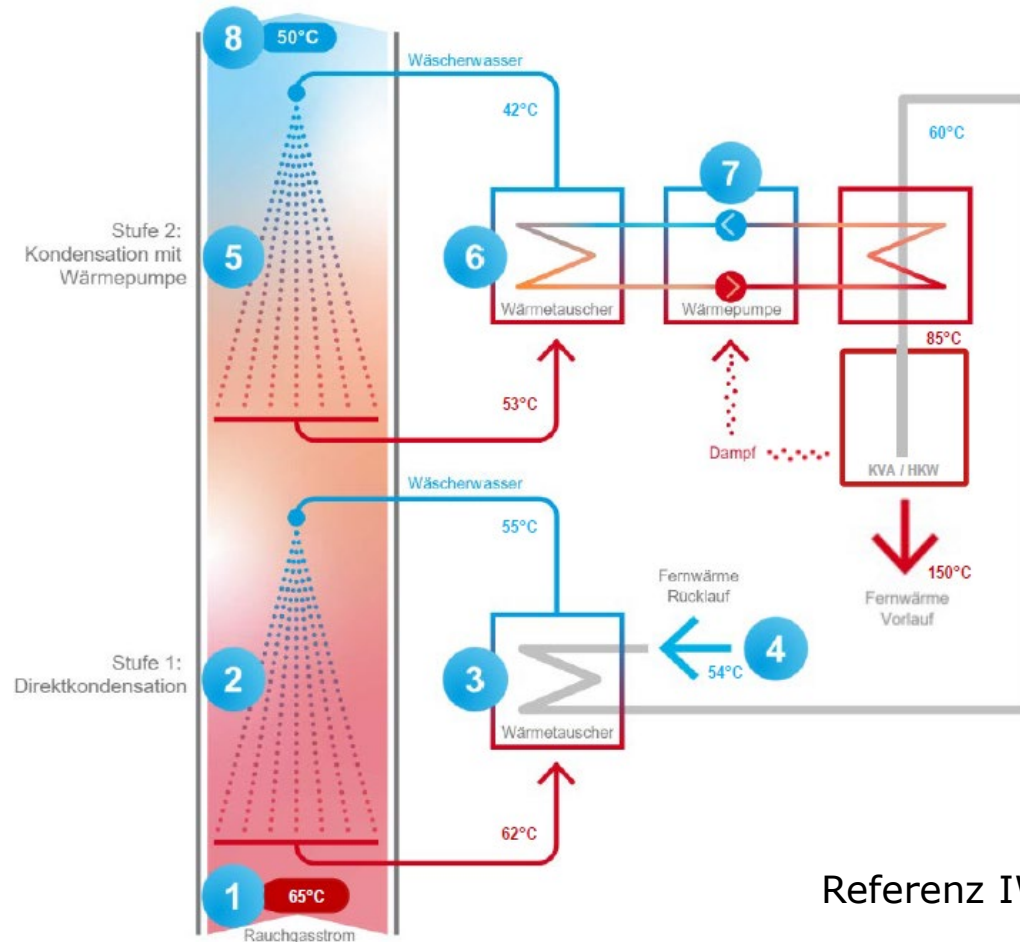
Direktkondensation

- Stufe 1.
- Erwärmung FW auf rund 60°C

Kondensation mit Wärmepumpe

- Stufe 2
- FW Vorlauf auf 85°C erwärmt

- 1 Rauchgase durchströmen den Wäscher
- 2 Wasser kühlt die Rauchgase
- 3 Wärme wird direkt an Fernwärmenetz abgegeben
- 4 Fernwärmerücklauf ist kälter als erwärmtes Wasser
- 5 Wasser kühlt das Rauchgas in einer 2. Stufe
- 6 Fernwärmerücklauf ist wärmer als erwärmtes Wasser
- 7 Absorptionsprozess. Niederdruckdampf als Energie.
- 8 Abgekühltes Rauchgas entweicht über Hochkamin

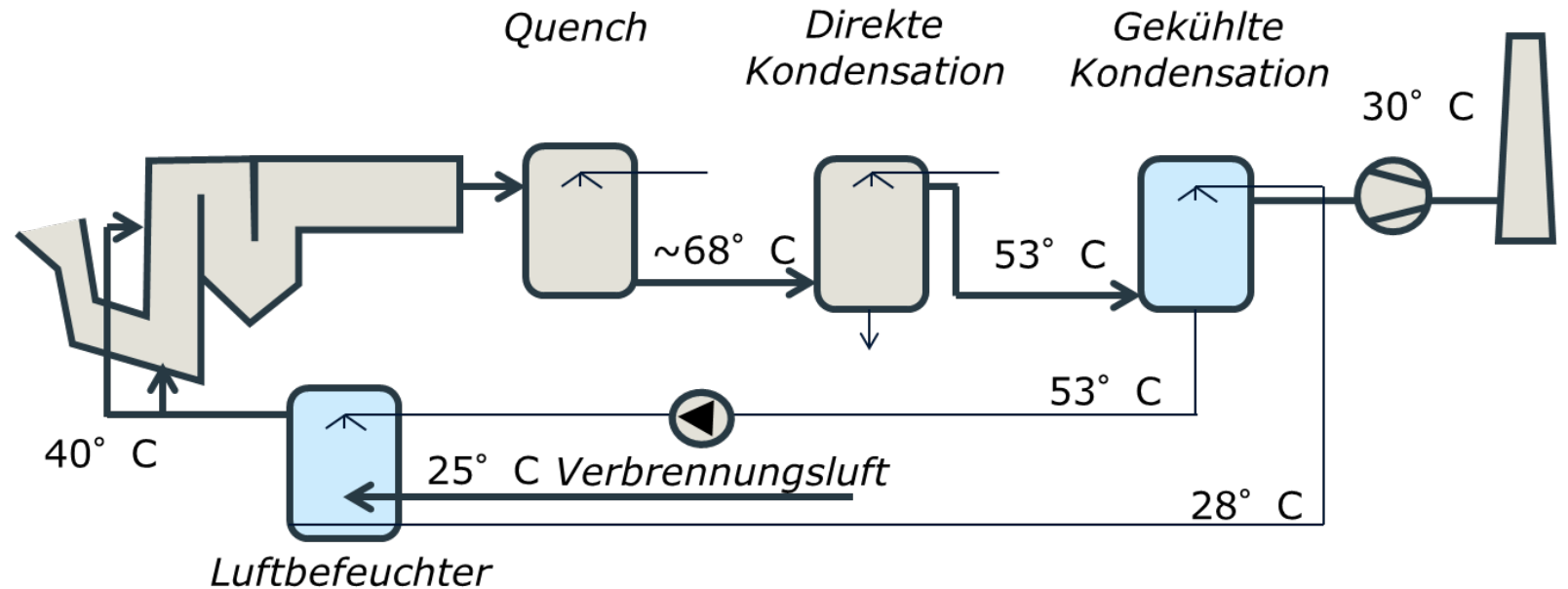


Referenz IWB, Basel.

KVA der Zukunft

Abgaskondensation mit Primärluftbefeuchtung

- Alternative zur Kondensation mit Wärmepumpe
- Latente Wärme wird von der Kondensation in die Primärluft verschoben
- System oft eingesetzt bei Biomassekraftwerken in Skandinavien
- Erste Referenzen bei KVA in Betrieb
- Abkühlung der Abgase auf 30°C möglich ohne Wärmepumpe
- Erhöhung der FW-Temperatur auf 55°C bis 60°C möglich



KVA der Zukunft

Schritt für Schritt in Richtung Klimaschutz

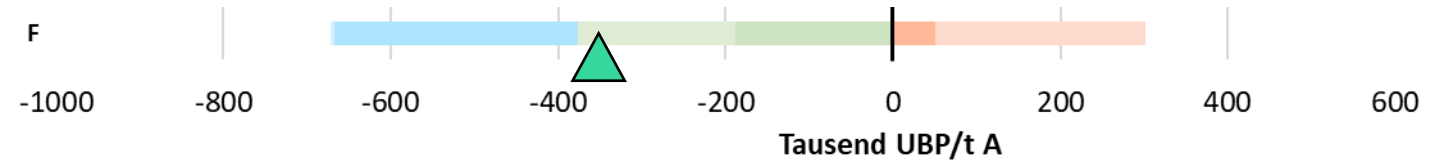
... erweitert um maximale Metallrückgewinnung

- Modernste KVA
- Abgasbehandlung erstklassig
- Energetisch erstklassig
- Verstromung und Fernwärme
- Maximales Recycling von Metallen aus Schlacke und Flugasche

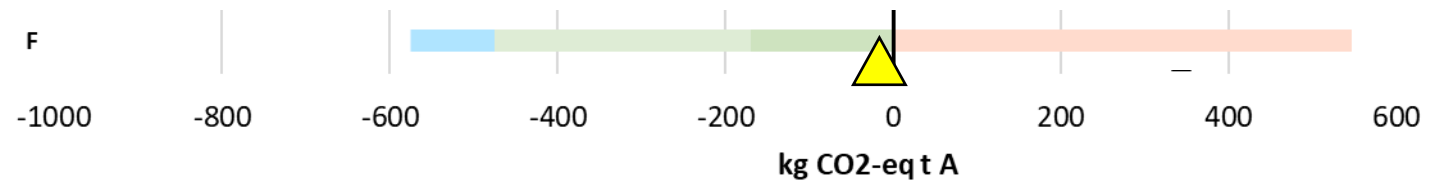
Bereitschaft für CCS

- Abgaswerte OK, CO₂ optimiert
- Eintrittstemperatur erfüllt

Ökobilanz, Umweltbelastung



Treibhausgase, CO₂-Äquivalente



KVA der Zukunft

Schritt für Schritt in Richtung Klimaschutz

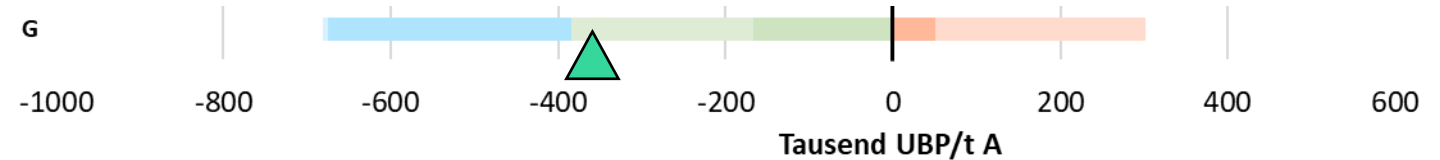
... plus optimiertes FW Netz, saisonaler Speicher

- Modernste KVA
- Abgasbehandlung erstklassig
- Energetisch erstklassig
- Verstromung und optimale FW, mit saisonalem Speicher, Rücklauf FW optimiert
- Maximales Recycling von Metallen

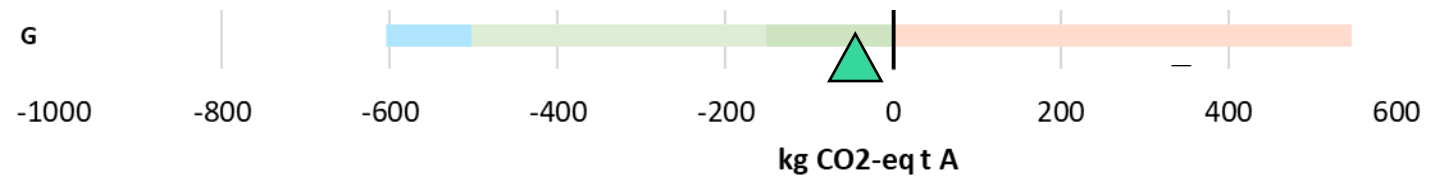
Bereitschaft für CCS

- Abgaswerte OK, CO₂ optimiert
- Eintrittstemperatur erfüllt
- Bereit für Wärmerückgewinnung

Ökobilanz, Umweltbelastung



Treibhausgase, CO₂-Äquivalente



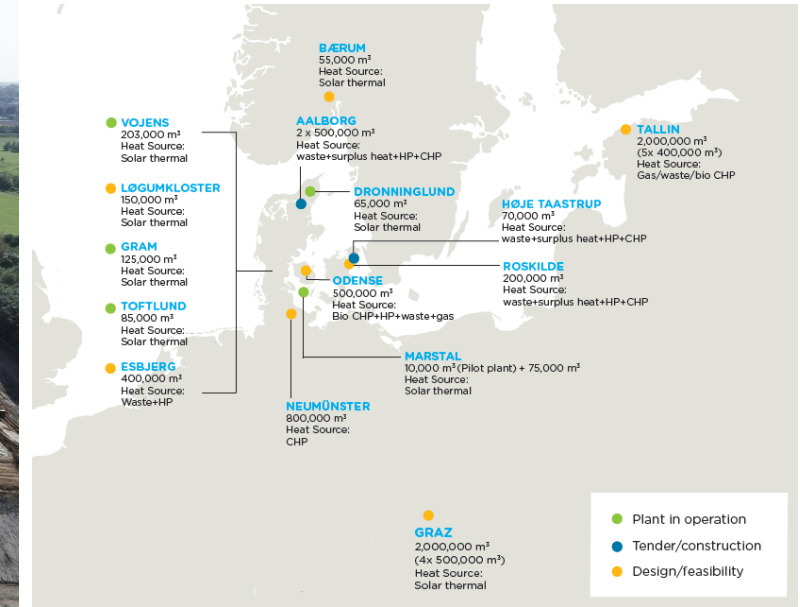
Luftemissionen
Energieabgabe Strom
Metallrückgewinnung Schlacke
NET CO2

Klimagase
Energieabgabe Wärme
Metallrückgewinnung Flugasche
▲ Gesamtresultat

KVA der Zukunft

Saisonale Speicher

- Saisonale Warmwasserspeicher ausgeführt als Grubenspeicher
- Weit günstiger als P2X oder Stromspeicher
- Effizienz Gesamtzyklus > 70%
- Referenzen bis über 10 GWh Nutzenergie
- Realistische Nutzung in der Schweiz setzt eine Nutzung der Oberfläche voraus



KVA der Zukunft

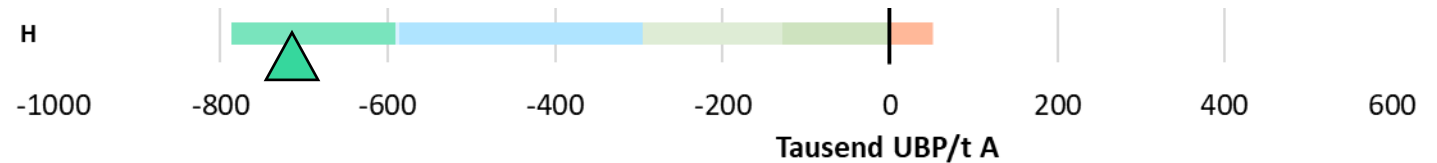
Schritt für Schritt in Richtung Klimaschutz

... erweitert um CCS

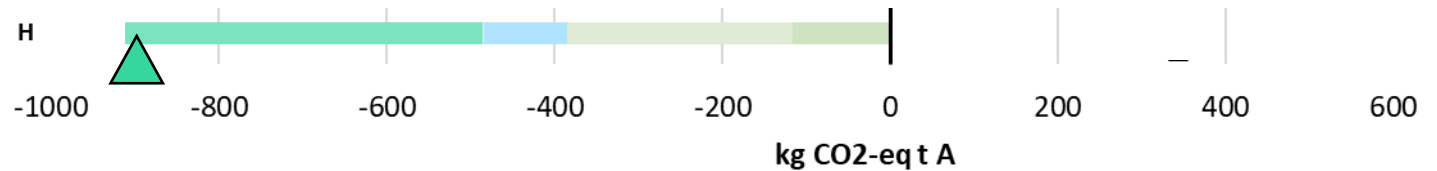
- KVA von Morgen
- Abgasbehandlung erstklassig
- Energetisch erstklassig
- Verstromung und optimale FW, mit saisonalem Speicher
- Maximales Recycling von Metallen aus Schlacke (und FA)
- CO₂-Abscheidung CCS, energetisch optimiert

CCS realisiert

Ökobilanz, Umweltbelastung



Treibhausgase, CO₂-Äquivalente



Luftemissionen
Energieabgabe Strom
Metallrückgewinnung Schlacke
NET CO2

Klimagase
Energieabgabe Wärme
Metallrückgewinnung Flugasche
▲ Gesamtresultat

Beispiel CCS Anlage

Abscheidung von CO₂

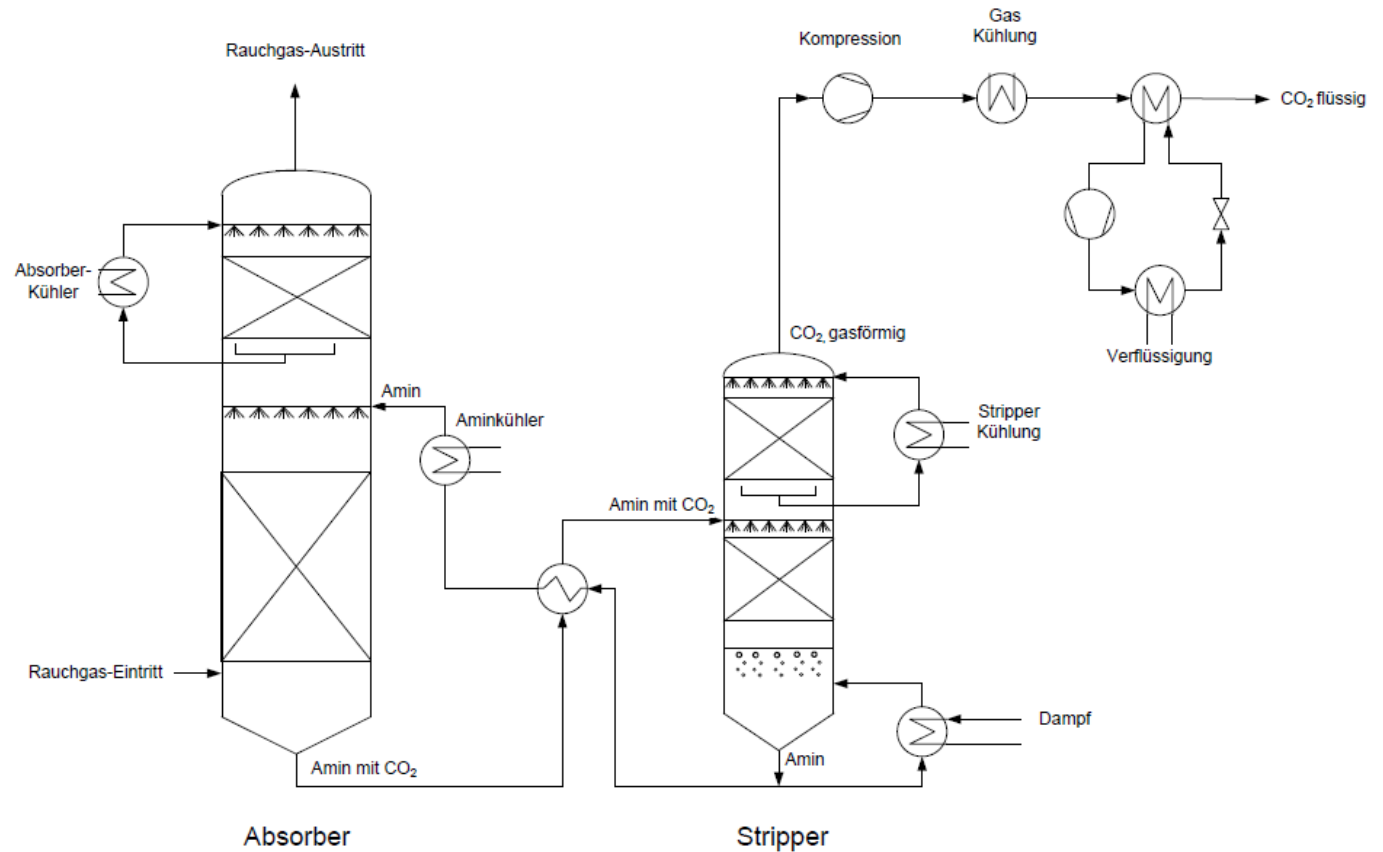
- Abscheideraten von 85-90% empfohlen

Eintrittsbedingungen

- Sehr tiefe Abgaswerte für NO_x, SO₂ und Schwermetalle
- Eintrittstemperatur < 40°C
- Möglichst hohe CO₂-Konzentration, also tiefer O₂ Gehalt

Energierückgewinnung

- Die im CCS Verfahren eingesetzte Energie kann zu einem hohen Anteil als FW genutzt werden
- Voraussetzung ist eine möglichst tiefe Rücklauftemperatur



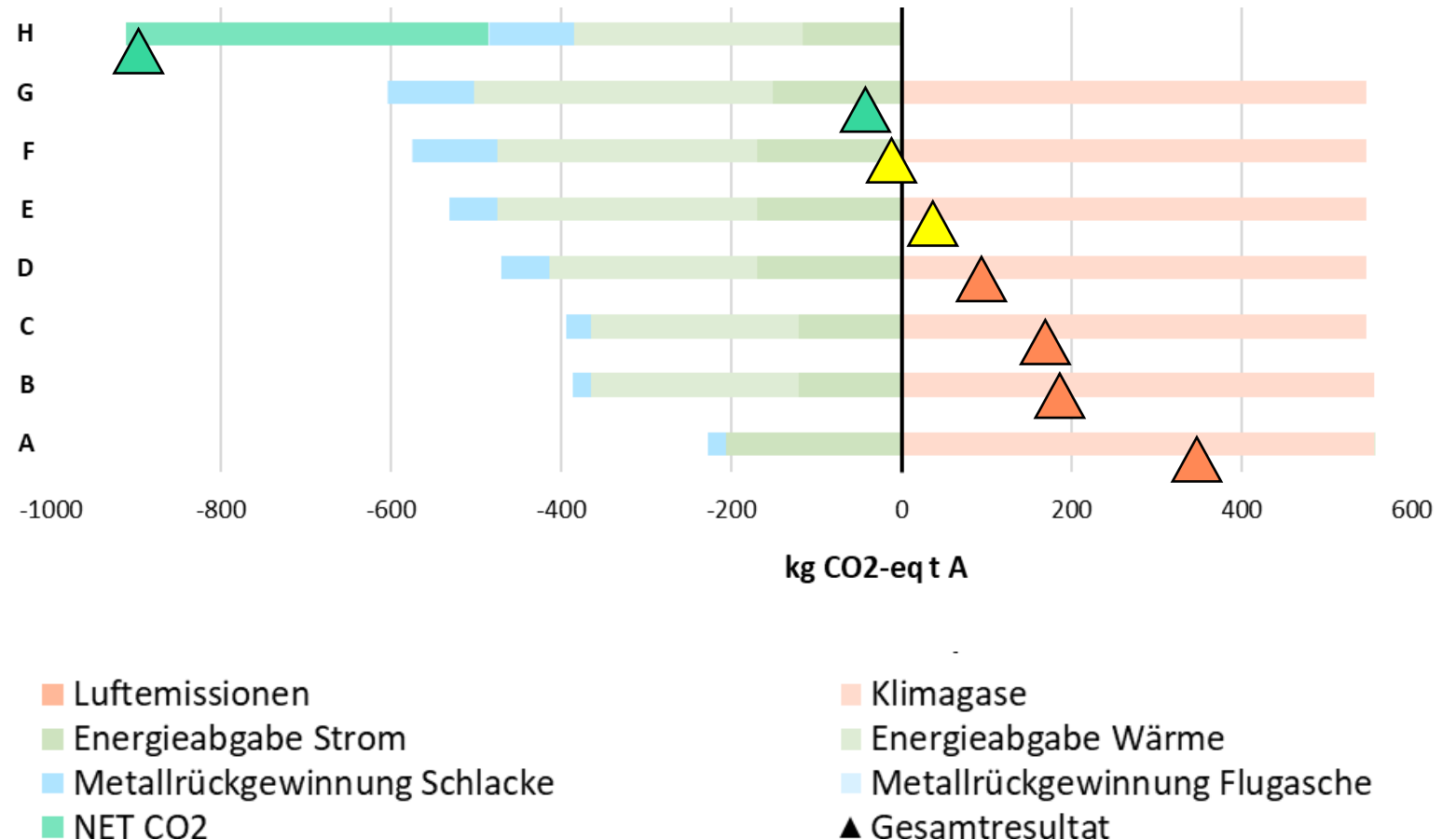
KVA der Zukunft Planung starten

KVA leistet hohen Beitrag zur Klimaneutralität

- Klimaneutral auch ohne CCS
- Hohe Entlastung mit CCS

Empfehlung

1. Standortbestimmung der Klimateffizienz durchführen
2. Roadmap erstellen
3. Klimateffizienz schrittweise steigern
4. Bereitschaft für CCS schrittweise herstellen



Bright
ideas.
Sustainable
change.

RAMBOLL