



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR VERKEHR

INERATEC GmbH

**Machbarkeitsstudie zur Erzeugung von reFuels
aus Zementabgasen im Auftrag des
Verkehrsministeriums Baden-Württemberg**

HINTERGRUND DER STUDIE

Das Verkehrsministerium Baden-Württemberg ist auf der Grundlage mehrerer Studien^{*/**} zu dem Schluss gekommen, dass sogenannte reFuels – die mit Hilfe von Erneuerbaren Energien erzeugt werden – einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten können und eine no-regret-Maßnahme darstellen, da diese Stoffe im Luft-, Schiffs- und Güterverkehr sowie der chemischen Industrie voraussichtlich auch langfristig benötigt werden.

reFuels ist ein übergeordneter Begriff für Kraftstoffe, die auf der Grundlage von Erneuerbaren Energien hergestellt werden. Er umfasst Wasserstoff, synthetische hergestellte Kohlenwasserstoffe und nachhaltige Biokraftstoffe (Advanced Biofuels) im Sinne der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) der Europäischen Union.

Eine Studie des Wuppertal-Instituts für Greenpeace (April 2019) hält fest: „Für die Dekarbonisierung des internationalen Flug- und Seeverkehrs sind hingegen kaum Alternativen zu synthetischen Kraftstoffen absehbar. Deshalb sind sie hier bevorzugt einzusetzen. Außerdem sollte in diesen Bereichen Nachfragesteuerung und Verkehrsmittelleffizienz so organisiert werden, dass die globale Nachfrage die nachhaltigen Bereitstellungsoptionen von PtL nicht übersteigt.“

Diese Studie zeigt, wie die CO₂-Abgase aus der Zementindustrie als Rohstoff für die Herstellung von reFuels-Kerosin genutzt werden können. In Baden-Württemberg ist die Zementindustrie für etwa 44 Prozent der CO₂-Emissionen im Industriesektor des Landes verantwortlich^{***}.

KOHLENDIOXID AUS ZEMENTWERKEN



* VDZ Umweltdaten der deutschen Zementindustrie

EMISSIONEN UND POTENZIALE

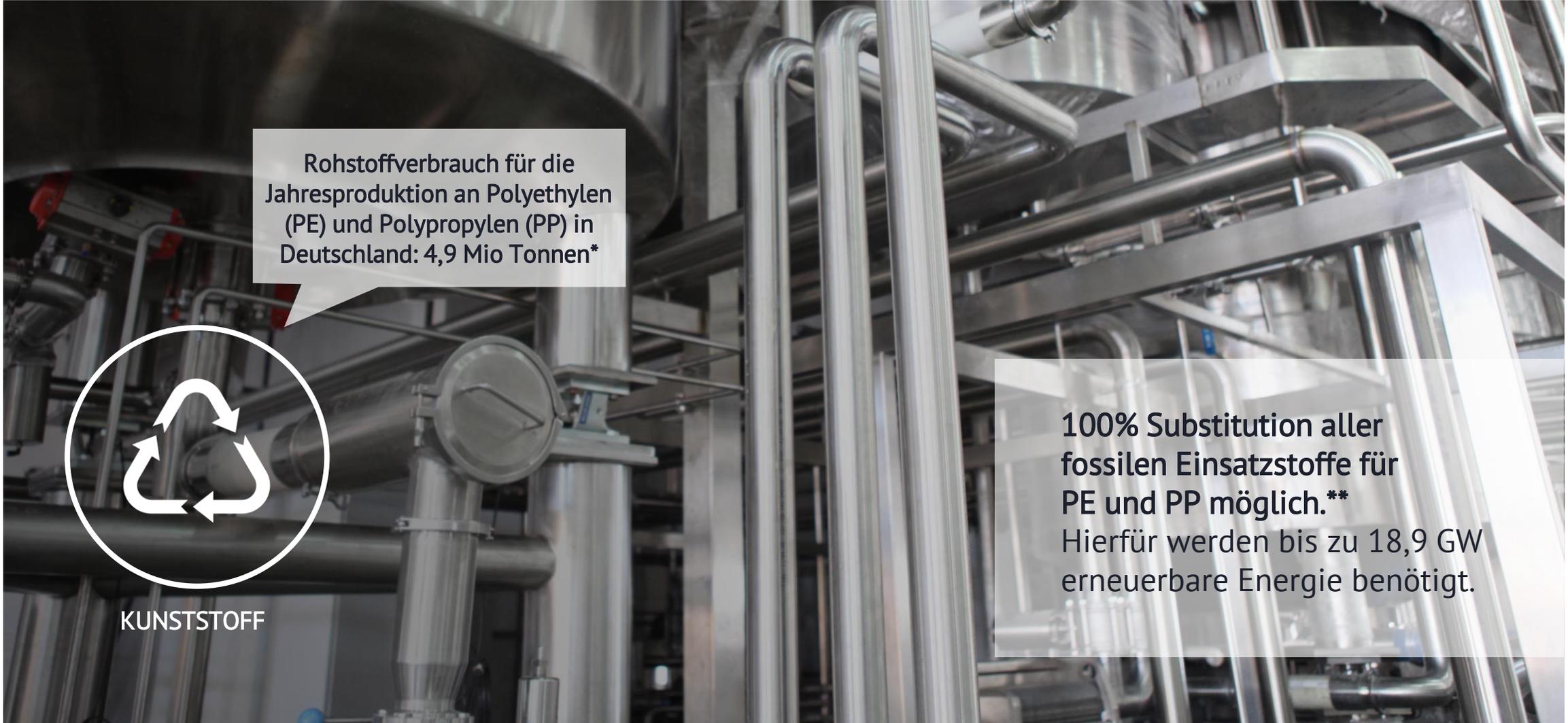


MEHR ALS 200% DECKUNG

Aus dem Abgas eines Zementwerks kann der Bedarf des Stuttgarter Flughafens an Sustainable Aviation Fuel (SAF) zweifach gedeckt werden.* Hierfür werden bis zu 1,3 GW erneuerbare Energie benötigt. Eine Produktion in größerem Umfang ist nur in Ländern möglich, die erneuerbaren Strom günstig herstellen können.

* bei 150 t CO₂/h Zementwerk-Emission; nach ASTM D1655 max. 50% Beimischung; Im Nachhaltigkeitsbericht von 2015 des Stuttgarter Flughafens wird ein Jahresbedarf von 260.000 m³ Kerosin angegeben

EMISSIONEN UND POTENZIALE



Rohstoffverbrauch für die Jahresproduktion an Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) in Deutschland: 4,9 Mio Tonnen*



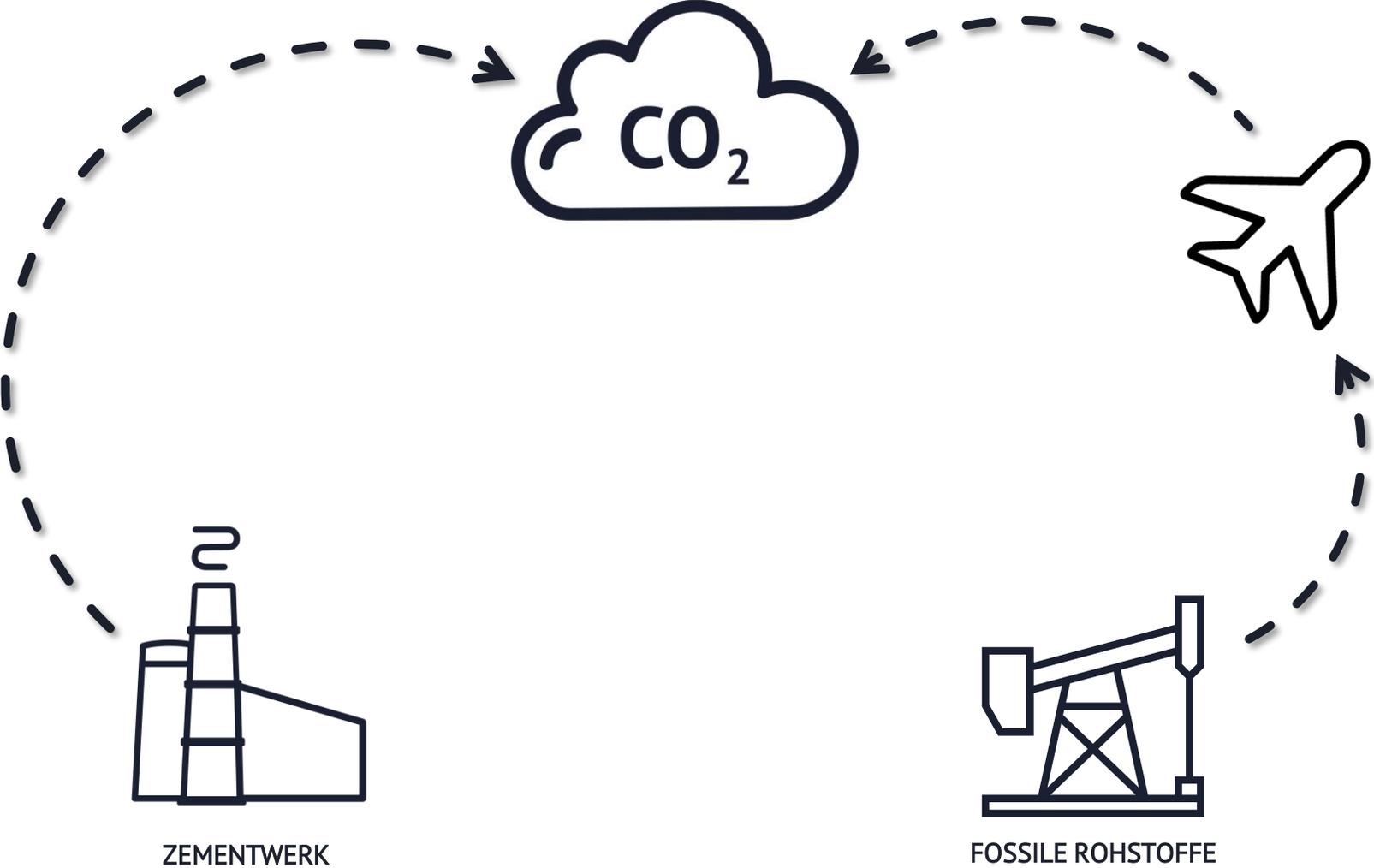
KUNSTSTOFF

100% Substitution aller fossilen Einsatzstoffe für PE und PP möglich.**
Hierfür werden bis zu 18,9 GW erneuerbare Energie benötigt.

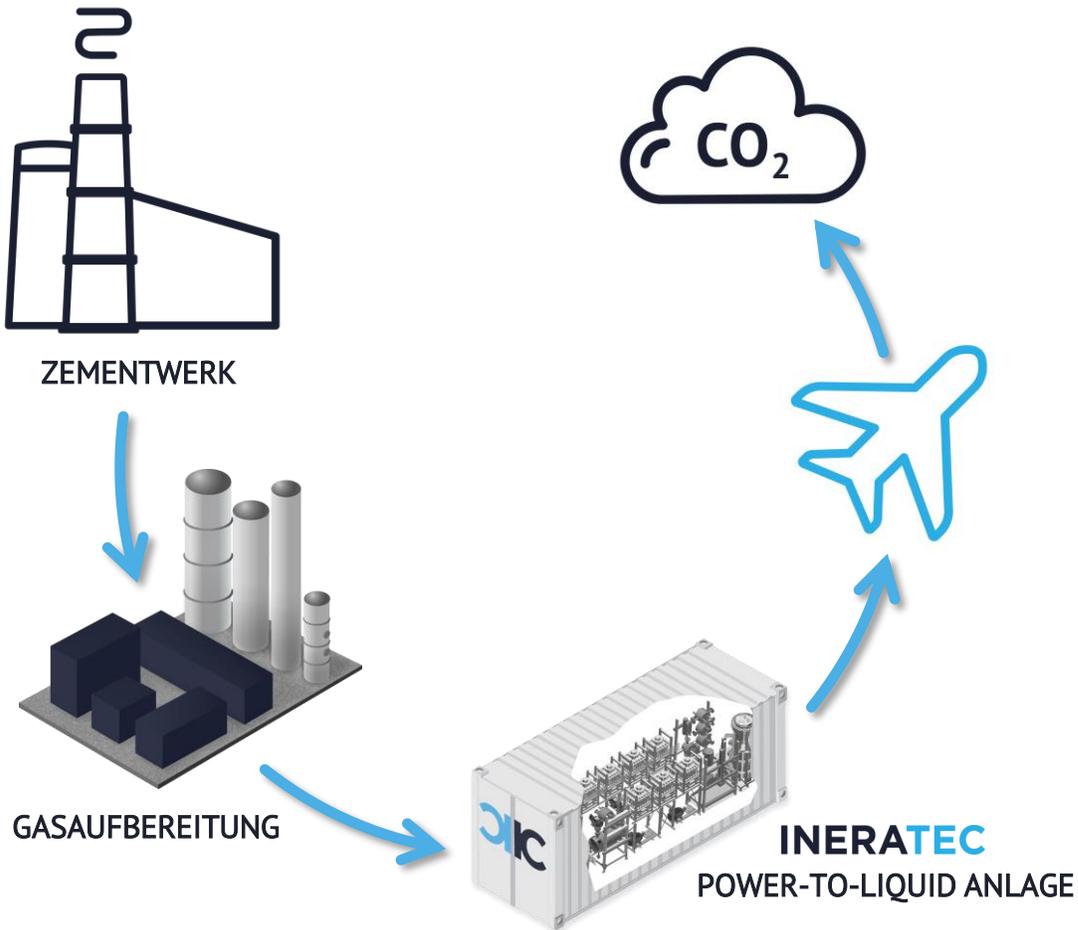
* VCI „Chemiewirtschaft in Zahlen“

** Aus 20 Mio Tonnen CO₂ können 6.5 Mio Tonnen Kohlenwasserstoffe erzeugt werden

NUTZUNG VON CO₂-EMISSIONEN- STATUS QUO



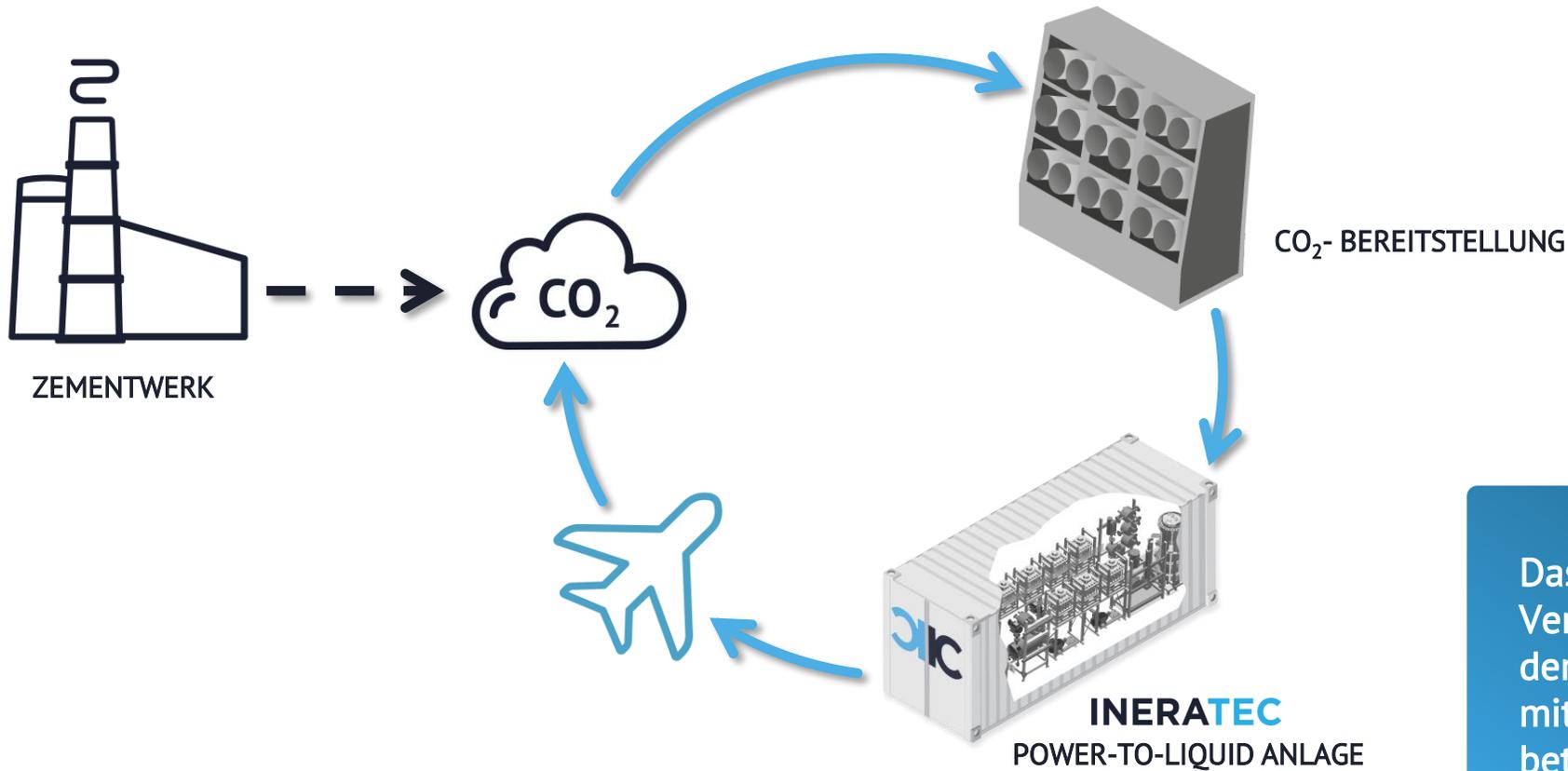
NUTZUNG VON CO₂-EMISSIONEN – ZEITNAH REALISIERBAR



Potenziell können über 50% der Treibhausgasemissionen aus der Luftfahrt durch den Einsatz von reFuels vermieden werden*.

*Power-to-Liquids: Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel, P. Schmidt, W. Weindorf, A. Roth, V. Batteiger, F. Riegel (2016) Hrsg. Umweltbundesamt
60% CO₂ aus rohstoffbedingten Emissionen, 80% CO₂-Neutralität des erzeugten reFuels

NUTZUNG VON CO₂-EMISSIONEN - PERSPEKTIVISCH



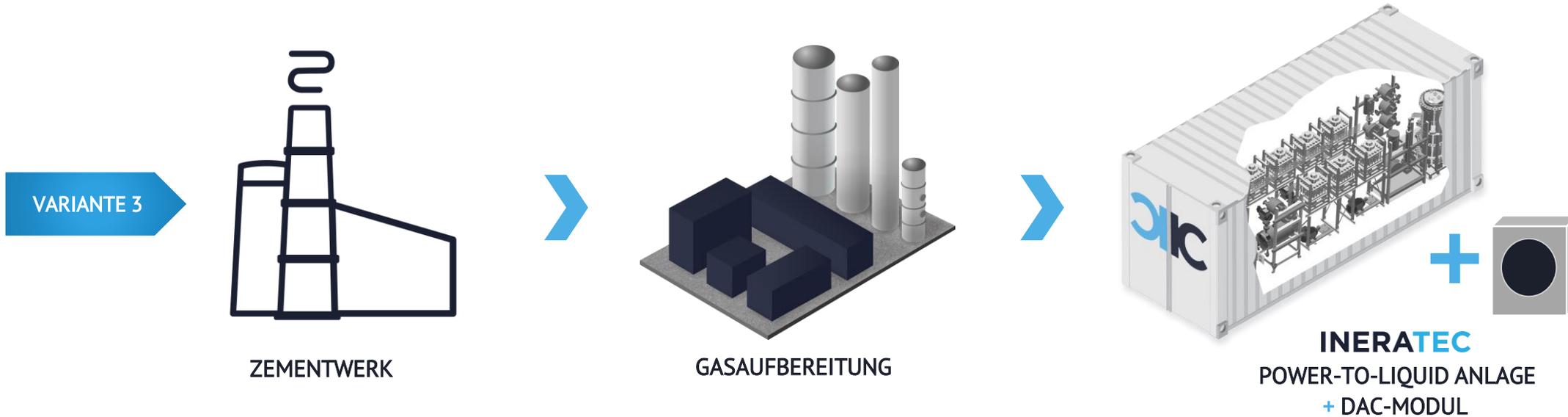
Das in dieser Studie untersuchte Verfahren ist unabhängig von der CO₂-Quelle. Es kann auch mit aus der Luft gefiltertem CO₂ betrieben werden. Dagegen sprechen heute noch die Kosten und der Flächenbedarf.

VARIANTEN DER CO₂-BEREITSTELLUNG



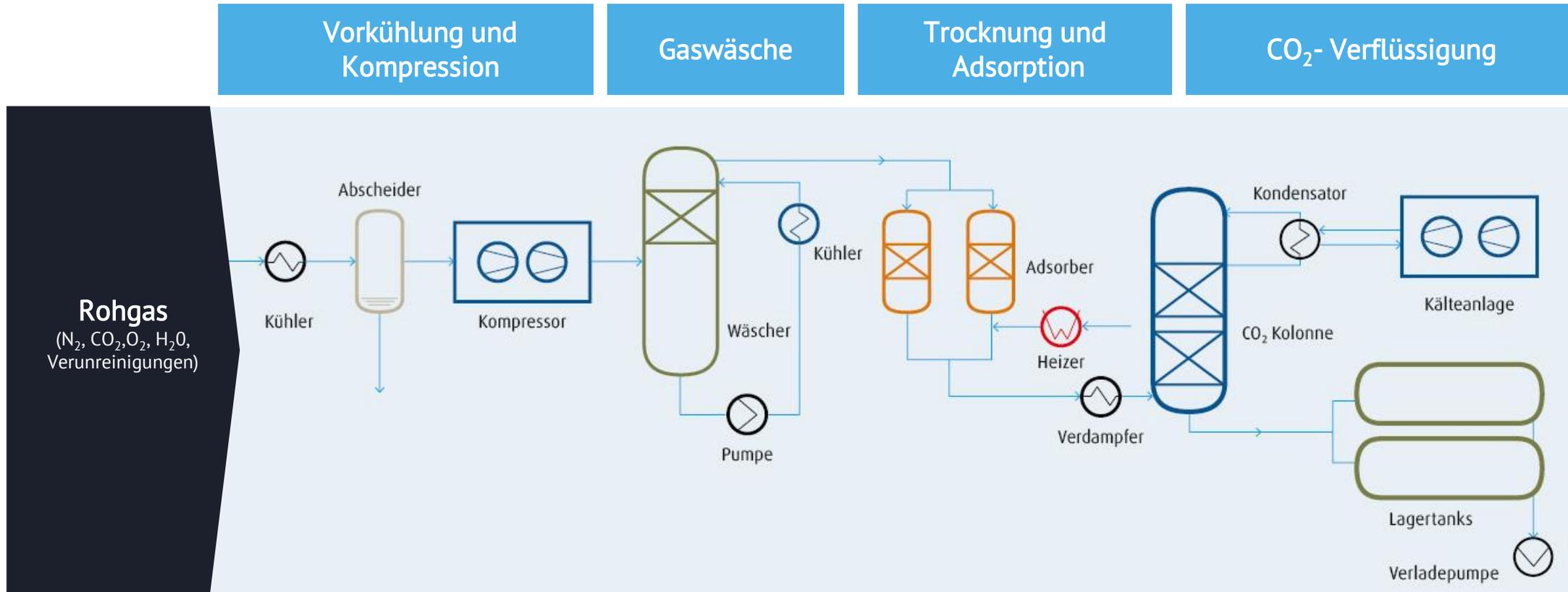
Die Prozessschritte können einzeln mit bestehenden Technologien durchgeführt werden. Die technische Machbarkeit der gesamten Prozesskette kann kurzfristig mit einer Demonstrationsanlage gezeigt werden.

ZEMENTWERK ALS PUNKTQUELLE UND ANTEIL AUS DAC



Die einzelnen Prozessschritte sind bestehende Technologien.
Die technische Machbarkeit der gesamten Prozesskette kann kurzfristig mit einer Demonstrationsanlage gezeigt werden.

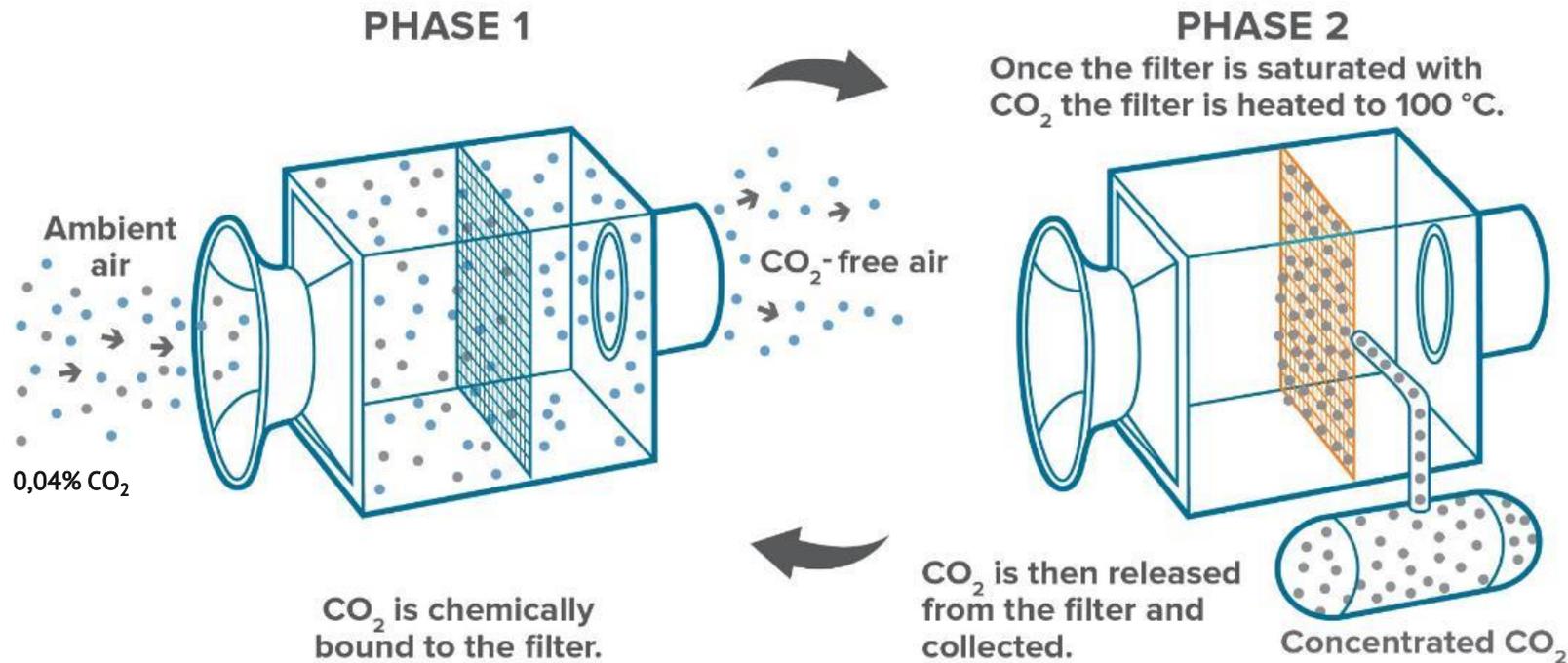
SCHEMA DER CO₂-AUFBEREITUNG (Bsp. LINDE AG)



Die Verflüssigung von CO₂ ist technisch notwendig zur Sauerstoffentfernung und ermöglicht zudem Zwischenspeicherung und Transport. Lagertanks können z.B. über das Schienennetz transportiert werden.

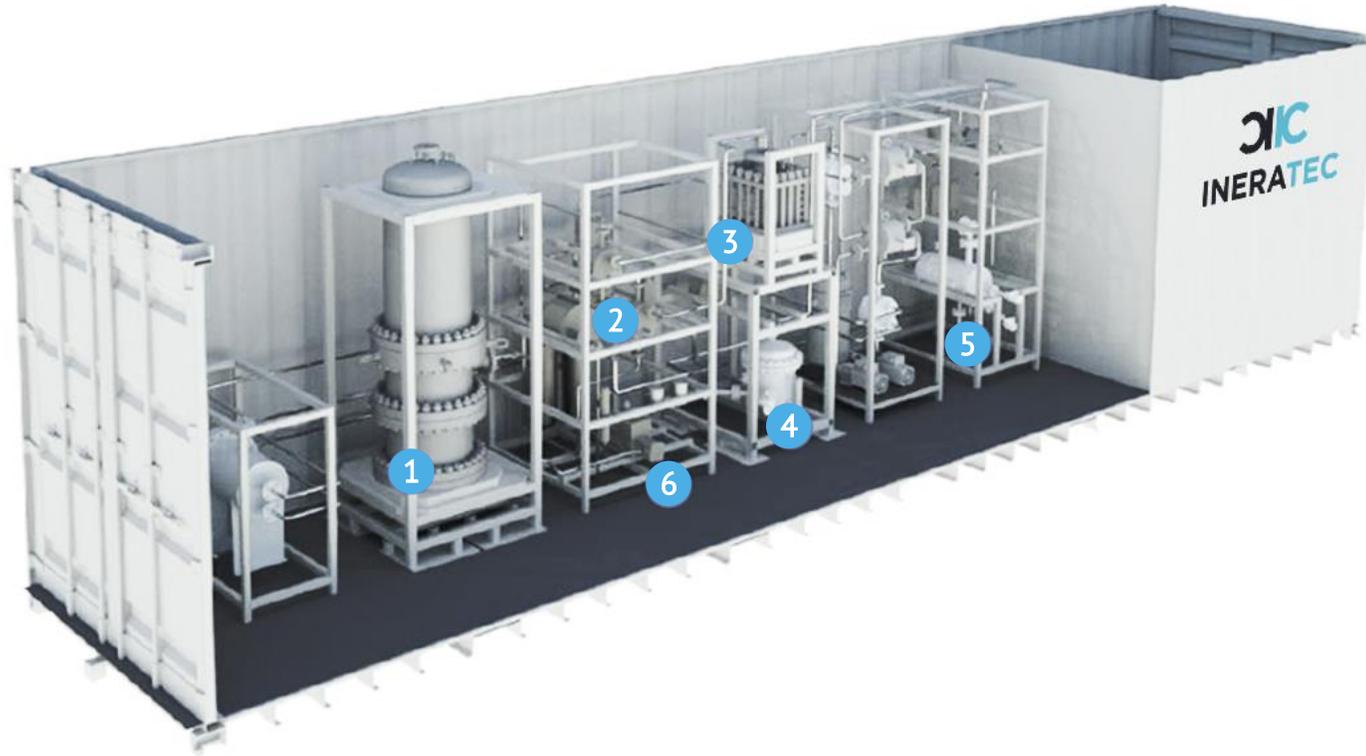
flüssiges CO₂
Reinheit > 99 %

DIRECT AIR CAPTURE (DAC) MODUL



Dezentraler Einsatz am Ort der erneuerbaren Stromerzeugung
Modulare Skalierung möglich
Komplexe Technologie mit höherem Energieaufwand

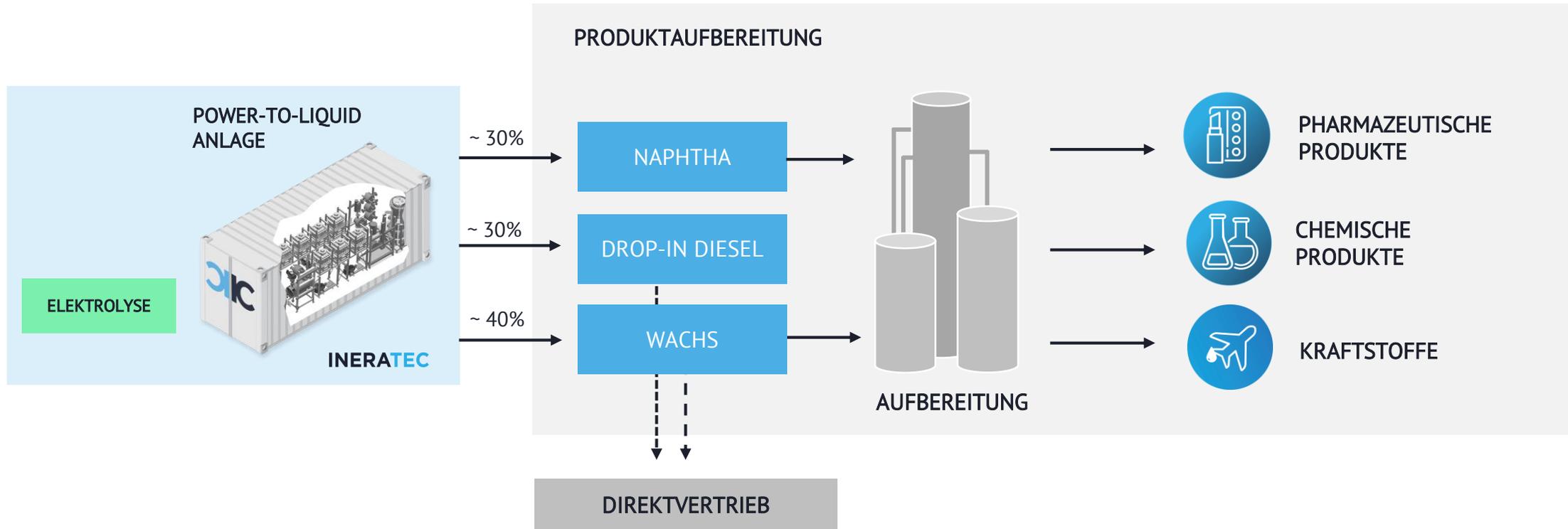
PtL SYNTHESMODUL



- 1 RWGS-Reaktor
- 2 Kondensation
- 3 FT-Reaktor
- 4 Heißabscheider
- 5 Kaltabscheider
- 6 Kompression

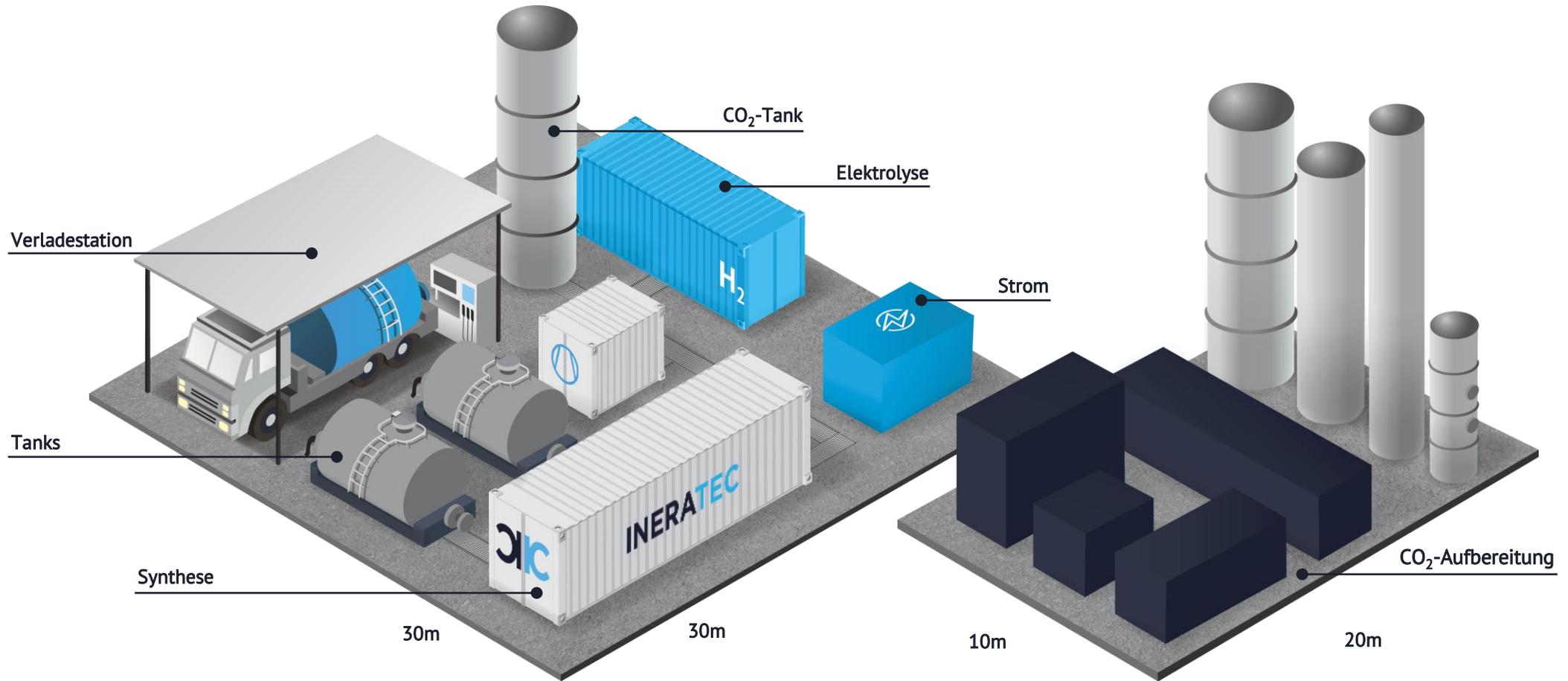
Exemplarische Visualisierung mit je einer Anlagenkomponente im Modul

PtL-PRODUKTE



ERSTE LAYOUTPLANUNG EINER PILOTANLAGE ZUR DEMONSTRATION

Exemplarische Visualisierung des Anlagenlayouts (ohne DAC)



VIER ANWENDUNGSFÄLLE



Fall 1: CO₂-, Stromquelle sowie PtL-Anlage in räumlicher Nähe



Fall 2: Stromquelle getrennt von CO₂-Quelle und PtL-Anlage

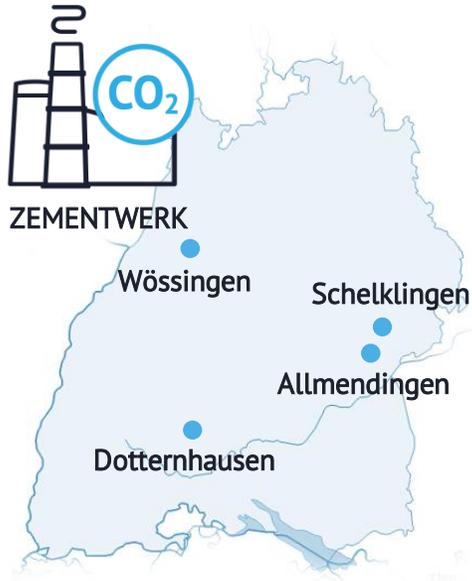


Fall 3: CO₂-Quelle getrennt von Stromquelle und PtL-Anlage



Fall 4: PtL-Anlage getrennt von Strom- und CO₂-Quelle

STANDORT ZEMENTWERK



HEIDELBERGCEMENT



- > Kein CO₂-Transport nötig
- > EN15940 Diesel nutzbar in Steinbruchfahrzeugen
- > Gute Anbindung
- > Platzbedarf kann gedeckt werden



- > Erneuerbarer Strom nicht vor Ort verfügbar

STANDORT WASSERKRAFTWERK



Exemplarischer Standort: Wasserkraftwerk

Wasserkraftwerke in BaWü > 2 MW



- > Erneuerbare Energie dauerhaft in größeren Mengen verfügbar
- > PtL-Gesamtprozess an erneuerbarer Energiequelle demonstrierbar
- > Zementwerk „frei“ wählbar

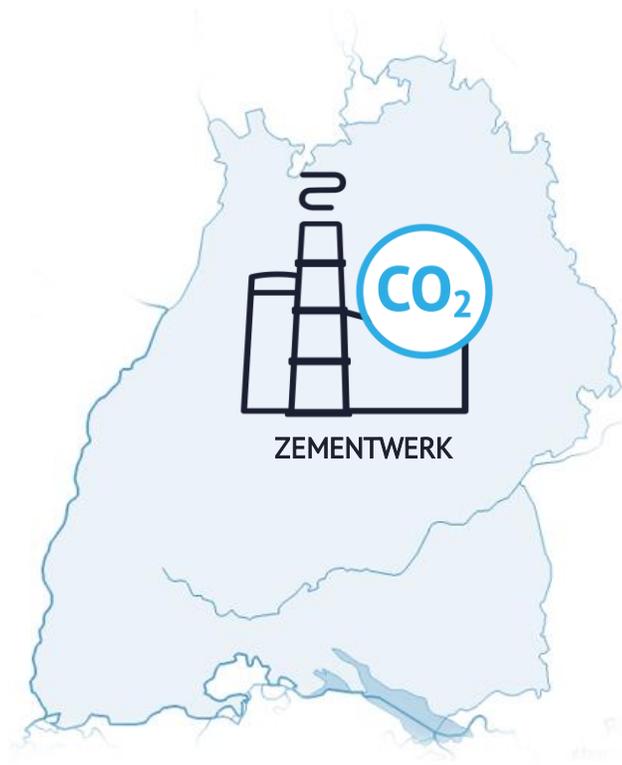


- > Teilweise lange Transportwege für CO₂ und Fischer-Tropsch-Produkte
- > Mitunter schlechte Anbindung ans Verkehrsnetz

VERGLEICH DER ZEMENTWERKE IN HINBLICK AUF EIGNUNG FÜR EINE PILOTANLAGE

Kriterium	Zementwerk Allmendingen (Schwenk)	Zementwerk Schelklingen (HeidelbergCement)	Zementwerk Wössingen (OPTERRA)	Zementwerk Dotternhausen (Holcim)
Flächenbedarf	Fläche ausreichend vorhanden in direkter Nähe zum Hauptkamin	Fläche am Hauptkamin ausreichend für CO ₂ -Abtrennung. Eventuell Überbrückung mit Gasleitung notwendig	Fläche am Hauptkamin vorhanden. Eventuell Überbrückung mit Gasleitung notwendig	Überbrückung mit Gasleitung notwendig
Zusammensetzung des Abgases	Liegt innerhalb der Spezifikationen der CO ₂ -Aufreinigung	Liegt innerhalb der Spezifikationen der CO ₂ -Aufreinigung	Liegt innerhalb der Spezifikationen der CO ₂ -Aufreinigung	Liegt innerhalb der Spezifikationen der CO ₂ -Aufreinigung
Zuganbindung	Vorhanden	Vorhanden	Nicht vorhanden	Vorhanden
Betriebsmittel	Wasser, Abwasser, etc. vorhanden	Wasser, Abwasser, etc. vorhanden	Wasser, Abwasser, etc. vorhanden	Wasser, Abwasser, etc. vorhanden
Strom (ges. Prozesskette)	Netzstrom, ausreichend vorhanden für Demonstrator	Netzstrom, ausreichend vorhanden für Demonstrator	Netzstrom, ausreichend vorhanden für Demonstrator	Kraftwerk vorhanden (Ölschiefer-gefeuert)
Genehmigung	Liegt in Wasserschutzgebiet	Liegt in Wasserschutzgebiet	Keine speziellen Rahmenbedingungen gegeben	Keine speziellen Rahmenbedingungen gegeben

VERGLEICH ZEMENTWERKE - FAZIT



Sollte eine Demonstration des gesamten Prozessverbundes an einem einzelnen Standort realisiert werden (Fall 2), so ist nach dem derzeitigen Stand das Werk der Firma SCHWENK Zement AG in Allmendingen zu empfehlen, da hier in direkter Nähe zum Hauptkamin das größte Flächenangebot zur Verfügung steht.

Gleichzeitig haben alle Zementwerke unabhängig voneinander ihr großes Interesse an der Thematik bekundet. An allen Standorten könnte eine Realisierung mit vertretbarem und vergleichbarem Aufwand durchgeführt werden.

STANDORT FLUGHAFEN STUTTGART

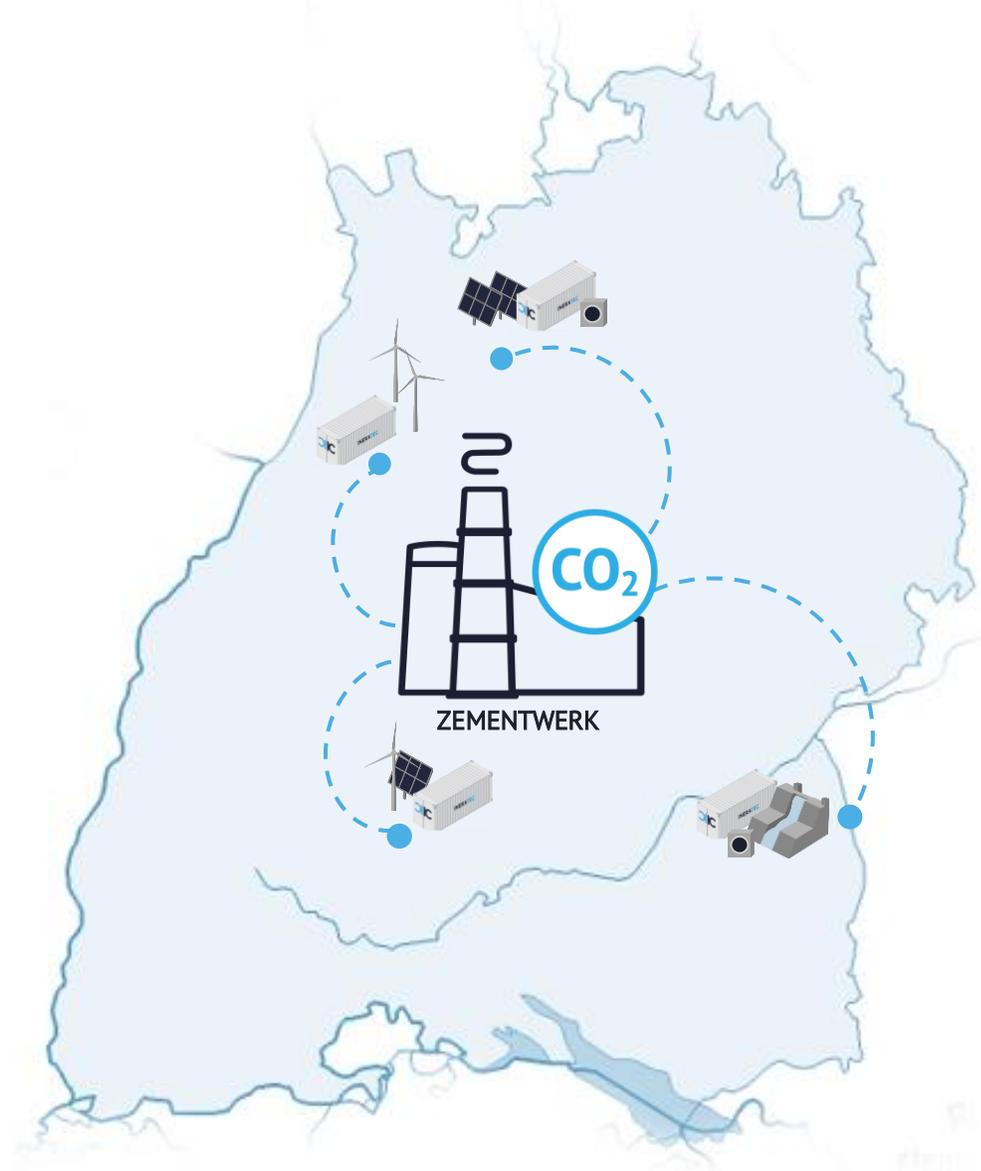


- > Starke Öffentlichkeitswirksamkeit mit Demonstration
- > EN15940 Diesel nutzbar in Vorfeld-Fahrzeugen
- > Zementwerk „frei“ wählbar
- > mit DAC kombinierbar



- > Kerosin kann erst nach externer Aufbereitung am Flughafen eingesetzt werden (ASTM Zertifikate notwendig)
- > Erneuerbarer Strom nur durch Zertifikate verfügbar

GROSSINDUSTRIELLES KONZEPT – BADEN-WÜRTEMBERG



- > Zentrale Abtrennung von CO₂
- > Transport von flüssigem CO₂
- > Herstellung von synthetischen Kraftstoffen an Quellen von erneuerbarer Energie
- > Kombination mit DAC möglich

INERATEC GmbH

Projektleiter Benjamin Andris
Siemensallee 84 | Karlsruhe
0721 86484460
info@ineratec.de
www.ineratec.de

Awards



LOTHAR SPÄTH AWARD | 2018

Für herausragende Innovationen
in Wissenschaft & Wirtschaft

INNOVATIONSPREIS DER DEUTSCHEN GASWIRTSCHAFT 2018

