



Dienstleistungen entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette

**Verbrauch/Anwendung:**

# Carbon Capture and Utilization (CCU)

# H<sub>2</sub>-Kompetenz @ HydroHub

Unsere Dienstleistungen erstrecken sich über die gesamte Wertschöpfungskette der Wasserstoffwirtschaft – von der Erzeugung über Transport und Speicherung bis hin zur Nutzung in unterschiedlichen Anwendungsbereichen.

## Energieerzeugung

Renewables  
(z. B. Windenergie,  
Solarenergie)

Konventionelle Kraftwerke

Geothermie

## H<sub>2</sub>-Erzeugung

Elektrolyse  
Meerwasserent-  
salzungsanlage

Reformierprozesse

Methanpyrolyse

## Verteilung/Transport

Stromnetz  
Pipelines  
Wärmenetz

Intelligente Netze  
Füllstationen/  
Tanksysteme

Tankfahrzeuge  
(Lkw, Zug, Schiff)

## Speicherung

Batteriespeicher  
Gasspeicher

Kavernenspeicher  
(H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>)

Druckbehälter  
H<sub>2</sub>-Hydridspeicher

## Verbrauch/Anwendung

Brennstoffzellensystem  
Methanol-Synthese-  
Einheit

Carbon Capture and Utilization  
Mobilität (z. B. eFuels)  
Rückverstromung

Power-to-X (Gas, Heat, Liquid)  
Industrielle Anwendungen  
(z. B. Raffinerie)

# H<sub>2</sub>-Kompetenz @ HydroHub

Wir begleiten Wasserstoffprojekte ganzheitlich und bieten je nach Anwendungsbereich ein breites Leistungsportfolio in den Phasen Konzept/Planung, Herstellung, Betrieb sowie Stilllegung/Entsorgung.



## Konzept/Planung

Wir unterstützen Sie von Anfang an bei Forschungs- und Projektvorhaben sowie spezifischen Aufgabenstellungen. Schon in der Konzeptionierungsphase stehen wir Ihnen mit Machbarkeitsstudien, strategischer und finanzieller Beratung und einer großen Bandbreite organisatorischer und technischer Dienstleistungen zur Seite. Neben der Konzepterstellung unter Betrachtung rechtlicher, technischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen übernehmen wir die Anforderungsanalyse und begleiten Sie im Prozess der Machbarkeitsermittlung über die Grundlagen- und Entwurfsplanung bis hin zur Genehmigungsplanung.



## Herstellung

Seit über 150 Jahren gehört es zu unseren Aufgaben, technische Gefahrenquellen zu analysieren und zu beherrschen. Mit einer großen Bandbreite an spezifischen Services sind wir daher in der Lage, Sie bei der Integration von Wasserstofftechnologien in die industrielle Wertschöpfungskette kompetent zu begleiten. Unser Spektrum an Dienstleistungen reicht hier von Erkundung und Bau über Projektleitung, Dokumenten- und Betreiberpflichtenmanagement, Basic und Detail Engineering für den verfahrenstechnischen Prozess bis hin zur herstellungsbegleitenden Projektunterstützung mit umfangreichen geo-, umwelt- und ingenieurtechnischen Dienstleistungen.



## Betrieb

Einen reibungslos laufenden Betrieb unterstützen wir mit einem umfassenden Leistungsportfolio und dem primären Ziel, die Betriebszuverlässigkeit zu optimieren und Schäden zu verhindern. Unsere Dienstleistungen unterstützen Sie bei der Umsetzung Ihrer Betriebsstrategien sowie bei den damit verbundenen Optimierungs-, Wartungs- und Instandhaltungskonzepten. Unser sicherheitsorientiertes Vorgehen sowie die Betriebsüberwachung und die Erstellung von Konzepten zur Schadensvermeidung tragen letztlich dazu bei, Wasserstoff in der öffentlichen Wahrnehmung als sichere und beherrschbare Technologie zu etablieren.



## Stilllegung/Entsorgung

So wie wir von der ersten Projektidee in der Konzeptphase für Sie da sind, stehen wir Ihnen auch in der Stilllegung von Anlagen mit allen erforderlichen Services für den Rückbau und die Entsorgung zur Seite – inklusive der Projektleitung und umfassenden Dienstleistungen im Rahmen des Betreiberpflichtenmanagements. Wir erstellen Konzepte nach aktuellen gesetzlichen Vorgaben, Normen und Regelwerken und unterstützen Sie mit der Identifikation, Analyse und Vermeidung potenzieller Risiken bei Eingriffen.

# Carbon Capture and Utilization (CCU): CO<sub>2</sub> als Rohstoff nutzen

Im Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft bietet CCU eine Möglichkeit, CO<sub>2</sub>-Emissionen energieintensiver Industrien aktiv und produktiv zu verringern. Ihr Ziel ist die Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff. Durch die CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Abgasen und deren Verwendung in wasserstoffbasierten Herstellungsverfahren können neue Wertschöpfungsketten entstehen, in denen hochwertige Produkte wie z. B. grünes Methanol, Ammoniak und andere hochwertige Chemikalien hergestellt werden.

Nutznieser von CCU wären vor allem große CO<sub>2</sub>-Emittenten in der Eisen-, Stahl- und Chemieindustrie, die stark von fossilen Energiequellen abhängen, aber auch Kohle-, Holz- und Biomassekraftwerke sowie Müllverbrennungsanlagen.

Die Technologien zur Umsetzung von Carbon-Capture-Verfahren sind jedoch kosten- und energieintensiv und stehen meist noch am Anfang ihrer Entwicklung. Hinzu kommt,

dass chemische Prozesse die Verfügbarkeit grünen Wasserstoffs erfordern und dass biologische Verfahren hinsichtlich Standort und Ausbeute oft limitiert sind. Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von CO<sub>2</sub>-Verwertungswegen muss daher ganzheitlich im Rahmen von Life-Cycle-Assessments erfolgen mit Blick auf Investitionskosten, CO<sub>2</sub>-Gesamtbilanzen, CO<sub>2</sub>-Bindungslängen sowie Mengen- und Wertschöpfungspotenziale.

Wir sind Ihr Partner in der Entwicklung von CCU-Projekten, die mit dem Ziel des Aufbaus einer innovativen CO<sub>2</sub>-Kreislaufwirtschaft auch von Förderungen profitieren können. Mit modernsten Analysemethoden und kompetenten Fachleuten stehen wir Ihnen zur Seite, um Machbarkeitsstudien durchzuführen, den verfahrenstechnischen Prozess zu begleiten und Sie vom Anlagenbau bis zur Betriebsoptimierung zu unterstützen. Sprechen Sie uns an.



# Carbon Capture: Verfahren zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung

Technologien zur Abscheidung von CO<sub>2</sub> werden vor allem für den Energiesektor sowie die Chemie- und Metallindustrie entwickelt. Diese nutzen in hohem Maß fossile Brennstoffe wie Kohle und Erdgas und verfügen über ausreichend hohe CO<sub>2</sub>-Anteile im Rauchgas. In Pilotanlagen kommen folgende Verfahren zum Einsatz:

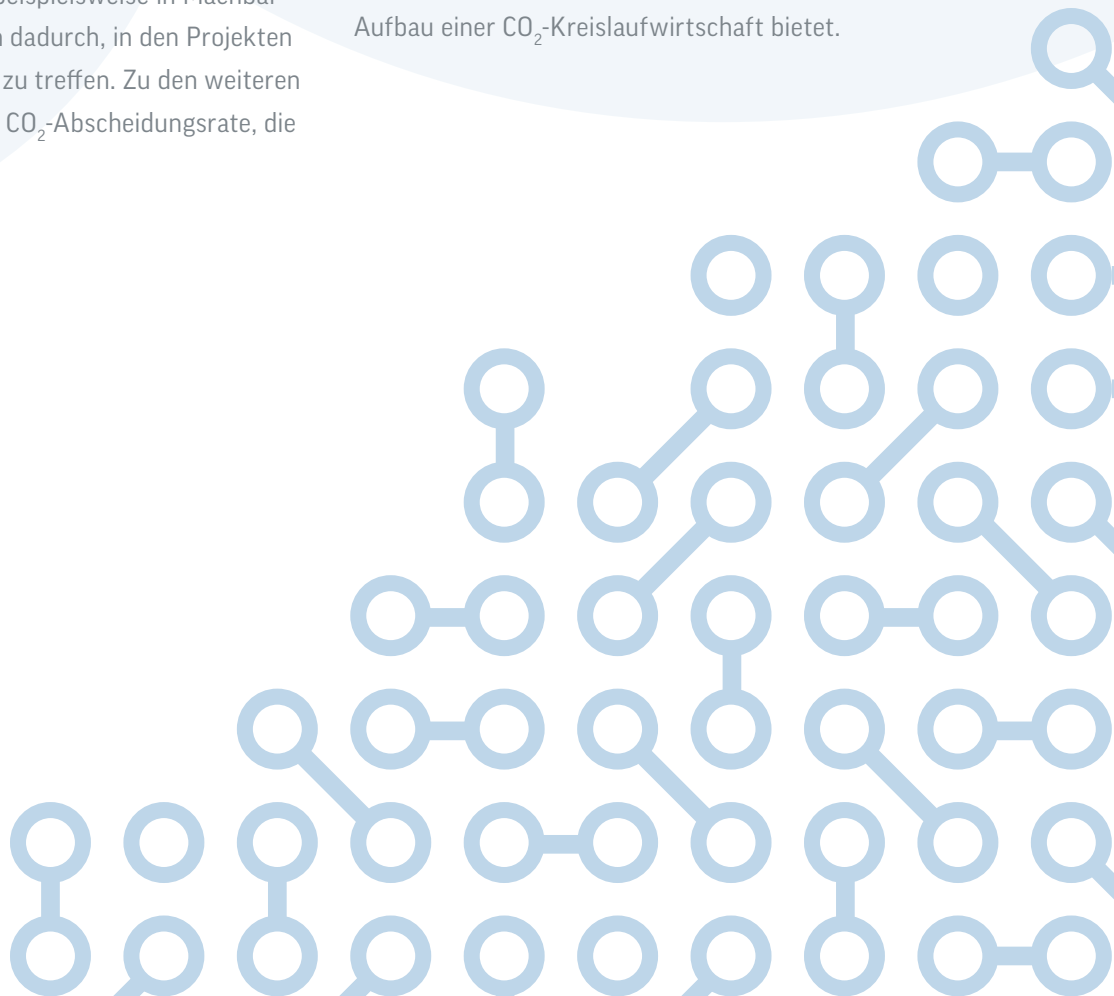
- CO<sub>2</sub>-Wäsche (Post-Combustion-Capture)
- Kohlevergasung (Pre-Combustion-Capture)
- Verbrennung in Sauerstoffatmosphäre (Oxyfuel)

Neben dem grundsätzlich positiven Effekt der CO<sub>2</sub>-Abtrennung besitzen alle Verfahren auch negative Effekte. Diese bestehen außer in den Kosten vornehmlich im Wirkungsgradverlust bei Kraftwerken. Unsere Experten berücksichtigen diese Aspekte beispielsweise in Machbarkeitsstudien und helfen Ihnen dadurch, in den Projekten die richtigen Entscheidungen zu treffen. Zu den weiteren Effizienzkriterien gehören die CO<sub>2</sub>-Abscheidungsrate, die

Reinheit des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> sowie andere Einwirkungen auf die Umwelt und auf die Prozesspfade.

In Ergänzung zu den genannten Verfahren wird auf Basis chemischer Absorber auch die Möglichkeit erforscht, CO<sub>2</sub> direkt aus der Umgebungsluft zu filtern (DAC – Direct Air Capture) – aktuell noch im Prototypenstadium mit hohem technischem Aufwand und entsprechend hohen Kosten.

Zu den Projekten, die CCU in großem Maßstab testen wollen, gehört der North-CCU-Hub im niederländisch-belgischen North Sea Port. Ein Konsortium von Akteuren aus Industrie und Wissenschaft wird mithilfe europäischer Förderung zeigen, welches Potenzial CCU für die Dekarbonisierung energieintensiver Industrien und den Aufbau einer CO<sub>2</sub>-Kreislaufwirtschaft bietet.

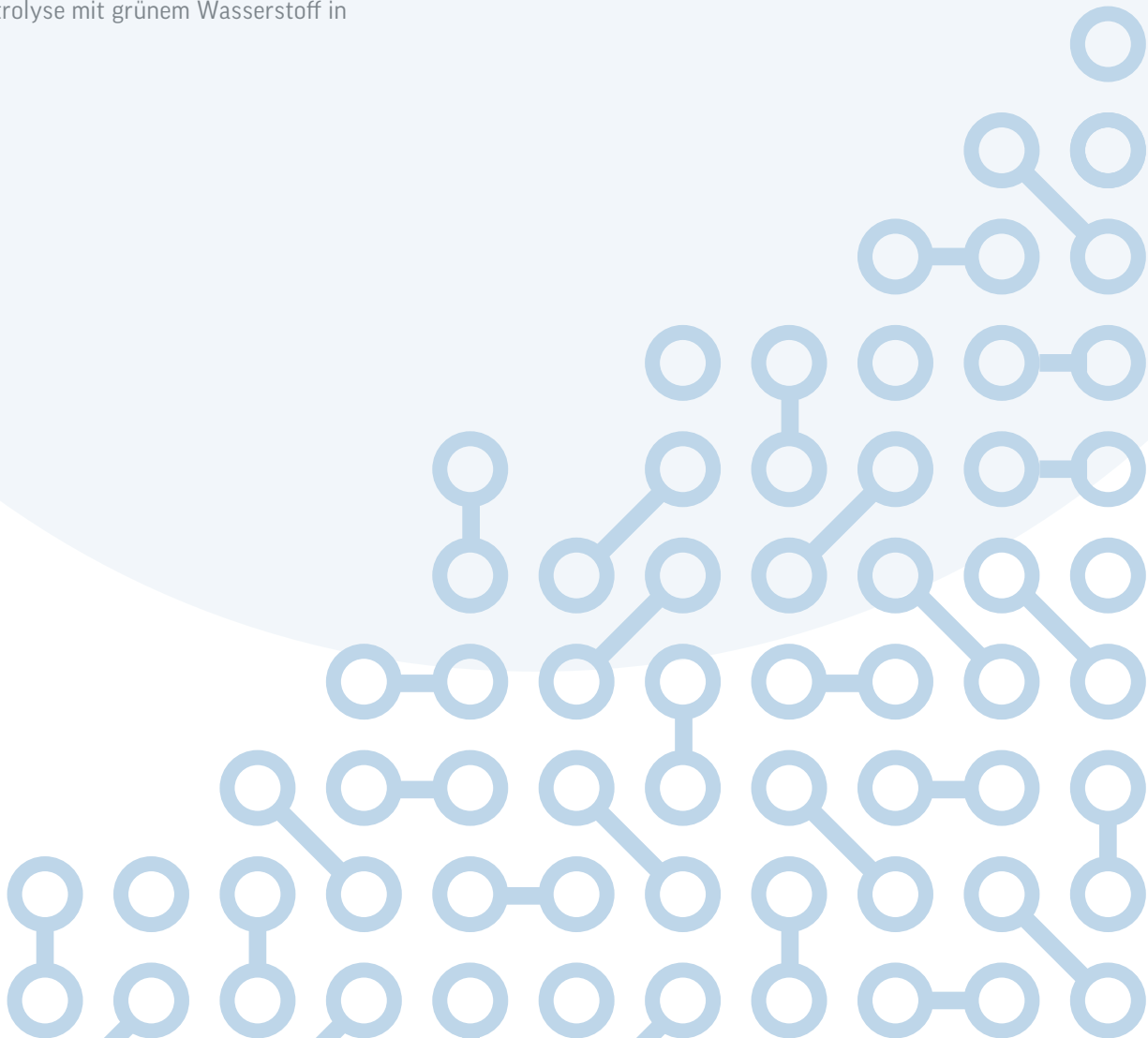


# Utilization: Verwendung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff

Die Herstellung von Harnstoff aus CO<sub>2</sub> und Ammoniak und sein Einsatz in Dünge- und Futtermitteln sowie in der chemischen und pharmazeutischen Industrie ist ein klassisches Beispiel für eine erfolgreiche Verwendung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff, auch weil CO<sub>2</sub> hierbei chemisch so gebunden wird, dass es während der Materiallebenszeit nicht wieder in die Atmosphäre freigesetzt wird.





Im Rahmen von CCU wird an einer Reihe von Verwertungswegen für CO<sub>2</sub> geforscht. Vielversprechende Nutzungsmöglichkeiten, etwa die Herstellung von Grundstoffen für die chemische Industrie oder die Gewinnung von Methan, Methanol und Synthesegas, bietet die CO<sub>2</sub>-Elektrolyse mit grünem Wasserstoff in

elektrochemischen Membranreaktoren. Ebenfalls in der Erprobung ist die Nutzung von CO<sub>2</sub> und grünem Wasserstoff zur Produktion von Dimethylether (DME), einem Öko-Treibstoff für Selbstzündermotoren. Ebenso kann entschwefeltes, reines CO<sub>2</sub> als Nährstoffquelle für Mikroorganismen dienen, mit deren Hilfe Biokraftstoffe, Basischemikalien wie Formidsäure und biologisch abbaubare Kunststoffe wie Polyhydroxyalkanoate hergestellt werden.



# Unsere Dienstleistungen

Ob Planung und Umsetzung einer CCU-Wertschöpfungskette für ein einzelnes Unternehmen oder für ein sektorenübergreifendes Konsortium, mit umfassenden Dienstleistungen in den Bereichen Consulting, Engineering und Training unterstützen wir industrielle und akademische Akteure in folgenden Phasen des jeweiligen Projekts:

	Konzept/ Planung	Herstellung	Betrieb	Stilllegung/ Entsorgung
				
Machbarkeitsstudien: Konzeption und Auslegung der Designparameter für den verfahrenstechnischen Prozess, Evaluierung des verfahrenstechnischen Prozesses, verfahrenstechnische Simulation des Prozesses; Ermittlung von Investitionskosten (CAPEX), Betriebskosten (OPEX), Emissionen	●		●	
Behördenengineering	●			
Untersuchung der Anlagen- und Prozesssicherheit: Durchführung von HAZOP-Prozessanalysen, Gefährdungsbeurteilungen (arbeitsbereichs-/prozessbezogen), TRBS-Prüfungen durch befähigte Person (Dampf und Druck), Safeguarding Reporting, Funktionale Sicherheit, SIL(Safety Integrity Level)-Berechnungen, Brand- und Explosionsschutz, Sicherheits- u. Störfallkonzepte, Smart Inspection and Monitoring, Revisionszyklenverlängerung, rechtskonforme Dokumentation	●		●	
Rechnerische Nachweise/strukturmechanische Simulationen im Anlagenbau: statische und dynamische Nachweisberechnungen nach nationalen und internationalen Regelwerken, analytische Berechnungen bis hin zu Finite-Elemente-Simulationen (FEM), statisch/dynamische Belastungsmodelle, mechanische Modelle, Berechnungen der Beanspruchungen (Spannungen), Vergleich mit Werkstoffkennwerten für Beanspruchbarkeit im Bauteil, Bewertung und Dokumentation der Ergebnisse als Bericht, Schadensbegutachtung und Analyse	●			
Betreiberpflichtenmanagement: Konzeptionierung eines Betreiberpflichtenmanagements, Erarbeitung von Anlagenkataster im Bereich Druckgeräte inkl. Prüffristenfestlegung (Gefahrstoffe), Energieaudits nach EDL-G, Einführung von Energiemanagementsystemen (EnMS), Compliance Analysen	●			

	Konzept/ Planung	Herstellung	Betrieb	Stilllegung/ Entsorgung
				
Brandschutz: Erstellung von Brandschutzkonzepten und Gutachten, Fachbauleitung Brandschutz, Gefährdungsbeurteilung Brandschutz, Brand- und Explosionsursachenermittlung, Gefahrenabwehrpläne	●			
Explosionsschutz: Bestimmung sicherheitstechnischer Kenngrößen, Explosions- und Brandschutzermittlung, Explosions- und Brandschutz an Maschinen, Explosionsschutz für Betreiber, Prüfungen an überwachungsbedürftigen Anlagen	●			
Basic Engineering für den verfahrenstechnischen Prozess: Planung der Verfahrenstechnik, d.h. Erstellung von Massenflussdiagrammen sowie Rohrleitungs- und Instrumentierungsdiagrammen (R&I's), mechanischen Zeichnungen von Tanks, Kolonnen etc., EMSR-Technik, Betonbau, 3-D-Stahl- und Rohrleitungsbau, HAZOP, Brand- und Explosionsschutz etc.		●		
Detail Engineering für den verfahrenstechnischen Prozess: Detaillierung des Basic Engineerings		●		
Anlagenbau: Beschaffung der Ausrüstung und Subunternehmer, Fertigungsüberwachung und Lieferung, Montageüberwachung (Betonbau, Stahl- und Rohrleitungsbau, Behälter, EMSR etc.), Fachbauleitung, Inbetriebnahme, Schulung des Betriebspersonals, Performancetest, Dokumentation		●		
Betriebsoptimierung einer Prozessanlage: Modellierung von relevanten chemischen und physikalischen Vorgängen für den Entwurf von Reaktorkonzepten (Kinetik, Wärmeübertragung, hydrodynamisches Systemverhalten, Dispersionseffekte), gezielte Prozesssimulation für eine energieoptimierte Fahrweise (Linnhoff-/Pinch-Analyse), Auslegung und Anwendung thermischer und mechanischer Trennverfahren in den Sektoren Destillation/Rektifikation, Gaswäschen/Absorption, Strippung/Desorption, Vakuum-Trocknung, Abscheide-, Klassier- und Sortierprozesse, Beratung, Trouble Shooting, Energieeffizienz und -optimierung			●	





## HydroHub

Eine Initiative von Unternehmen  
der TÜV NORD GROUP

EE ENERGY ENGINEERS GmbH  
TÜV NORD GROUP  
Wissenschaftspark  
Munscheidstraße 14  
45886 Gelsenkirchen

wasserstoff@hydrohub.de  
www.hydrohub.de

## Ihr Ansprechpartner

Dr. Carsten Gelhard  
Leiter HydroHub  
Mobil: +49 (0)160 888-2036  
Tel.: +49 (0)201 825-2026  
gelhard@energy-engineers.de

